

# PĀRSKATS

PROJEKTA NOSAUKUMS: **Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai**

PROJEKTA ĪSTENOŠANAS LAIKS 2011.GADA APRĪLIS – 2015.GADA JŪNIJS

PĀRSKATA PERIODS 2013.GADA JANVĀRIS – 2013.GADA DECEMBRIS

## 2.ETAPA ATSKAITE

Salaspils 2014

## **Projekta mērķis**

Projekta mērķi ir:

1. izstrādāt metodes un tehnoloģijas, kas veicinātu nākotnes meža vērtības palielināšanu Latvijā, piedāvājot kokrūpniecībai izejmateriālu (koksni, kokmateriālus) ar prognozējamu (ģenētiski noteiktu) kvalitāti, norādot iespējas kvalitātes un/vai kvantitātes uzlabošanai kokaudzes audzēšanas laikā;
2. norādīt Latvijas mežu apsaimniekošanas uzņēmumiem iespējas efektīvākajām, zinātniski ilgtermiņā pamatotām investīcijām nākotnes meža vērtības palielināšanā.

## **Projekta struktūra**

Projekts ir sadalīts septiņos pētnieciskajos virzienos:

### **1. Meža koku selekcijas pētījumi ģenētiski augstvērtīga meža reproduktīvā materiāla atlasei.**

Parastās priedes, egles, un kārpainā bērza selekcijas pētījumi, izmantojot atkārtotās atlases shēmu, nodrošinot selekcijas efekta paaugstināšanu katrā selekcijas ciklā. Apšu hibrīdu selekcija, kur ģenētiskais ieguvums balstās uz heterozes efektu starpsugu hibrīdiem.

### **2. Bērza koksnes iekrāsojuma izpēte molekulāri ģenētiskā līmenī.**

Bērzu koksnes iekrāsojumu izraisošie patogēnu identificēšana Latvijas bērzu audzēs un to izplatības noskaidrošana dažādos Latvijas reģionos.

### **3. Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte.**

Pētījumi par sēnes *H. annosum* izplatību Latvijā, izvērtējot skujkoku stādījumus bijušajās lauksaimniecības zemēs, tajā skaitā mākslīgi atjaunotajās priežu jaunaudzēs, pētījumi par stādmateriāla rezistenci pret *H. annosum*. Pētījumi celmu izstrādes trupes samazināšanas un meža atjaunošanas kvalitātes paaugstināšanas potenciāla noskaidrošanai.

### **4. Siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes pētījumi.**

Pētījumi mežsaimniecisko darbību un meža bojājumu ietekmes uz SEG emisijām un CO<sub>2</sub> piesaisti novērtēšanai un biomasas vienādojumu izstrādāšanai dažādos meža tipos, izveidojot reprezentatīvu novērojumu tīklu un ievācot empīriskos datus.

### **5. Klimata izmaiņu ietekmes uz mežsaimniecību pētījumi.**

Pētījumi koku sugu vietējo provenienču fenotipiskā plastiskuma noteikšanai, aprakstīšanai. Tāpat skuju kokiem tiks vērtētas iespējas palielināt noturību pret noteiktu vides faktoru nelabvēlīgo ietekmi, introducējot specifiskus genotipus vai paplašinot ģenētisko variāciju. Kontrolētos apstākļos tiks pētīts epiģenētiskais efekts (regulator gēnu izmaiņām, mainoties klimatiskajiem apstākļiem embrija attīstības periodā sēklā) un ar to saistīta iespējama vietējo populāciju efektīvāka pielāgošanās straujām klimata izmaiņām, selekcijas efekta izmaiņas.

Pētījumi par jaunu kaitēkļu un slimību izraisītāju sugu potenciālo kapacitāti paplašināt izplatības areālu līdz Latvijai veidojot stabilas populācijas, kas varētu radīt zaudējumus Latvijas mežsaimniecībai

## **6. Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi un bioloģisko daudzveidību izpēte.**

Pētījumi ietekmes uz vidi un bioloģisko daudzveidību novērtēšanas vienādojumu izstrādei 3 sektoru indikatoriem – 1) bioloģiskā daudzveidība un ainavas, 2) augsnes, ūdeņu un gaisa kvalitāte un 3) klimata izmaiņu mazināšana. Sektorālajos pētījumos ievācot un apstrādājot datus par mežsaimniecisko darbību ietekmi uz vidi un bioloģisko daudzveidību.

## **7. Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas datus.**

Pētījumi modeļu izveidošanai, kas būtu izmantojami audžu attīstības modelēšanai dažādu mežsaimniecisko darbību alternatīvu ietekmē, kas ir pamats saimniecisko lēmumu (gan stratēģiskajā, gan taktiskajā līmenī) pieņemšanai.

## **Projekta izpildītāji**

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

Pētniecisko darbību ārpakalpojuma izpilde SIA „MNKC” projekta „Metodes un tehnoloģijas meža kapitāla vērtības palielināšanai” īstenošanas vajadzībām.

Iekārtu un telpu nodrošināšana MNKC projekta „Metodes un tehnoloģijas meža kapitāla vērtības palielināšanai” īstenošanas vajadzībām.

Arnis Gailis

Projekta 1. pētniecības virziena zinātniskā vadība.

Dainis Ruņģis

Projekta 2. pētniecības virziena zinātniskā vadība.

Tālis Gaitnieks

Projekta 3. pētniecības virziena zinātniskā vadība.

Andis Lazdiņš

Projekta 4. pētniecības virziena zinātniskā vadība.

Āris Jansons

Projekta 5. pētniecības virziena zinātniskā vadība.

Zane Lībiete-Zālīte

Projekta 6. pētniecības virziena zinātniskā vadība.

Jānis Donis

Projekta 7. pētniecības virziena zinātniskā vadība.

## **Projekta sadarbības partneri**

AS „Latvijas Valsts meži”

AS „Latvijas Finieris”

SIA „MNKC”

**Visi Projekta ietvaros veikto pētījumu rezultāti ir publiski pieejama informācija**

## SATURS

<b>I Meža koku selekcijas pētījumi ģenētiski augstvērtīga meža reprodiktīvā materiāla atlasei.....</b>	<b>11</b>
Kopsavilkums .....	11
1. Selekcijas materiāls un darbu veikšanas shēma.....	11
2. Selekcijas materiāla vērtēšanas metodika.....	13
2.1. Pēcnācēju pārbaužu stādījumu uzmērīšana .....	13
2.2. Kamerālo darbu metodika.....	13
2.3. Molekulārās pasportizācijas metode klonu identificēšanai .....	16
3. Darbs ar selekcijas materiālu .....	18
3.1. Parastās priedes selekcijas materiāla kontrolētā krustošana.....	18
3.2. Parastās priedes klonu čiekuru vērtēšana .....	21
3.3. Parastās priedes C selekcijas materiāla grupas pēcnācēju pārbaužu stādījumu uzmērīšana .....	22
3.4. Parastās priedes Austrumu provenienču reģionam piemērotas sēklu plantācijas apvienotā 2. un 3. kārtas klonu saraksta precizēšana .....	23
3.5. Parastās egles B grupas selekcijas materiāla – klonu un pluskoku brīvapputes pēcnācēju un veģetatīvi pavairoto klonu pārbaužu datu analīze klonu vērtības pamatošanai.....	25
3.6. Parastās egles A grupas selekcijas materiāla uzturēšana un vērtēšana.....	32
3.7. Parastās egles D grupas selekcijas materiāla veģetatīvā pavairošana ar spraudņiem.....	32
3.8. Kārpainā bērza selekcijas materiāla uzturēšana un vērtēšana .....	35
3.9. Apšu hibridizācija.....	38
3.10. Amerikas apses potēšana .....	38
3.11. Apšu hibrīdu selekcijas materiāla uzturēšana, kopšana un vērtēšana.....	38
3.12. Apšu hibrīdu klonu kolekcijas uzturēšana, klonu pavairošanas spēju vērtēšana.....	41
3.13. Rūpnieciskajai pavairošanai rekomendēto klonu produktivitātes un kvalitātes salīdzinošs raksturojums .....	42
3.14. Pēcnācēju pārbaužu stādījumu ierīkošana un stādāmā materiāla audzēšana.....	48
4. Meža koku sugu veģetatīvās pavairošanas metožu izpēte un pilnveidošana.....	49
4.1. Augstvērtīgu parastās egles klonu pavairošanas iespēju izpēte ar somatiskās embriogēneses metodi .....	49
4.2. Saldā ķirša mikropavairošanas iespēju izpēte.....	55
4.3. Bērza mikropavairošanas iespēju izpēte .....	56
4.4. Parastās egles veģetatīvā pavairošana ar spraudņiem .....	56
5. Kopējas selekcijas objektu informācijas datu bāzes izstrāde .....	64
6. Ziedēšanas stimulēšana parastās egles ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst) sēklu ieguves plantācijās .....	65
7. Pamatojuma sagatavošana augstvērtīgu meža reprodiktīvā materiāla ieguves avotu atestācijai.....	75
7.1. Klonu raksturošana, vērtēšana un identifikācija sēklu plantācijā „Misa”, „Brenģuļi”, „Liuza” ....	75
7.2. Pasūtītāja iesniegto skuju paraugu no identificēto klonu rametiem sēklu plantācijās „Brenģuļi”, „Misa” un „Liuza” pārbaude ĢRC .....	76
8. Secinājumi un rekomendācijas .....	77
3.1. pielikums.....	79
3.2. pielikums.....	83
7.1. pielikums.....	84
7.2. pielikums.....	87
7.3. pielikums.....	90
7.4. pielikums.....	93
7.6. pielikums.....	95
7.7. pielikums.....	102
7.8. pielikums.....	105
7.9. pielikums.....	107
<b>II Bērza koksnes iekrāsojuma izpēte molekulāri ģenētiskā līmenī.....</b>	<b>110</b>
1. Bērza koksnes iekrāsojuma izpēte molekulāri ģenētiskā līmenī. ....	110
2. Sēņu identificēšana iekrāsotā bērza koksne, izmantojot mikrobioloģiskās metodes.....	111

3. Bērza koksnes klucīšu inokulēšana ar mikroorganismu tīrkultūrām .....	111
4. Augošu bērza koku inokulēšana ar iekrāsojošo sēņu sporām jeb micēliju un iekrāsojuma veidošanās novērtējums .....	113
5. Iekrāsojuma izplatība visa bērza stumbra garumā .....	114
6. Iekrāsotā koksne atrasto baktēriju lomas noskaidrošana iekrāsojuma veidošanā .....	120
6.1. Koksnes kopējās un tīrkultūru DNS izdalīšana .....	120
6.2. Sēņu sugu specifisku praimeru izstrāde, izmantojot polimorfus sēņu ribosomālo gēnu apgabalus .....	120
7. Bērza koksnes iekrāsojuma izplatība un dinamika Latvijas bērzu audzēs .....	122
7.1. Cirsma apsekošana dažādos meža augsnes tipos Latvijas reģionos iekrāsojuma pakāpes noteikšanai .....	123
7.2. Koksnes iekrāsojuma izplatības analīze bērzu plantācijā kopšanas cirtes laikā .....	124
8. Bērza koksne esošo sēņu kvantitatīvās noteikšanas metodes izstrāde .....	124
9. Kopējās sēņu daudzveidības analīzes dažādos meža tipos .....	125
10. Dažādas aprites stādu analīze .....	126
11. Kopējā fenolu daudzuma un mitruma noteikšana iekrāsotā un neiekrāsotā koksne .....	127
12. Secinājumi .....	128
<b>III Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte.....</b>	<b>129</b>
Kopsavilkums .....	129
1. Meža atjaunošana eksperimentālajās platībās .....	130
2. Ieaugušo stādu uzskaitē: augstuma un pieauguma mērījumi, sakņu mikorizācijas novērtējums .....	130
2.1. Stādvieta izvietojums .....	130
2.2. Atcelmošanas eksperimenta objektos izstādītā stādmateriāla sakņu mikorizācijas novērtējums .....	131
2.2.1. Metodika .....	131
2.2.2. Rezultāti .....	131
2.3. Stādu mikorizācijas un morfoloģisko rādītāju novērtējums 2013. gada rudenī .....	132
2.4. Secinājumi .....	133
3. Augsnes ūdens paraugu ievākšana un analīze .....	134
3.1. Augsnes ūdens kvalitātes analīze .....	134
3.2. Secinājumi .....	135
4. Ķērpju un sūnu sugu sastāva monitorings atcelmotajās un kontroles platībās .....	136
4.1. Ķērpju uzskaitē .....	136
4.1.1. Ķērpju uzskaites 2013. gadā .....	136
4.2. Sūnu uzskaites 2013. gadā .....	138
4.2.1. Epigeiskās sūnas .....	138
4.2.2. Sūnas uz celmiem .....	138
4.2.3. Sūnu sugu skaita izmaiņas divos pētījuma periodos .....	139
4.3. Secinājumi .....	139
5. Bezmugurkaulnieku sastopamības novērtējums celmu izstrādes eksperimentā .....	140
5.1. Pētījuma rezultāti .....	140
5.2. Secinājumi .....	142
6. Mazo dimensiju celmu uzņēmība pret <i>Heterobasidion annosum</i> bazīdijsporu infekciju egļu un priežu audzēs .....	143
6.1. <i>H. annosum</i> micēlija attīstība mazo dimensiju skujkoku celmos .....	143
6.1.1. Metodika .....	143
6.1.2. Rezultāti .....	143
6.1.3. Secinājumi .....	144
6.2. Mazo dimensiju celmu uzņēmība pret <i>H. annosum</i> bazīdijsporu infekciju dažādos gada laikos .....	145
6.2.1. Metodika .....	145
6.2.2. Rezultāti .....	145
6.2.3. Secinājumi .....	146
7. Sakņu piepes <i>Heterobasidion annosum</i> s.l. augļķermeņu attīstības dinamikas novērtējums uz egles koksnes mežizstrādes atliekām .....	147
7.1. Augļķermeņu attīstība uz lielu dimensiju trupējušas egles koksnes .....	147
7.1.1. Rezultāti .....	148

7.2. Augļķermeņu attīstība uz mazu dimensiju trupējušas egles koksnes .....	157
7.2.1. Rezultāti .....	158
7.3. Secinājumi .....	160
8. Sakņu trupi izraisīto sēņu sastopamība mākslīgi atjaunotās priežu jaunaudzēs Vecumnieku un Akmenraga iecirkņos .....	161
8.1. Secinājumi .....	163
9. Latvijas izcelsmes priežu brīvapputes pēcnācēju stādījumu apsekošana, lai noskaidrotu to inficētību ar <i>Heterobasidion annosum</i> .....	164
9.1. Metodika .....	164
9.2. Rezultāti un diskusija.....	165
9.3. Secinājumi .....	167
10. <i>Heterobasidion annosum</i> s.l. infekcijas novērtējums Klinškalnu un parastās priedes stādījumos....	168
10.1. Materiāls un metodes .....	168
10.1.1. Empīriskā materiāla raksturojums .....	168
10.1.2. Lauku darbu metodika .....	168
10.1.3. Kamerālo darbu metodika.....	169
10.2. Rezultāti un diskusija.....	169
10.2.1. <i>H. annosum</i> genotipu analīze Vidusdaugavas mežsaimniecībā ierīkotajā parauglaukumā .....	169
10.2.2. <i>H. annosum</i> augļķermeņu sastopamība Vidusdaugavas mežsaimniecībā ierīkotajā parauglaukumā.....	172
10.3. Secinājumi .....	172
11. Egļu un priežu stādu mākslīgā inficēšana ar <i>Armillaria</i> spp. ....	173
11.1. <i>Armillaria</i> spp. taksonomija un bioloģija .....	173
11.2. <i>Armillaria</i> spp. saimniekaugi un infekcijas raksturīgās pazīmes .....	173
11.3. Ekonomiskie zaudējumi.....	174
11.4. <i>Armillaria</i> spp. ierobežošanas veidi .....	174
11.5. Empīriskā materiāla raksturojums .....	175
11.6. Laboratorijas darbu metodika - inficējamā materiāla sagatavošana.....	175
11.7. Stādu inficēšanas metodika.....	175
11.8. Laboratorijas darbu metodika – paraugu apstrāde.....	176
12. Īssakņu morfoloģiskie rādītāji un mikorizācija trupējušu un veselu koku biogrupās audzēs uz kūdras augsnēm .....	177
12.1. Metodika .....	177
12.2. Rezultāti .....	178
12.3. Secinājumi .....	179
13. Augsnes penetrācijas pretestība un augsnes mineralizācija atcelmotajās platībās .....	180
13.1. Augsnes penetrācijas pretestība.....	180
13.2. Augsnes mineralizācija .....	188
13.3. Secinājumi .....	189
14. <i>H. annosum</i> augļķermeņu sporulācijas sezonālās dinamikas novērtējums .....	190
15. Projekta ietvaros sagatavotās rekomendācijas sakņu trupes bojājumu ierobežošanai, t.sk. veicot mežsaimnieciskos darbus.....	191
16. Literatūras saraksts .....	192
1.pielikums.....	197
2.Pielikums .....	198
3.Pielikums .....	204
4.pielikums.....	205
5pielikums.....	208
6.pielikums.....	210
7.pielikums.....	211
8.pielikums.....	212
9.pielikums.....	213
10.pielikums.....	214
11.pielikums.....	215

<b>IV Siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes pētījumi.</b>	216
Ievads	216
Pētījuma rezultāti	219
1.Meža ieaudzēšanas ietekme uz CO <sub>2</sub> piesaisti augsnē un nedzīvajā zemsegā	219
1.1.Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums	219
1.2.2013. gada darba rezultāti	220
2.Meža atjaunošanas ietekme uz CO <sub>2</sub> uzkrājumu augsnē un zemsegā	221
3.Meža kopšanas ietekme uz CO <sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā	224
3.1.Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums	224
3.1.1.Pastāvīgie pētījumu objekti	225
3.1.2.Īslaicīgie pētījumu objekti	227
3.2.2013. gada darba rezultāti	227
4.Kokaugu virszemes un pazemes dzīvās biomasas aprēķinu vienādojumi	231
4.1.Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums	231
4.2.2013. gada darba rezultāti	234
5.Nedzīvās koksnes apjoms un tās sadalīšanās gaita	252
5.1.Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums	252
5.2.2013. gada darba rezultāti	252
6.Ceļu būves ietekme uz SEG emisijām nedzīvās zemsegas mineralizācijas rezultātā	256
6.1.Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums	256
6.2.2013. gada darba rezultāti	260
7.Meža meliorācijas sistēmu atjaunošanas ietekme uz SEG emisijām un CO <sub>2</sub> piesaisti	266
7.1.Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums	266
7.2.2013. gada darba rezultāti	268
8.Priekšlikumi pētījumu programmas pilnveidošanai	273
9.Pagaidu secinājumi	277
10.Literatūra	279
11.Pētījumu programmas kopsavilkums	281
12.Apmežotajās lauksaimniecības zemēs ierīkotie izmēģinājumu objekti	289
13.Jaunaudžu kopšanas ietekmes uz CO <sub>2</sub> piesaisti izmēģinājumu objekti	293
14.Nedzīvās zemsegas sadalīšanās gaitas novērošanai atlasītās mežaudzes	301
15.Paraugkoku zāģēšanai izraudzītie nogabali	302
<b>V Klimata izmaiņu ietekmes uz mežsaimniecību pētījumi.</b>	313
Kopsavilkums	313
1. Augusta dzinumu veidošanās un stumbra defekti parastās priedes jaunaudzēs	315
1.1.Augusta dzinumu vērtēšanai izvēlēta paraugkopa un uzmērīšanas metodika	315
1.2.Augusta dzinumu vērtēšanas rezultāti	316
1.3. Mikrovides apstākļu un koka vitalitātes ietekme uz augusta dzinumu veidošanos	321
2. Padēlu veidošanās jaunaudzes vecumā ietekme uz koka stumbra kvalitāti	323
3. Parastās egles pumpuru plaukšanas laika ietekmes uz augusta dzinumu veidošanos	329
4. Introducēto koku sugu dabiskā atjaunošanās un augšana	335
5. Meža koku sugu migrācija un dispersija	347
6. Fenotipiskā plastiskuma nozīmē meža koku adaptācijā	359
7. Radiālā pieauguma veidošanās un to ietekmējošie faktori	369
8. Vēja bojājumu risks atkarībā no mežaudžu parametriem un tā reģionālais sadalījums	378
9. Meteoroloģisko apstākļu ietekme uz degmateriāla un augsnes mitruma izmaiņām	400
10. Ledus bojājumu novērtējums skuju koku audzēs	421
10.1. Apledojuma raksturojums	421
10.2. Sasalstoša lietus nokrišņu veidošanās	422
10.3. Sasalstoša lietus izraisīta apledojuma novērojumi	433
10.4. Sasalstoša ledus un sniega radītā slodze kokiem	438
10.5. Sasalstoša lietus ietekmēto mežaudžu novērtējums	446
11. Sala bojājumu vērtēšanas metodika	463
12. Nokrišņu sadalījuma izmaiņu ietekme uz meža atjaunošanu	468

13. Dendrofāgo kaitēkļu sugu savairošanās draudu izvērtējums.....	473
14. Latvijai neraksturīgu kukaiņu sugu izplatības analīze.....	489
15. Sekundāro kaitēkļu savairošanos egles bruņuts bojātās mežaudzēs.....	497
Izmantotie informācijas avoti .....	507
Pielikumi.....	516

<b>VI Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi un bioloģisko daudzveidību izpēte.....</b>	<b>519</b>
Kopsavilkums .....	519
Aizsargjoslu efektivitātes novērtējums un vielu aprīte pēc kailcirtes .....	519
1.1. Objekti .....	519
1.2. Metodika .....	521
1.2.1. Ūdens .....	521
1.2.2. Nobiras.....	523
1.3. 2013.gada rezultāti.....	523
1.3.1. Augsnes ūdens .....	523
1.3.2. Nokrišņi .....	563
1.3.3. Gruntsūdens, upes ūdens, avota ūdens, pazemes spiedes ūdens.....	567
1.3.4. Nobiras.....	575
1.4. Secinājumi .....	582
1.5. Izmantotā literatūra .....	582
2.Mežsaimniecisko darbību ietekme uz augsnes struktūru un kvalitāti .....	584
2.1. Ievads .....	584
2.2. Esošā stāvokļa raksturojums.....	584
2.3. Izmēģinājumu objekti un empīrisku datu ieguves metodika .....	587
2.3.1. Izmēģinājumu objekti .....	587
2.3.2. Parauglaukumu ierīkošanas metodika .....	589
2.3.3. Augsnes sablīvējuma mērījumi.....	589
2.3.4. Paaugas uzskaitē .....	591
2.4. Pētījuma rezultāti .....	591
2.4.1. Veikto mērījumu un uzskaites kopsavilkums .....	591
2.4.2. Augsnes sablīvējums .....	591
2.4.3. Paaugas uzskaitē .....	602
2.5. Diskusija .....	605
2.5.1. Augsnes sablīvējums uz pievešanas ceļiem.....	605
2.5.2. Paaugas atjaunošanās.....	606
2.6. Secinājumi .....	606
2.7. Izmantotā literatūra .....	606
2.8. Pielikumi.....	609
3.Ekoloģisko koku saglabāšanas ietekmes uz vidi vērtējums .....	613
3.1. Problēmas pamatnostādnes un izziņātības pakāpe .....	613
3.1.1. Ekoloģisko koku saglabāšanas mērķi un izpildes vēsture .....	613
3.1.2. Ekoloģisko koku nozīme .....	614
3.2. Pētījuma mērķi.....	615
3.3. Ekoloģisko koku saglabāšanās un atmiršanas dinamika .....	615
3.3.1. Ortofoto attēlu izmantošana ekoloģisko koku stāvokļa novērtējumā.....	615
3.3.2. Ekoloģisko koku apsekojumi dabā .....	619
3.3.3. Ekoloģisko koku ietekme uz meža atjaunošanos (jaunaudžu strukturālā daudzveidība).....	635
3.3.4. Secinājumi .....	646
3.3.5. Izmantotā literatūra.....	647
3.4. Ekoloģisko koku epifītiskās veģetācijas novērtējums .....	648
3.4.1. Darba metodika.....	648
3.4.2. Izmēģinājuma inventarizācijas rezultāti 1999. gadā.....	648
3.4.3. Secinājumi pēc pirmās uzskaites .....	650
3.4.4. Ekoloģisko koku epifītiskā veģetācija – 1999. gada un 2013. gada datu salīdzinājums .....	650
3.4.5. Kopējie secinājumi par salīdzinātajiem objektiem .....	655
3.4.6. Izmantotā literatūra .....	655



3.4.7. Pielikumi.....	656
3.5. Ekoloģisko koku ietekme uz bezmugurkaulnieku daudzveidību .....	665
3.5.1. Ievads.....	665
3.5.2. Rezultāti.....	665
3.5.3. Secinājumi .....	667
3.5.4. Pielikums .....	669
4. Erozijas risku izvērtēšana .....	680
4.1. Teorētiskais pamatojums .....	680
4.1.1. Principi meža zonējuma izstrādei no erozijas draudu viedokļa.....	680
4.2. Augsnes erozijas modelēšana, izmantojot datorprogrammu WEPP, balstot to uz pielāgotiem Latvijas meteoroloģiskajiem datiem, reljefa un augsnes datiem.....	680
4.2.1. Datorprogrammas WEPP vispārējs apraksts .....	680
4.2.2. Ilglaicīgo meteoroloģisko datu ieguve no Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra un statistisko datu aprēķināšana izmantojot vispārpieņemtās kvantitatīvās statistiskās metodes ...	681
4.2.3. Nozīmīgāko modelējamo alternatīvu (reljefs, augsne, meteo apstākļi, augsnes apstrāde) izveide balstot uz ekspertu metodi.....	682
4.2.4. Erozijas modelēšanas rezultāti.....	683
4.3. Modeļteritorijas izvēle iespējami augstu augsnes erozijas iespēju (ņemot vērā nogulumu kartogrāfisko materiālu), kurā veikta galvenā cirte pirms 1-4 gadiem.....	690
4.3.1. Teritoriju izvēle: Reljefa formas, to raksturojums un kvartāra nogulumi .....	690
4.3.2. Augšņu granulometriskais sastāvs .....	691
4.3.3. Erozijas novērtējums nesēn veiktas galvenās cirtes platībās modeļteritorijās.....	693
4.3.4. Rezultāti.....	704
4.3.5. Ieteikumi .....	705
4.3.6. Izmantotā literatūra .....	705
5. Meža meliorācijas sistēmu novadgrāvju sedimentācijas dīķu efekta ietekmes novērtējums ūdens kvalitātes kontekstā.....	707
5.1. Ievads.....	707
5.2. Pētījuma objekti .....	709
5.2.1. Pētījuma objektu izvēle un dizains .....	709
5.2.2. Pētījuma objektu raksturojums .....	709
5.3. Mērījumu un analīžu veikšanas metodika .....	711
5.3.1. Ūdens notece.....	711
5.3.2. Ūdens ķīmiskais sastāvs .....	711
5.4. Rezultāti.....	712
5.5. Secinājumi un ieteikumi .....	727
5.6. Izmantotā literatūra.....	728
5.7. Pielikumi.....	729
6. Preventīvo pasākumu – filtrācijas platību pirms meliorācijas sistēmas ievadīšanas ūdenstecē efekta novērtējums ūdens kvalitātes kontekstā.....	740

<b>VII Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas datus.....</b>	<b>743</b>
Kopsavilkums .....	743
Ievads.....	745
Definīcijas un termini .....	746
1. Augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde.....	748
1.1. MSI datu atlase, ievade un primāro datu aprēķins.....	748
1.2. Augstuma, caurmēra, šķērslaukuma, koku skaita augšanas gaitas prognožu modeļu precizēšana .....	749
1.2.1. Augstuma augšanas gaitas modeļa precizēšana.....	749
1.2.2. Caurmēra augšanas gaitas modeļa precizēšana .....	760
1.2.3. Kokaudzes koku skaita modeļa precizēšana.....	768
1.2.4. Šķērslaukuma augšanas gaitas modeļa precizēšana .....	770
2. Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu izstrāde.....	771
2.1. Faktiskās audzes tekošā pieauguma modelis.....	771

2.2. Atmiruma modelis .....	772
2.3. Krājas diferences modelis.....	773
3. MSI datu izmantošanas iespēju novērtējums ticamu augšanas gaitas modeļu iegūšanā koku sugām priede, egle, bērzs, apse, melnalksnis, baltalksnis .....	774
3.1. Augstuma augšanas gaitas modelis .....	774
3.1.1. Sakarība starp audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu .....	774
3.1.2. Vidējā augstuma augšanas gaitas modelis .....	776
3.2. Caurmēra augšanas gaitas modelis .....	778
3.3. Kokaudzes koku skaita modelis.....	780
3.4. Faktiskās audzes krājas pieauguma modelis.....	782
3.5. Atmiruma modelis .....	784
4. Urbuma skaidu ieguve 250 parauglaukumos MSI 2013.g.....	787
5. Ilgtermiņa trendu, ciklisko svārstību ietekmes novērtējums (balstoties uz 2011., 2012.g. iegūto urbumu skaidu apstrādes rezultātiem.....	788
6. Meža meliorācijas sistēmu renovācijas/ rekonstrukcijas ietekmes uz koku pieaugumu novērtējums (P, E, B kopā 21 objekts).....	791
6.1. Problēmas uzstādījums .....	791
6.2. Materiāls un metodika .....	791
6.2.1. Lauka darbu metodika .....	791
6.2.2. Kamerālo darbu metodika.....	792
6.3. Rezultāti un diskusija.....	792
6.4. Secinājumi un ieteikumi .....	795
7. Novēlotu kopšanas ciršu ietekme uz pieaugumu izmaiņām vērtējums (P,E,B,A – kopā 32 objekti) .	796
Problēmas pamatnostādnes .....	796
8. Dabisko traucējumu ietekmes uz augšanas gaitu novērtējums (P,E pieaugumu izmaiņas pēc vējgāzes vai ugunsgrēka 24 objekti).....	806
8.1. Vējgāzes ietekmes uz augšanas gaitu novērtējums .....	806
8.2. Ugunsgrēku ietekmes uz augšanas gaitu novērtējums.....	809
Secinājumi .....	817
Literatūra.....	818

# I Meža koku selekcijas pētījumi ģenētiski augstvērtīga meža reproduktīvā materiāla atlasei.

## Kopsavilkums

Pārskata periodā veikta parastās priedes kontrolētā krustošana. Krustošanas veikšanai sākotnēji atlasīti 150 kloni, darba gaitā to skaits palielināts līdz 205, pavisam ievācot 1668 skuju paraugus 23 sēklu plantācijās to identificēšanai. Ievākti čiekuri no 2012. gada kontrolētās krustošanas 87 krustojumu kombinācijām. Sagatavoti priekšlikumi turpmāko gadu kontrolētās krustošanas organizēšanai.

Veikta parastās egles klonu un pluskoku brīvapputes ģimeņu pēcnācēju pārbaužu uzmērīšanas un vērtēšanas rezultātu analīze. Precizēts klonu saraksts Rietumu provenienču reģionam piemērotas sēklu plantācijas (31 klons) ierīkošanai, sagatavots klonu saraksts Centrālajam provenienču reģionam piemērotas sēklu plantācijas ierīkošanai (30 kloni). Sagatavots augstvērtīgu, veģetatīvajai pavairošanai izmantojamu klonu saraksts (21 klons), kā arī izstrādāti priekšlikumi sēklu plantācijas retināšanai atbilstoši klonu ģenētiskajai vērtībai (49% intensitāte).

Veikta kārpainā bērza brīvapputes pēcnācēju ģimeņu uzmērīšana un vērtēšana pēcnācēju pārbaužu stādījumos Nr. 589 (Taurene, Vecpiebalgas novads), kopā 18575 koki un Nr. 55 (Ukri, Auces novads), kopā 18919 koki. Kopā ar paralēlo ģimeņu pēcnācēju stādījumu Nr. 54 (Rembate, Ķeguma novads), 53032 koki, veikta rezultātu analīze, atlasītas augstvērtīgākās ģimenes, sagatavoti klonu saraksti Rietumu (25 kloni) un Austrumu (36 kloni) provenienču reģionam piemērotu sēklu plantāciju ierīkošanai un 150 kandidāti turpmākajam darbam selekcijas populāciju veidošanai.

Veikta apšu starpsugu hibridizācija. Nodrošināta apšu hibrīdu klonu un Amerikas apses klonu arhīva (85 vienības) uzturēšana. Papildus iegūti Amerikas apses 10 pluskoku potzari no Kanādas. Sagatavots rūpnieciskajai pavairošanai reģistrēto klonu salīdzinošs produktivitātes un kvalitātes vērtējums.

Ierīkoti apšu hibrīdu klonu pēcnācēju pārbaužu stādījumi 9 ha, melnalkšņa ģimeņu un alkšņu hibrīdu klonu pēcnācēju pārbaužu stādījumi 1 ha un parastās priedes sēklu plantāciju un mežaudžu pēcnācēju salīdzinošie stādījumi 14 ha platībā.

Turpināta meža koku sugu (parastās egles, kārpainā bērza, apšu hibrīdu, un saldā ķirša) veģetatīvo pavairošanas metožu izpēte un pilnveidošana. Apkopota informācija par parastās egles pavairošanu ar spraudņiem.

Uzsākta vienotas selekcijas objektu informācijas datu bāzes izveide. Apkopota informācija par sēklu ražas stimulēšanas pasākumiem sēklu ieguves plantācijās.

Sagatavots pamatojums un sastāvdaļu raksturojums meža reproduktīvā materiāla ieguves avotu atestācijai sēklu plantācijām „Brenģuļi”, „Misa” un „Liuza”.

## 1. Selekcijas materiāls un darbu veikšanas shēma

Pārskata periodā selekcijas darbi turpināti saskaņā ar „Saimnieciski nozīmīgo koku sugu (parastā priede, parastā egle, kārpainais bērzs) un apses selekcijas darba programmu a/s „Latvijas valsts meži” 30 gadiem” (Jansons, 2008<sup>1</sup>).

Sadaļā apkopota informācija par selekcijas procesam izmantojamo materiālu. Sākotnējais selekcijas darba izejmateriāls ir pluskoki, kas ir “attiecīgās sugas koka ideāls” no mežsaimnieciskā viedokļa (Gailis, 1964<sup>2</sup>). Šādu koku atlase tiek veikta tikai produktīvās un kvalitatīvās mežaudzēs, pluskoki izceļas starp pārējiem viena vecuma un vienādos apstākļos blakus augošiem attiecīgās koku sugas kokiem. Šajā

<sup>1</sup> [http://www.lvm.lv/lat/lvm/zinatniskie\\_petijumi/jaunumi/?doc=10262](http://www.lvm.lv/lat/lvm/zinatniskie_petijumi/jaunumi/?doc=10262)

<sup>2</sup> Gailis, J. (1964) Meža koku selekcija un sēklu plantācijas. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga, Latvija, 194. lpp.

kategoriņā izvēlas tikai veselīgus kokus (bez trapes vai citu slimību pazīmēm), kuriem nav acīm redzamu defektu.

Priedes pluskoki tika iedalīti 2 tipos – kvalitātes un masas koki. Kvalitātes koki ir ar tieviem, īsiem zariem, kuri attiecībā pret stumbru ir maksimāli platā leņķī (tuvu 90°). Vainags šaurs, 1/3 – 1/2 koka garuma. Stumbrs labi atzarojies, slaidis, vesels, taisnšķiedrains. Masas koki caurmērā ievērojami pārsniedz visus kaimiņus, bet stumbra kvalitāte un vainaga veidojums īsti neatbilst ideālajam. Vainags samērā plats un garš, stumbra gludā daļa, kurai nav zaru pēdu, aizņem 1/3 koka garuma.

Saskaņā ar atlasē metodiku (Gailis, 1968<sup>3</sup>), pluskokus izvēlas pēc indeksa, kur aptuveni 20% nosaka masas (augstuma- h un caurmēra- d) pārkums, 30% – augstuma pārkums, 25% – atzarošanās pārkums (stumbra gludās daļas garums, pirmā sausā zara augstums, pirmā zaļā zara augstums), 25% – vainaga kvalitātes pārkums (vainaga platums, forma, zaru leņķis).

Liela daļa no atlasītajiem pluskokiem mežaudzēs vairs nav atrodamā (gājuši bojā vētrās, bioloģiskā vecuma dēļ, mežizstrādē), taču pieejamas to klonālās kopijas arhīvos un sēklu plantācijās. Daļai no sākotnēji atlasītajiem pluskokiem ir ierīkoti brīvapputes vai kontrolēto krustojumu iedzimtības pārbaužu stādījumi.

Katrai sugai selekcijas darbam pieejamais materiāls programmā nosacīti sadalīts 2 grupās:

- 1) pamatmateriāls – lielākais materiāla apjoms, kas atrodas vienā un tajā pašā selekcijas stadijā;
- 2) papildus materiāls – dažādās selekcijas stadijās esošās nelielās selekcijas materiāla grupas, kurām turpmākais darbs veicams pēc citāda scenārija nekā pamatmateriālam.

Selekcijas darba turpināšana arī ar papildus materiālu ir svarīga, jo tiek nodrošinātas iespējas:

- 1) ātrāk (īsakā periodā) iegūt materiālu augstākas kārtas plantācijām (visām sugām);
- 2) veikt jauno plantāciju ģenētisko kopšanu, paaugstinot no tām iegūstamā materiāla selekcijas efekta vērtību un plantācijas kategoriju (P,E, daļēji B);
- 3) paaugstināt atlasē intensitāti (apvienojot ar pamatmateriālu selekcijas cikla beigās) – reizē ar to selekcijas efekta vērtību gan sēklu plantācijām, gan selekcijas populācijai (P, E, B);
- 4) paplašināt klonu arhīvus, saglabājot pieejamu ģenētiski daudzveidīgāku materiālu – gan fundamentāliem pētījumiem (piemēram, vērtējot rezistenci), gan, nepieciešamības gadījumā, selekcijas populācijas paplašināšanai (visām sugām).

Priedei selekcijas darbam pieejamais materiāls sadalīts 4 grupās:

- A. Pamatmateriāls: 860 pluskoki (lielākā daļa no tiem ir sēklu plantāciju kloni) un kvalitatīvu mežaudžu koki ar brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumiem;
- B. 412 kloni sēklu plantācijās bez pēcnācēju pārbaudēm un to ierīkošanai ievākta materiāla;
- C. 530 no jauna atlasītie pluskoki, kas izmantoti galvenokārt populāciju tipa sēklu plantācijās. Šiem kloniem ir ievākts brīvapputes sēklu materiāls un uzsākta iedzimtības pārbaužu stādījumu ierīkošana;
- D. dažādas pakāpes kontrolētās krustojšanas materiāls 21-36 gadus vecos eksperimentālajos stādījumos, no kura iespējams atlasīt kvalitatīvas neradniecīgu krustojumu kombinācijas: eksperimenta Nr. un potenciāli atlasāmo koku skaits iekavās – Nr. 20 (3), 21-22 (5), 27 (9), 357 (10), 356 (2-3), 24-25 (7), kā arī Smiltenes klonu kontrolēto krustojumu stādījums (3-5) un sēklu plantāciju vidējie paraugi vairākos eksperimentos (~20-28); kopumā 57-67 koki.

Eglei selekcijas darbam pieejamais materiāls sadalīts 4 grupās:

- A. Pamatmateriāls: 1700 pluskoku un kvalitatīvu mežaudžu koku brīvapputes pēcnācēju ģimenes, no kurām tikai 77 koki iekļauti plantācijās, pārējām vecāku koki nav pieejami. Sēklas no 1989. – 2006. g. ražām, pēcnācēju pārbaudes ierīkotas 2003. – 2010. gadā.
- B. 200 plantāciju kloni ar brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumiem, kuri atrodas izvērtēšanas stadijā;
- C. 200 kloni ražojošās sēklu plantācijās bez pēcnācēju pārbaudēm;
- D. 360 kloni jaunās, sākot no 2000. gada ierīkotās, populāciju tipa sēklu plantācijās bez pēcnācēju pārbaudēm un bez to ierīkošanai ievākta brīvapputes sēklu materiāla.

Kārpainā bērza selekcijas darbam pieejamais materiāls sadalīts 2 grupās:

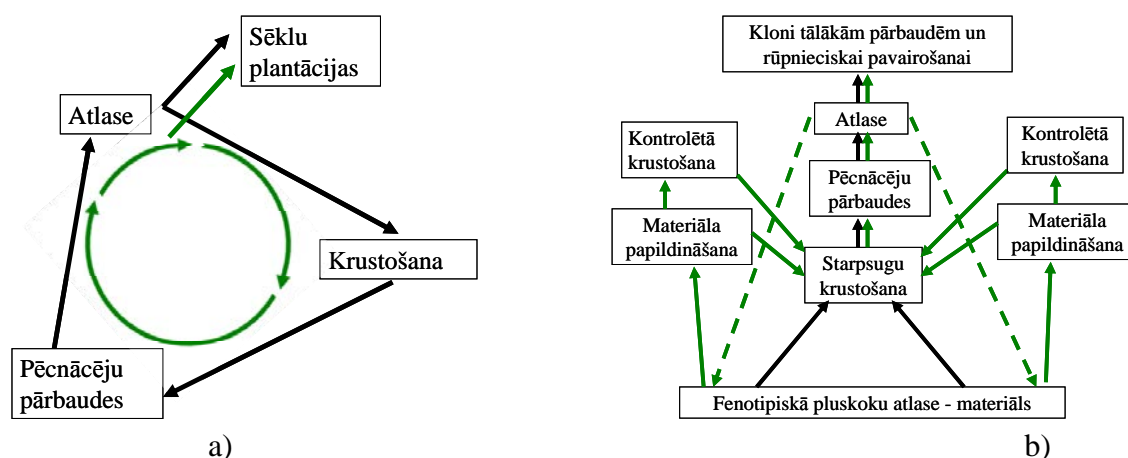
- A. Pamatmateriāls: 650 pluskoku un kvalitatīvu mežaudžu koku brīvapputes pēcnācēju ģimenes. Eksperimenti ierīkoti 1998.-1999. gadā, to mātes koki nav pieejami;
- B. 360 kontrolēto krustojumu un 100 brīvapputes pēcnācēju ģimenes no fenotipiski atlasītiem pluskokiem.

<sup>3</sup> Gailis, J. (1968) Izcilo koku kvalitātes koeficienta aprēķināšana. Jaunākais Mežsaimniecībā, Nr. 10, 67.-71.lpp.

Apšu hibrīdiem selekcijas darbam pieejamais materiāls sadalīts 3 grupās:

- Pamatmateriāls:** jaunie kontrolētie krustojumi (120 ģimenes), kuru veidošana uzsākta 2008. gadā un plānota vēl vairākus gadus;
- nepārbaudītie kloni: nākamajos 3 gados katru gadu iespējams ierīkot 10 klonu iedzimtības pārbaudes, jaunajos pēcnācēju pārbaudē stādījumos atrodas 4 kontrolēto krustojumu ģimenes, no katras tālākām pārbaudēm iespējams atlasīt 40 klonus;
- Amerikas apses klonu arhīvs nākamā selekcijas cikla krustošanas vajadzībām (maksimāli 30 kloni) uzsākta materiāla audzēšana.

Darbs ar selekcijas materiālu tiek veikts atbilstoši programmā izvēlētajai shēmai – parastajai priedei, parastajai eglei un kārpainajam bērzam lieto atkārtotas atlases shēmu, kuras pamatā ir ģenētiskā materiāla rekombinācija (kontrolētā krustošana) paaugstinot ieguvumu (atlasīto koku selekcijas indeksa vērtību) katrā ciklā (1.1.a. att.). Apšu hibrīdiem selekcijas shēma tiek realizēta veicot atlasīto starpsugu krustojumu materiāla ietvaros un nodrošinot tikai labākā materiāla atkārtotu izmantošanu (ar vai bez iepriekšējas rekombinācijas) katras sugas ietvaros. Darbam ir nepieciešama jaunu pluskoku atlase un klonu arhīvu ierīkošana un uzturēšana gan Amerikas, gan parastajai apsei (1.1.b. att.).



— pirmajā selekcijas ciklā veiktie pasākumi  
 — perspektīvie pasākumi saskaņā ar šo shēmu

nepārtraukta līnija apzīmē materiāla plūsmu, pārtraukta – informācijas plūsmu

1.1. attēls. Parastās priedes, parastās egles un kārpainā bērza (a) un hibrīdās apses (b) selekcijas shēmas

## 2. Selekcijas materiāla vērtēšanas metodika

### 2.1. Pēcnācēju pārbaudē stādījumu uzmērīšana

Pēcnācēju pārbaudē stādījumos uzmērīts katra koka augstums, caurmērs krūšu augstumā, resnākā zara līdz 2 m augstumam caurmērs un zaru leņķis. Stumbra taisnums un zaru resnums vizuāli novērtēti 3 ballu skalā, kur 1 – tievi zari, taisns stumbrs, 2 – vidēji resni zari, stumbrs ar 1 līkumu, 3 – resni zari, stumbram vairāk nekā 1 līkums. Par līkumu tiek uzskatīta novirze no iedomātas vertikālas līnijas gar stumbra malu, kas pārsniedz 5 cm. Zaru resnuma novērtējums tiek izdarīts relatīvi – salīdzinot ar citiem līdzīga caurmēra kokiem attiecīgā stādījuma ietvaros. Vērtējot tiek fiksētas stumbra un zarojuma vainas – dubultgalotnes, padēli, slotveida zarojums (bērzam), sasveķojums (skuju kokiem).

### 2.2. Kamerālo darbu metodika

Stumbra tilpums kokiem tiek aprēķināts pēc I. Liepas (Liepa, 1996<sup>4</sup>) formulām.

Dispersijas komponentes aprēķinātas ar SAS proc mixed procedūru (REML-Restricted Maximum Likelihood – metode), saskaņā ar aditīvu lineāru modeli:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + b(t)_{ij} + f_k + ft_{ik} + fb(t)_{ijk} + e_{ijk}, \quad (1)$$

<sup>4</sup> Liepa, I. (1996) *Pieauguma mērīšana*. LLU, Jelgava, Latvija, 123 lpp.

kur

$Y_{ijk}$  – individuāls fenotipiskais mērījums;

$\mu$  – pazīmes vidējā vērtība visā analizētajā eksperimentā;

$t_i$  – stādījuma vietas (ja eksperiments ierīkots vairākās stādījuma vietās) ietekme;

$b(t)_{ij}$  – atkārtojuma (stādījuma vietas ietvaros) ietekme;

$f_k$  – aditīvā ģenētiskā efekta (ģimenes) ietekme;

$ft_{ik}$  – aditīvā ģenētiskā efekta (ģimenes) un stādījuma vietas mijiedarbības ietekme;

$fb(t)_{ijk}$  – aditīvā ģenētiskā efekta (ģimenes) un atkārtojuma (stādījuma vietas ietvaros) mijiedarbības ietekme;

$e_{ijk}$  – nekontrolēto (modelī neietvertu) faktoru ietekme.

Iedzīstamības koeficients („šaurā nozīmē” – ietverot tikai aditīvā ģenētiskā efekta ietekmi), kas determinē pēc fenotipa veiktās atlasas ietekmi uz pazīmes vērtību nākamajā paaudzē, raksturojot fenotipisko un ģenētisko vērtību skaitliskās attiecības, aprēķināts pēc formulas (Falconer, Mackay, 1996<sup>5</sup>):

$$h^2 = \frac{4\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_{fb(t)}^2 + \sigma_{ft}^2 + \sigma_e^2}, \quad (2)$$

kur:

$\sigma_f^2$  – aditīvā ģenētiskā efekta noteiktā (ģimeņu) dispersijas komponente;

$\sigma_{fb(t)}^2$  – atkārtojuma (stādījuma vietas ietvaros) un ģimeņu mijiedarbības (parceles) dispersijas komponente;

$\sigma_{ft}^2$  – ģimeņu un stādījuma vietas mijiedarbības dispersijas komponente (iekļauta gadījumos, kad kompleksi analizēti vairāki eksperimenti);

$\sigma_e^2$  – nekontrolēto (modelī neietvertu) faktoru dispersijas komponente;

Koeficients 4 izmantots pieņemot, ka brīvapputes ģimenēs koki ir pussibi (tiem kopīgs tikai viens no vecākiem).

Iedzīstamības koeficienta standartklūda aprēķināta pēc formulas (Falconer, Mackay, 1996):

$$se = \frac{4\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_{fb(t)}^2 + \sigma_{ft}^2 + \sigma_e^2}, \quad (3)$$

apzīmējumi kā 2. formulā.

Ģimenes selekcijas vērtība, kas raksturo tās novirzi no eksperimenta vidējās vērtības (kura pieņemta par 0) pēc noteiktas pazīmes, 2 reizes pārsniedz selekcijas starpību, jo sēklu plantācijā attiecīgais koks nodos savus gēnu pēcnācējiem gan ar putekšņiem, gan sēklām. Tā aprēķināta izmantojot SAS proc mixed/solution funkciju, BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) metodiku (White, Hodge, 1989<sup>6</sup>). Tādā veidā tiek novērstas neprecizitātes, kuras var rasties veicot vienkāršu (aritmētisku) selekcijas vērtību aprēķinu, jo:

- 1) ne visas ģimenes pārstāvētas visos atkārtojumos, tātad ģimenei, kura pārstāvēta tikai dažos atkārtojumos ar labākajiem augsnes apstākļiem, būtu nepamatotas priekšrocības (augstāka selekcijas vērtība) salīdzinot ar visos atkārtojumos pārstāvētu ģimeni. Tas pats princips attiecas arī uz pārstāvniecību dažādā skaitā eksperimentu kompleksas datu no vairākiem stādījumiem analīzes gadījumā;
- 2) ne visas ģimenes pārstāvētas visos atkārtojumos ar vienādu koku skaitu, tātad ģimenei, kura atkārtojumos ar labākajiem augsnes apstākļiem ir proporcionāli vairāk koku, būtu nepamatotas priekšrocības (augstāka selekcijas vērtība) salīdzinot ar visos atkārtojumos ar vienādu koku skaitu pārstāvētu ģimeni.

Pussību ģimeņu vidējo vērtību iedzīstamības koeficients (turpmāk tekstā „ģimeņu iedzīstamības koeficients”), aprēķināts pēc formulas:

$$h_f^2 = \frac{\sigma_f^2}{\left( \sigma_f^2 + \frac{\sigma_{fb(t)}^2}{bt} + \frac{\sigma_{ft}^2}{t} + \frac{\sigma_e^2}{btn} \right)}, \quad (4)$$

kur:

$n$  – vidējais koku skaits parcelē;

<sup>5</sup> Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. (1996) *Introduction to Quantitative Genetics*: Fourth Edition. Longman Group Ltd, London, England, 465 p.

<sup>6</sup> White, T.L., Hodge, G.R. (1989) *Predicting Breeding Values with Application in Forest Tree Improvement*. Kluwer, 423 p.

b – vidējais atkārtojumu skaits ģimenei;  
t – vidējais eksperimentu skaits ģimenei;  
pārējie apzīmējumi kā 2. formulā.

Komponenti t un  $\sigma_{ft}^2$  iekļauti formulā tikai gadījumos, kad kompleksi tiek analizēti vairāki eksperimenti.

Ģimeņu iedzimstamības koeficienta standartklūda aprēķināta pēc formulas (Falconer, Mackay, 1996):

$$se_f = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \frac{\sigma_{fb(t)}^2}{bt} + \frac{\sigma_{ft}^2}{t} + \frac{\sigma_e^2}{btn}}, \quad (5)$$

apzīmējumi kā 4. formulā.

Aditīvās ģenētiskās mainības variācijas koeficients aprēķināts pēc formulas (Falconer, Mackay, 1996):

$$cv_a = \frac{200\sigma_f}{\mu}, \quad (6)$$

kur:

$\sigma_f$  – aditīvā ģenētiskā efekta noteiktā standartnovirze;

$\mu$  – pazīmes vidējā vērtība.

Ģimeņu vidējo vērtību fenotipiskās variācijas koeficients aprēķināts pēc formulas (Falconer, Mackay, 1996):

$$cv_{pf} = \frac{100\sqrt{\sigma_f^2 + \frac{\sigma_{fb(t)}^2}{bt} + \frac{\sigma_{ft}^2}{t} + \frac{\sigma_e^2}{btn}}}{\mu}, \quad (7)$$

apzīmējumi kā 4. un 6. formulā.

Fenotipiskās variācijas koeficients ( $cv_{pi}$ ) aprēķināts no fenotipisko mērījumu datiem, neņemot vērā eksperimenta ģimeņu struktūru.

Aditīvā ģenētiskā efekta noteiktā korelācija starp 2 viena un tā paša indivīda pazīmēm (x un y) aprēķināta pēc formulas (Falconer, Mackay, 1996):

$$r_a = \frac{cov_{xy}}{\sqrt{\sigma_{f(x)}^2 \sigma_{f(y)}^2}}, \quad (8)$$

kur:

$cov_{xy}$  – kovariācija starp pazīmēm.

Aditīvā ģenētiskā noteiktās korelācijas standartklūda aprēķināta pēc formulas (Falconer, Mackay, 1996):

$$se_{r_a} = \frac{1 - r_a^2}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{se_{(x)} se_{(y)}}{h_{(x)}^2 h_{(y)}^2}}, \quad (9)$$

Ģenētiskā korelācija starp vienas un tās pašas pazīmes vērtībām dažādos eksperimentos (t.s. b-tipa ģenētiskā korelācija) aprēķināta saskaņā ar Yamada I formulu, kas nodrošina mazāko novirzi no faktiskās ģenētiskās korelācijas (Lu et al., 2001<sup>7</sup>):

$$r_b = \frac{\sigma_{f(12)}^2}{\sigma_{f(1)}^2 + \sigma_{f(2)}^2 - \frac{(\sigma_{f(1)} + \sigma_{f(2)})^2}{2}}, \quad (10)$$

kur:

$\sigma_f^2$  – ģimenes dispersijas komponente, atbilstoši indeksiem stādījuma vietā 1 un 2, kā arī analizējot abus eksperimentus kopā (1,2).

Selekcijas efekts (ģenētiskais ieguvums) veicot atlasī starp ģimenēm pēc pēcnācēju pārbaužu rezultātiem aprēķināts pēc formulas (Falconer, Mackay, 1996):

$$\Delta g\% = ih_f^2 cv_{pf} 2, \quad (11)$$

kur:

i – atlasē intensitāte. Koeficients 2 izmantots, jo analizētas pussibu ģimenes.

<sup>7</sup> Lu, P., Huber, D.A., White, T.L. (2001) Comparison of Multivariate and Univariate Methods for the Estimation of Type B Genetic Correlations. *Silvae Genetica*, Nr. 50, pp. 13-22.

Selekcijas efekts pazīmei  $y$ , ja atlase veikta pēc pazīmes  $x$  (korelatīvais selekcijas efekts) aprēķināts pēc formulas (Falconer, Mackay, 1996):

$$\Delta cg\% = ih_{f(y)}h_{f(x)}r_{a(xy)}cv_{pf(y)}^2 \quad (12)$$

Vidējās ģenētisko parametru vērtības no vairākiem eksperimentiem aprēķinātas pēc formulas (Haapanen et al., 1997<sup>8</sup>):

$$x = \frac{\sum_i^n x_i w_i^{-1}}{w^{-1}}, \quad (13)$$

kur:

$x_i$  – ģenētiskā parametra vidējā vērtība  $i$ -tajā eksperimentā;

$w_i$  – ģenētiskā parametra standartklūdas vērtība  $i$ -tajā eksperimentā.

Aprēķinot  $cv_a$ ,  $cv_{pi}$ ,  $cv_{pf}$  vidējo vērtību starp eksperimentiem izmantota ģimeņu iedzimstamības koeficienta standartklūda.

### 2.3. Molekulārās pasportizācijas metode klonu identificēšanai

Paraugu DNS tika izdalīta no skuļām, izmantojot firmas „Fermentas” komplektu DNS izdalīšanai. DNS izdalīšanas protokols:

- 1) skuļu gabaliņus kopā ar nerūsējošā tērauda lodīti 5 mm diametrā ievieto 2 ml stobriņā;
- 2) paraugu stobriņus ievieto lodīšu dzirnavu adapteros un ar visiem adapteriem ievieto tvertnē ar šķidro slāpekli, kur tos tur 2 min;
- 3) adapterus izņem no šķidrā slāpekļa un ievieto lodīšu dzirnavās „MM-400” (Retch, Vācija) un krata 30 Hz frekvencē 2 min;
- 4) adapterus izņem no lodīšu dzirnavām un ar visiem paraugiem atkal ievieto šķidrajā slāpekļī, kur tos tur 2 min;
- 5) adapterus vēlreiz ievieto lodīšu dzirnavās un krata 30 Hz frekvencē 2 min;
- 6) adapterus izņem no lodīšu dzirnavām un izņem no tiem paraugu stobriņus, katrā stobriņā ielej 400  $\mu$ l lizēšanas šķīduma no „Fermentas” komplekta, kam pievienots PVP (polividons 25 (1,6g uz 40 ml)) un 200  $\mu$ l TE bufera ar  $\beta$ -merkaptu etanolu (4 daļas  $\beta$ -merkaptu etanola pret 1000 daļām  $1 \times TE$  bufera);
- 7) stobriņus ievieto ūdens termostatā 65°C temperatūrā un inkubē 20 min;
- 8) stobriņus izņem no termostata un katrā stobriņā ielej 600  $\mu$ l hlороформа – izoamilspirta maisījumu (24:1);
- 9) stobriņu saturu istabas temperatūrā samaisa, vairākkārt apgrīžot tos otrādi;
- 10) stobriņus ievieto centrifūgā „Centrifuge 5242” (Eppendorf, Vācija) un centrifugē 10 min ar centrālās spēku 16350 g;
- 11) stobriņus izņem no centrifūgas un ar pipeti nosūc tajos esošo supernatantu. Supernatantu ievieto jaunā 1,5 ml Eppendorf stobriņā;
- 12) katrā stobriņā ielej 104  $\mu$ l NaCl – RNāzes maisījuma (100  $\mu$ l NaCl (DNS izdalīšanas komplekta sastāvā) + 4  $\mu$ l RNāze (Fermentas));
- 13) stobriņus ievieto ūdens termostatā 37°C temperatūrā un inkubē 30 min;
- 14) stobriņus centrifugē 13 min ar centrālās spēku 16350 g;
- 15) pēc centrifugēšanas no stobriņa izlej visu šķidrumu (DNS nogulsnes paliek pielīpušas pie stobriņa dibena);
- 16) katrā stobriņā ielej 300  $\mu$ l -20°C auksta 96% etanola, un ievieto tos ledusskapī -20°C temperatūrā, kur inkubē vismaz 30 min;
- 17) stobriņus centrifugē 13 min ar centrālās spēku 16350 g;
- 18) no stobriņiem izlej visu šķidrumu un ielej tajos 1 ml -20°C auksta 70% etanola. Stobriņus vorteksē un tad centrifugē 13 min ar centrālās spēku 16350 g;
- 19) atkārti iepriekšējo punktu;

<sup>8</sup> Haapanen, M., Velling, P., Annala, M-L. (1997) Progeny Trial Estimates of Genetic Parameters for Growth and Quality Traits in Scots Pine. *Silva Fennica*, Nr. 31, pp. 3-12.



20) no stobriņiem izlej visu šķidrumu un atvērtā veidā tos novieto uz tīra filtrpapīra, un ļauj spirtam izžūt (apmēram 30 min);

21) kad spirts izžuvis, DNS nogulsnēm uzlej 100 µl 1× TE bufera;

22) pirms DNS lietošanas atšķaidītos paraugus aptuveni 24 h tur ledusskapī 4°C temperatūrā, tādējādi nodrošinot to, ka DNS būs izšķīdis pilnībā.

DNS koncentrācija tika noteikta spektrofotometriski. Genotipēšana veikta izmantojot PĶR (polimerāzes ķēdes reakciju), paraugu analīzei pielietots Applied Biosystems ģenētiskais analizators 3130XL.

Egles genotipēšanai izmantotie mikrosatelītu kodola DNS praimeris:

Praimeris	Nukleotīdu sekvenca	Iezīmējums
UAPgAG150F	ACCAATGCTTTTACCAAACG	NED
UAPgAG150R	TTGATTGCAAGTGATGGTTG	
WS0033.A18F	GGCTGCTCTCTTATCCGTTTT	6-FAM
WS0033.A18R	TGGCTCTCATCCAGAAAAGAA	
WS0022.B15F	TTTGTAGGTGCTGCAGAGATG	HEX
WS0022.B15R	TGGCTTTTTATTCCAGCAAGA	
PAAC17F	GAAACAAAAATTATTACGCG	6-FAM
PAAC17R	ATGCCCTCCTAATGAATG	
paGB3F	AGTGATTAAACTCCTGACCAC	HEX
paGB3R	CACTGAATACACCCATTATCC	

Priedes genotipēšanai izmantotie mikrosatelītu kodola DNS praimeris:

Praimeris	Nukleotīdu sekvenca	Iezīmējums
PtTX4011F	GGTAACATTGGGAAAACACTCA	FAM
PtTX4011R	TTAACCATCTATGCCAATCACTT	
PtTX4001F	CTATTTGAGTTAAGAAGGGAGTC	HEX
PtTX4001R	CTGTGGGTAGCATCATC	
PtTX3107F	AAACAAGCCCACATCGTCAATC	NED
PtTX3107R	TCCCCTGGATCTGAGGA	
PtTX2123F	GAAGAACCCACAAACACAAG	NED
PtTX2123R	GGCAAGAATTCAATGATAA	
PtTX2146F	CCTGGGGATTTGGATTGGGTATTTG	FAM
PtTX2146R	ATATTTTCCTTGCCCCTTCCAGACA	
SPAC12.5F	CTTCTTCACTAGTTTCCTTTGG	NED
SPAC12.5R	TTGGTTATAGGCATAGATTGC	
SPAG7.14F	TTCGTAGGACTAAAAATGTGTG	HEX
SPAG7.14R	CAAAGTGGATTTTGACCG	
SPAC 11.6F	CTTCACAGGACTGATGTTCA	HEX
SPAC 11.6R	TTACAGCGGTTGGTAAATG	
PtTX3116F	CCTCCCAAAGCCTAAAGAAT	NED
PtTX3116R	CATACAAGGCCTTATCTTACAGAA	

PCR reakcija:

- kopējais reakcijas tilpums – 20 µl:
- 1 µl DNS
- Taq buferis x10                      2 µl
- MgCl<sub>2</sub>                                      1.6 mM
- dNTP                                        0.2 mM
- Praimeris F                              1.0 µl (4 µM)
- Praimeris R                              1.0 µl (4 µM)
- BSA                                         0.25 µl
- Taq polimerāzes                        0.14 µl
- H<sub>2</sub>O                                         12.21 µl

PCR reakcijas apstākļi:

- denaturācija 95°C 4 min;
- 38 cikli:
  - denaturācija 95°C, 20 sekundes,
  - praimeru pielipšana 53°C, 20 sekundes,
  - elongācija 72°C, 40 sekundes;
- beigu elongācija 72°C, 10 min.

Reakcija veikta PCR termociklerī „Mastercycler EPgradient” (Eppendorf, Vācija). PCR reakcijā iegūtos DNS fragmentus analizē ar DNS sekvenatoru Applied Biosystems 3100xl-Avant Genetic Analyzer ABI un genotipē izmantojot GeneMapper programmu. Materiāli:

- polimērs 3100 POP-7 TM („ABI”),
- Hi-Di TM Formamide („ABI”),
- GeneScan TM -350 ROX TM Size Standard („ABI”),
- Buffer (10 X) ar EDTA („ABI”),
- 16 kanālu kapilārs 36 cm.

Paraugu sagatavošana genotipēšanai.

Apvieno pa 1,0 µl no katra PCR iegūtā fragmenta ar atšķirīgām krāsvielu iezīmēm (6-FAM, HEX, NED), pievieno 0.7 µl GeneScan TM-350 ROX Size Standard un 8 µl Hi-Di TM formamīda. Denaturē termociklera aparātā 95°C temperatūrā 5 minūtes. Strauji atdzesē līdz 0°C.

### 3. Darbs ar selekcijas materiālu

#### 3.1. Parastās priedes selekcijas materiāla kontrolētā krustošana

Parastās priedes krustošanas mērķis ir nodrošināt sēklu materiālu nākamajam selekcijas ciklam. Kontrolētās krustošanas principi:

1. ģenētiskā materiāla rekombinācijai selekcijas grupā izmanto minimālo krustojumu skaitu, pielietojot viena pāra vai dubultpāru krustošanas shēmu. Lielāku krustojumu skaitu izmanto tikai kokiem ar augstāko selekcijas vērtību, ja prognozējama materiāla rūpnieciska pavairošana izmantojot kontrolēto krustošanu, vai veģetatīvi;
2. krustošanu veic saskaņā ar koku selekcijas vērtībām – labāko ar otru labāko, trešo ar ceturto utt., tādējādi palielinot varbūtību atlasīt īpaši augstvērtīgus īpatņu sēklu plantācijām;
3. atlasī veic ģimeņu ietvaros, tādējādi iespējami maz palielinot radniecību starp selekcijas grupas kokiem katrā selekcijas ciklā. Atlasī starp ģimenēm iespējams veikt, ja selekcijas grupā esošais koku skaits lielāks par to, kāds nepieciešams ilgtermiņā ģenētiskās daudzveidības nodrošināšanai;
4. atlase pēc fenotipa produktivitāti un jo īpaši kvalitāti raksturojošajām pazīmēm ir ar zemu precizitāti, tādēļ izmanto atlasī pēc izvēlēto kandidātu (augstvērtīgu koku katras kontrolētās krustošanas ģimenes ietvaros) pēcnācēju pārbaužu rezultātiem.

Sākotnēji, atbilstoši selekcijas vērtībai, atlasīti 150 kloni, kuru skuju paraugi vākti sēklu plantācijās Dravas, Kurmale, Valdemārpils, Amula, Garoza, Sāviena, Ozolkalni, Avotkalns, Katvari, Mežole, Salaca, Jugla. Darba gaitā konstatēts, ka daļa klonu plantācijās vairs nav atrodamā - gājuši bojā vai pēc esošās plantācijas shēmas nav identificējami dabā, vai arī saglabājušos rametu skaits un to vitalitāte nav pietiekama klona identificēšanai. Līdz ar to tika palielināts gan analizējamo klonu, gan iekļauto sēklu plantāciju skaits. Genotipēšanas paraugu vākšana turpināta sēklu plantācijās Īle, Klīve, Taigas, Iedzēni, Ziemei, Ranka, Klabīši, Tadaine, Inčukalns, Allaži, Ziņģeri. Pavisam 23 sēklu plantācijās ievākti 205 klonu 1668 paraugi. Katra klona paraugi, ja bija iespējams, ievākti vismaz divās plantācijās, lai varētu veikt genotipēšanas rezultātu salīdzināšanu. Ja tika konstatētas atšķirības viena klona genotipā starp 2 plantācijām, tad ievākti papildus paraugi vēl vienā vai vairākās sēklu plantācijās.

Atbilstoši pielietotai molekulārās pasportizācijas metodei (2.3. nodaļa) iegūtie visu paraugu DNS analizēti ar trijiem mikrosatelītu kodola DNS praimeriem. Iegūtie rezultāti bija pietiekami, lai identificētu 90 klonu 580 rametus (3.1. pielikums). 44 klonu rezultāti parādīja atšķirības viena un tā paša klona genotipiem dažādās plantācijās vai arī uzrādīja divus atšķirīgus genotipus starp viena nosaukuma klona dažādiem rametiem vienā plantācijā (3.2. pielikums). Konstatēti arī kloni, piemēram, Lub 4; Ja 12; Jē 10, kuriem viena nosaukuma klonam trijās plantācijās noteikti 3 atšķirīgi genotipi – katrā plantācijā savādāks. Tā kā mātes koki (pluskoki) un to DNS vairs nav pieejami, tad, noteikt, kurš no genotipiem ir īstais – klonam atbilstošais, ir problemātiski. Trīs kodola DNS praimeru pielietošana ir nepietiekama, lai identificētu pārējos kontrolētai krustošanai izvēlētos klonus, tāpēc nepieciešams turpināt klonu DNS analīzi ar papildus praimeriem vēl vismaz 63 kloniem.

Kontrolētai krustošanai uz šo brīdi identificēto klonu rameti atzīmēti plantāciju shēmās. Nepieciešama šo identificēto rametu apzīmēšana dabā.

Pārskata periodā veikta jaunu krustojumu veidošana un, ņemot vērā iepriekšējo gadu darba rezultātus, sagatavoti priekšlikumi nākamajai sezonai kontrolētās krustošanas darbam.

Kontrolētajos krustojumos iesaistīti kopumā 55 saskaņā ar ģenētisko marķieru rezultātiem identificēti parastās priedes kloni a/s Latvijas valsts meži Dravu sēklu plantācijā (3.1. tab.). Saskaņā ar plānu apputeksnēšanu bija paredzēts veikt arī Sāvienas sēklu plantācijā, kur veikti fenoloģijas novērojumi un izvēlēti identificēti kloni, kopumā izveidojot 110 krustojumus, tomēr straujās sievišķo strobilu attīstības dēļ tā netika realizēta. Katram krustojumam izolēti vismaz 60 sievišķie strobili, izmantojot vidēji 5 izolācijas maisus uz viena vai vairākiem rametiem. Daļa no maisiem vēja bojāti pirms apputeksnēšanas, tādēļ informācija par tiem nav ietverta kopsavilkuma tabulā. Apputeksnēšana veikta 2 reizes ar 2 dienu intervālu. Neskatoties uz to, čiekuru aizmetņu skaits pa krustojumu kombinācijām būtiski atšķiras un ir robežās no 0 līdz 182. Nākamās ziedēšanas sezonas kontrolētajiem krustojumiem ievākti un uzglabāšanai sagatavoti putekšņi no 58 identificētiem kloniem.

3.1. tabula.

Klons		Aizmetņu skaits										
māteskoks	tēvakoks	Kopā	pa izolācijas maisiem									
Als3	Ja6	<b>49</b>	4	2	3	4	10					
			9	5	7	1	4					

Als2	Ba12	15	0	3	1	5	6												
Als2	Sm13	7	0	2	3	0	2												
Als13	Ja14	17	1	6	1	3	6	0											
Als23	Ja19	<b>24</b>	14	1	0	5	2	2											
Als8	Ja7	14	1	0	0	7	3	1	0	2									
Ba11	Ba7	0	0	0	0	0													
Ku3	Ba21	2	0	0	0	0													
		0	1	0	0														
		0	1	0	0	0	0	0											
Ku7	Ba27	<b>67</b>	14	6	9	9	13	3	1	12									
Ba2	Ja4	<b>41</b>	9	4	10	6	7	5											
Du19	Du18	<b>47</b>	1	9	4	12	9	12											
RJ33	Du18	0	0	0	0														
Du10	Du11	<b>25</b>	8	0	0														
		7	6	2	2														
Du9	Du8	<b>60</b>	10	5	8	8	6	11	12										
Du7	Du17	<b>47</b>	9	6	6	0	6	8	3	5	4	0							
Ku15	Du16	4	0	0	4														
RJ11	RJ26	<b>50</b>	4	0	4	8	12	3	4										
		1	1	5	3	5													
RJ33	RJ18	1	0	1	0														
RJ12	RJ29	14	7	0	3	1	1	1	1										
RJ5	RJ10	<b>30</b>	0	9	7	8	6												
Ja10	Ug4sv	<b>36</b>	4	8	12	12													
Ku17	Ja15	<b>182</b>	16	11	25	37	19	10	24	12	28								
Sm1	Sm2	<b>33</b>	2	3	4	5	7	5	7										
Sm11	Sm13	<b>71</b>	5	4															
		5	8	7															
		8	0	10	6	7	11												
Tu12	Tu1	6	0	2															
		4	3	0	1	0													
Tu14	Tu12	19	1	10	6	1	0	1	0	0									
Tu21	Tu20	<b>63</b>	3	1	19	11													
		3	6	5	15														
Tu21	Ja19	<b>95</b>	15	18	12	15	5	15	15										
Tu9	Tu11	8	0	2	2	4	0												
Tu28	Tu15	<b>41</b>	7	11	9	4	10												
Tu15	Tu28	9	2	3	4														
Ug6sv	Ug8sv	<b>34</b>	9	4	3	2	16												

Iegūtie rezultāti šajā pārskata periodā ir līdzīgi kā iepriekšējos un kopumā atpaliek no selekcijas programmas izstrādes procesā prognozētā. Tādēļ sagatavotas izmaiņas aktivitātēs, lai nodrošinātu programmas savlaicīgu realizāciju:

- 1) ņemot vērā šajā pārskata periodā identificēto ievērojamo rametu skaitu dažādās sēkļu plantācijās (par kurām līdz šim nebija pieejami droši dati) – krustojumu sarakstu sagatavošana iespējai tos izmantot dažādās plantācijās. Ja pavasaris iestājas pakāpeniski, šāda pieeja nodrošina iespēju pagarināt krustošanas perioda garumu un līdz ar to izveidot vairāk krustojumu kombināciju;
- 2) temperatūras sensoru izvietošana visās plantācijās, kur potenciāli iespējama krustošana, un to datu references periodā (pavasārī) salīdzināšana ar tuvākās meteostacijas, no kuras informācija ikdienā pieejama internetā, datiem, aprēķinot nepieciešamo korekciju un iegūstot precīzāku informāciju par temperatūru svārstībām noteiktā vietā – līdz ar to iespējamo strobilu attīstību;
- 3) potējumi bagātīgi ziedošu veco koku vainagos, panākot ziedēšanu dažu gadu laikā, vienā plantācijā, kas atrodas netālu no LVMI „Silava” un kur iespējama ikdienas apsekošana, tādejādi nodrošinot iespēju: a) krustojumos iekļaut tos klonus, kuri nav droši identificējami vai nav iekļauti plantācijās; b) kuru krustošana kāda iemesla dēļ plantācijās atkārtoti bijusi nesekmīga; c) kuru krustošanas

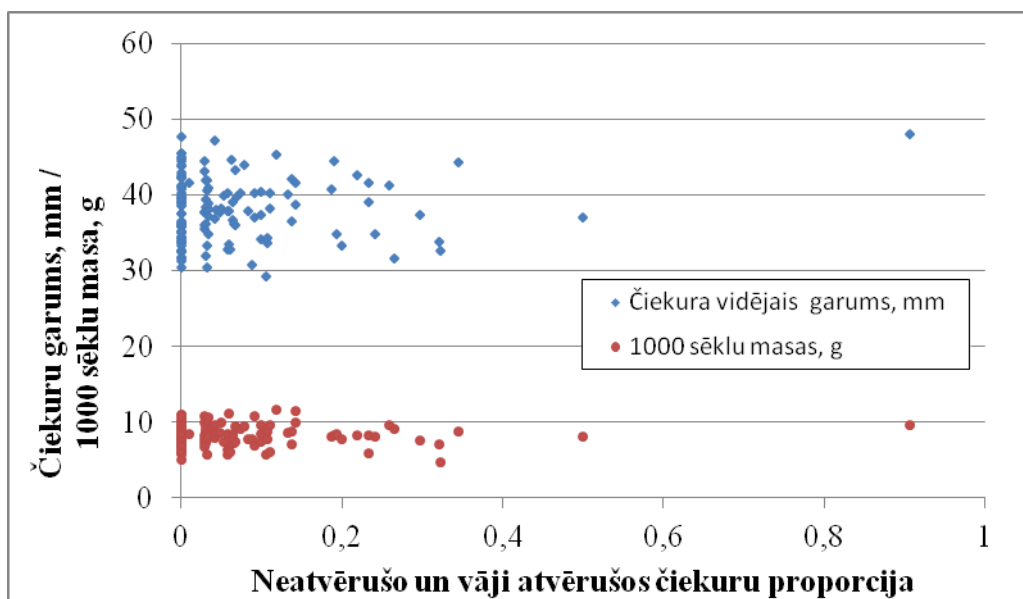
iespējas plantācijās ierobežo rametu izmērs un/vai ziedēšanas intensitāte. Tāpat šāda pieeja nodrošinās iespējas optimizēt izmaksas gadījumos, ja kādā no plantācijām ir tikai daži kloni, kas iekļaujami selekcijas populācijā;

- 4) uzlabota putekšņu dīdzības pārbaudes metodika pirms krustošanas, novēršot nekvalitatīvu putekšņu izmantošanu, kā arī, izmantojot iespējami attāli izvietotas plantācijas – veicināta attiecīgās sezonas (svaigu) putekšņu izmantošana;
- 5) polikrosa izmantošana populāciju tipa plantācijās, paredzot plašāka stādījuma ierīkošanu ar perspektīvo krustojumu identifikāciju uzmērīšanas periodā.

### 3.2. Parastās priedes klonu čiekuru vērtēšana

Pārskata periodā saskaņā ar darba uzdevumu veikta 135 parastās priedes Smiltenes un Misas klonu no Sāvienas, Brenguļu un Misas sēkļu plantācijām vērtēšana. Čiekuri (ne mazāk kā 20 no kлона) ievākti no 1-2 identificētiem rametiem no dažādām koka pusēm. Iespējami drīz pēc kaltēšanas, saskaņā ar standarta protokolu a/s Latvijas valsts meži čiekurkaltē, veikta to pazīmju vērtēšana: nomērīts čiekuru garums, noteikta tā atvēršanās pakāpe (saskaņā ar iepriekšējos pārskatos aprakstītu metodiku vērtējot ballēs, kur 0 – neatvēries, 3 – pilnībā atvēries), nosvērtas sēklas un aprēķināta 1000 sēkļu masa.

Konstatētas ievērojamas un statistiski būtiskas atšķirības starp kloniem pēc visām analizētajām pazīmēm – čiekuru vidējais garums ir robežās no 29 līdz 48 mm, neatvērušos un vāji atvērušos (0 un 1 balle) čiekuru īpatsvars no 0 līdz 91%, 1000 sēkļu masa no 4,7 līdz 11,6 g. Līdzīgi kā iepriekšējās analizēs, klonu vidējo vērtību līmenī nav konstatēta saikne starp neatvērušos un vāji atvērušos čiekuru īpatsvaru un to lielumu vai 1000 sēkļu masu (3.1. att.). Kloniem, kam nebija čiekuru ar vērtējumu 0 vai 1 balle (42% no kopējā skaita), nedz čiekuru vidējais garums, nedz 1000 sēkļu masa būtiski neatšķirās no tiem, kam konstatēts viens vai vairāki šādi čiekuri: attiecīgi  $38 \pm 1,2$  mm pret  $38 \pm 0,9$  mm un  $8 \pm 0,4$  g pret  $8 \pm 0,3$  g.



3.1. attēls. Čiekuru atvēršanās saikne ar citām tos raksturojošām pazīmēm klonu vidējo vērtību līmenī.

Konstatēta vidēji cieša, statistiski būtiska ģenētiskā korelācija starp čiekuru garumu un 1000 sēkļu masu ( $r_a=0,44$ ,  $p<0,05$ ), kas norāda uz iespēju izmantot čiekuru izmēru kā vienu no atlases pazīmēm selekcijas procesā.

Salīdzinot ar iepriekšējā pārskata perioda rezultātiem konstatēts, ka Smiltenes parastās priedes kloni ar vāju čiekuru atvēršanos (Sm10, Sm125, Sm126 un Sm130) arī šajā gadā uzrādījuši līdzīgus rezultātus, turklāt rametiem gan no Brenguļu, gan Sāvienas sēkļu plantācijām, tādēļ tie nav rekomendējami turpmākai izmantošanai plantācijās un selekcijas darbā (3.2. tab.). Misas kloniem nepieciešamas turpmākas pārbaudes, lai pārliecinātos par pazīmes noturību starp mērījumu gadiem un rekomendētu kādus no tiem turpmāk neizmanto.

3.2. tabula.

Rekomendācijas parastās priedes klonu ar iepriekšējā pārskata periodā konstatēto vāju čiekuru atvēršanos izmantošanai

Klons	Rekomendācija
Sm10	izslēdzams
Sm15	Sāvienā čiekuru nav, Brenguļos laba atvēršanās, bet iepriekš bija ļoti vāja
Sm25	2013. gada rezultāts labs
Sm103	2013. gada rezultāts labs
Sm113	Sāvienā čiekuru nav, Brenguļos laba atvēršanās, bet iepriekš bija ļoti vāja
Sm125	izslēdzams
Sm126	izslēdzams
Sm130	izslēdzams

### 3.3. Parastās priedes C selekcijas materiāla grupas pēcnācēju pārbaūžu stādījumu uzmērīšana

Pārskata periodā veikta visu plānoto priežu pēcnācēju pārbaūžu stādījumu uzmērīšana, kopsavilkums ietverts 3.3.tabulā. Uzmērīšanas mērķis ir iegūt precīzu koku novērtējumu dažus gadus pēc iestādīšanas, nodrošinot iespējas ņemt vērā to savstarpējās konkurences atšķirību ietekmi uz koku ātraudzību un kvalitāti raksturojošo pazīmju vērtībā ap 15 gadu vecumu, kad tiek plānota augstvērtīgāko ģimeņu un genotipu ģimeņu ietveros atlase selekcijas populācijai un pavairošanai. Šādā veidā būs iespējams uzlabot novērtējuma precizitāti. Tāpat dati izmantoti lēmumiem par stādījumu turpmāko apsaimniekošanu, kā arī selekcijas datu bāzes struktūras izstrādes un testēšanas procesā.

3.3.tabula.

#### Veikto pēcnācēju pārbaūžu stādījumu inventarizācijas kopsavilkums

Nr. –

Nr.	Vieta	Gads	Koki	Saglabāšanās, %	Augstums, cm	s	Padēls, %
625	Alojas nov.	2007	4704	81	333	63.6	14
672	Kalsnava	2008	9039	78	141	49.7	33
673	Kalsnava	2008	4464	59	120	40.9	26
675	Kalsnava	2008	8304	45	111	39.5	39
676	Kalsnava	2008	1200	38	106	45.2	32
680	Kalsnava	2008	2315	8	112	37.8	30
681	Kalsnava	2008	7764	47	126	38.7	19
709	Kalsnava	2010	4440	86	99	23.3	13
710	Kalsnava	2010	2101	59	95	26.4	16
711	Kalsnava	2010	1697	86	86	22.2	29
712	Kalsnava	2010	2892	66	65	20.7	31
713	Jelgava	2010	2250	69	70	19.9	19
714	Jelgava	2010	6647	78	83	23.8	31
621/681	Kalsnava	2007	3104	96	236	56.8	30
623/682	Mežole	2007/2008	1857	100	229	46.3	50
622/680	Kalsnava	2007/2008	1261	46	211	55.4	46

eksperimenta nr.; Vieta – stādījuma atrašanās vieta: Kalsnava – MPS Kalsnavas MN, Jelgava – MPS Jelgavas MN, Mežole – MPS Mežoles MN; Gads – stādījuma ierīkošanas gads; Koki – stādvieta skaits (atsevišķos gadījumos daļa ģimeņu nav ietvertas); Saglabāšanās – vidējā saglabāšanās (atsevišķos gadījumos veikta papildināšana, kas atspoguļota datos, bet ne kopsavilkuma tabulā); Augstums – koku vidējais augstums, cm; s- standartnovirze; Padēls – kvalitātes defekts, kas klasificējams kā padēls vai vairākas galotnes (uzmērot šīs pazīmes izdalītas atsevišķi).

#### Nozīmīgākie rezultāti:

- 1) konstatētas būtiskas saglabāšanās atšķirības starp eksperimentiem, atšķirības starp ģimenēm ir būtiskas tikai atsevišķos gadījumos. Tas apliecina, ka ieaugšanās fāzē esošajos klimatiskajos apstākļos koku sugas areāla centrālajā daļā vietējām populācijām saglabāšanos nosaka apkārtējās vide (vairākumā gadījumu biotiskie faktori), nevis ģenētika, atšķirībā no teritorijām pie areāla robežām, kur nozīmīga ir arī ģenētisko faktoru ietekme. Tādēļ ir būtiski iegūt datus par ieaugšanās atšķirībām, lai: a) turpmākā analizē tās varētu atdalīt no saglabāšanās konkurences ietekmes atšķirībām; b) varētu ņemt vērā koku savstarpējās konkurences atšķirību ietekmi uz to pazīmēm, veicot precīzāku ģimeņu ranžēšanu. Bez šādas informācijas ģimenes ar zemāku ieaugušos koku skaitu – tāpat lielāku augšanas telpu katram kokam – iegūst nepamatotas priekšrocības, vērtējot,

- piemēram, koka vidējo caurmēru;
- 2) lai nodrošinātu iespējami precīzākus datus, lietderīgi saglabāšanās un bojājumu novērtējumu veikt 3.-4. veģetācijas sezonā un atkārtot eksperimentos, kur (kad) konstatēta kāda apkārtējās vides faktora nozīmīga ietekme;
  - 3) konstatētās nozīmīgās koku vidējā augstuma atšķirības starp vienāda vecuma stādījumiem liecina gan par stādmateriāla un ieaugšanās, gan meža tipa un ģenētikas ietekmi. Iegūtie dati būs izmantojami stādījuma vērtēšanā pēc pēdējās uzmērīšanas, atdalot sākotnējās, varbūtēji ar vides apstākļu nevienmērību, stādmateriāla audzēšanas un stādījuma vietā vairāk saistītās augšanas atšķirības no atšķirībām turpmākajā augšanas periodā;
  - 4) iegūtie rezultāti liecina par relatīvi augstu koku ar padēliem un/vai vairākām galotnēm īpatsvaru, tomēr tikai atsevišķos stādījumos konstatētas būtiskas šī rādītāja atšķirības starp ģimenēm. Iegūtie dati ir nozīmīgi: a) vērtējot stumbra defektu attīstību laikā – zinātniskajā literatūrā trūkst informācijas par to, cik liela daļa no 3-7 gadu vecumā konstatētajiem padēliem saglabājas kā sumbra ekonomisko vērtību samazinoši defekti arī pēc 20-30 gadiem; b) vērtējot pazīmju ģenētisko nosacītību; c) vērtējot pazīmju ģenētisko korelāciju dažādā uzmērīšana vecumā (t.i. vai agrīnā diagnostika nodrošina precīzu rezultātu).

### **3.4. Parastās priedes Austrumu provenienču reģionam piemērotas sēklu plantācijas apvienotā 2. un 3. kārtas klonu saraksta precizēšana**

Parastās priedes eksperimentālo stādījumu izvērtēšana, sagatavojot klonu komplektu 3. kārtas sēklu plantācijas ierīkošanai veikta jau iepriekšējos gados (Gailis, 2009<sup>9</sup>). Tajās kā kloni tiek izmantoti zināmu, ģenētiski vērtīgu vecāku koku kontrolēto krustojumu pēcnācēji, kas atlasīti pēc fenotipiskajām pazīmēm. Ekonomiskā analīze liecina – jo ilgāk tiek atlikta jaunas, ģenētiski augstvērtīgākas, sēklu plantācijas ierīkošana, jo zemāka atdeve (mazāks diferenciālais ieguvums) no selekcijā, sēklu plantāciju ierīkošanā, uzturēšanā un meža stādīšanā ieguldītajiem līdzekļiem. Tātad, vērtējot meža apsaimniekošanu kopumā, nevis nelielu tās daļu – sēklu plantācijas, ekonomiski izdevīgāk ir veikt jaunu plantāciju ierīkošanu, tiklīdz ir pieejams ģenētiski augstvērtīgāks materiāls. Parastajai priedei šobrīd ir uzsākts 2. selekcijas cikls, laika periods līdz 4. kārtas sēklu plantāciju klonu ieguvei ir 20 gadi. Lai šajā laika periodā līdz jauno plantāciju ražošanas sākumam nodrošinātu maksimālo praksē realizējamo selekcijas efektu, ir lietderīgi ierīkot 3. kārtas sēklu plantāciju. Analizēti priedes kontrolēto krustojumu eksperimenti (potenciāli no tiem iegūstamo kvalitatīvo neradniecīgo krustojumu koku skaits iekavās) Nr. 20 (3), Nr. 21-22 (5), 23 (3), Nr. 24-25 (7), Nr. 27 (9), Nr. 356 (2-3), Nr. 357 (5) ar koku vecumu 13-36 gadi. Dabisks krustojums process starp fenotipiski augstvērtīgiem kokiem (kloniem) notiek arī pirmās kārtas sēklu plantācijā, tādēļ papildus analīzē iekļauti arī šo plantāciju pēcnācēji eksperimentālajos stādījumos Nr. 2, 3, 5, 18, 19.

Trešās kārtas sēklu plantācijas ierīkošanai rekomendēts izmantot fenotipiski augstvērtīgākos kontrolēto krustojumu Ug7 x 208-6 (eksperiments Nr. 20); Ug8 x Ka18, Ka3 x Ug10 (Nr. 22); Sm14 x Sm4, Sm26 x Sm8, Sm12 x Sm15 (Nr. 23); Sm1 x D2, Sm7 x RJ11, Sm21 x L2 (Nr. 24) pēcnācējus, kā arī atlasītos fenotipiski augstvērtīgākos kokus no polikrosa krustojumu kombinācijām Ma11 x -, Ma12 x +, Ma13 x Mis, Ma15 x Ka, Ma16 x Ku (eksperiments Nr. 27) un sēklu plantāciju Raiskums, Kvēpene, Istra, Olaine (eksperiments Nr. 27); Oškalni, Inčukalns (Nr. 3); Burtnieki, Tirza (Jaungulbene) (Nr. 6) fenotipiski augstvērtīgākos pēcnācējus.

Empīrisku datu no eksperimentiem Nr. 356 un Nr. 357 analīze apstiprina teorētisko pieņēmumu par kontrolēto krustojumu pēcnācēju augstvērtīgajām īpašībām: tie gan pēc augstuma, gan caurmēra statistiski būtiski ( $\alpha=0,05$ ) ātraudzīgāki par 1. kārtas sēklu plantāciju pēcnācējiem. Tāpat atspoguļojas vispārējā likumsakarība, ka Latvijas rietumu daļas priedes valsts austrumu daļā aug lēnāk – eksperimentos Nr. 2 un Nr. 3 konstatēts, ka Tukuma un Kuldīgas plantāciju pēcnācēji pēc visām produktivitāti raksturojošajām pazīmēm stādījumā MPS Kalsnavas mežu novadā atpaliek no Latvijas austrumu daļas plantāciju pēcnācējiem.

Veicot analīzi 1. kārtas sēklu plantāciju pēcnācēju stādījumos konstatēts, ka augstākā produktivitāte un kvalitāte ir plantācijām (nosaukumi, kuri bija eksperimentu ierīkošanas laikā): Raiskums, Kvēpene, Istra, Olaine, Oškalni, Inčukalns, Burtnieki, Tirza (Jaungulbene), Ape, Dundaga, Jaunjelgava, Skaistkalne,

<sup>9</sup> Gailis, A. Skujkoku selekcijas pētījumi 2009. – 2013. gadā produktīvu, kvalitatīvu un noturīgu mežaudžu atjaunošanai. LVMI „Silava”, pārskats par 2009. gada darbu izpildi. 40 lpp.

Kurmale, Ranka, Mežole, Vecsalaca un Ēdole. Daļā no tām apsaimniekošana jau ir pārtraukta, savukārt tās, kuras vēl ir plānots apsaimniekot, ir iespējams reģistrēt kā sēklu plantācijas kategorijas „pārāks” meža reproductīvā materiāla ieguvei. Rekomendēts, salīdzinot ar citām 1. kārtas plantācijām, to sēklas stādu audzēšanai izmantot prioritāri.

Apkopojot un analizējot 21 parastās priedes pluskoku brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumu datus ir izveidots klonu komplekts 2. kārtas sēklu plantāciju ierīkošanai Latvijas austrumu daļai, kurā kopumā ietverti 37 kloni. Salīdzinot atlasīto ģimeņu pazīmju vērtības ar eksperimentos iekļauto mežaudžu pēcnācēju pazīmju vērtībām konstatēts, ka 2. kārtas plantācijas izveidei atlasīto koku krāja ir vidēji par 24% augstāka kā mežaudžu pēcnācējiem, summārais valdaudzes koku augstums par 20% lielāks. Augstāka ir arī kvalitāte – koku ar padēliem īpatsvars par 7% zemāks, zara diametra/stumbra caurmēra attiecība par 6% zemāka nekā mežaudžu pēcnācējiem.

Vērtējot atlasīto klonu sarakstu, redzams, ka vairāki no tiem ir viens no vecāku kokiem kontrolētajiem krustojumiem, kuru pēcnācēji rekomendēti 3. kārtas sēklu plantācijas izveidei. Tas papildus apliecina šo klonu augstvērtīgās īpašības. Ņemot vērā, ka 3. kārtas sēklu plantācijas komplekts paredzēts izmantošanai Latvijas austrumu provenienču reģionā, tika rekomendēts abus klonu sarakstus apvienot, tādējādi nodrošinot augstāku praksē realizējamā selekcijas efekta vērtību.

Pārskata periodā veikta klonu saraksta (3.4. tabula) un rametu potzaru ievākšanai atrašanās vietas precizēšana, ievērojot ģenētisko marķieru analīžu rezultātus.



Parastās priedes Austrumu provenienču reģionam piemērotas sēklu plantācijas apvienots 2. un 3. kārtas klonu saraksts

Nr.	Klons	Atrašanās vieta
1	Ug7 x 208-6-20-2-3	Nr. 20, MPS Kalsnavas MN
2	Ug8 x Ka18-22-1-3	Nr. 22, MPS Kalsnavas MN
3	Ka3 x Ug10-22-3-3	Nr. 22, MPS Kalsnavas MN
4	Ma16 x Ku-27-4-1	Nr. 27, Vecumnieku nov.
5	Ma13 x Mis-27-2-10	Nr. 27, Vecumnieku nov.
6	Ma15 x Ka-27-1-1	Nr. 27, Vecumnieku nov.
7	Ma12 x "+"-27-5-8	Nr. 27, Vecumnieku nov.
8	Ma11 x "-" -27-5-1	Nr. 27, Vecumnieku nov.
9	Sm12 x Sm15-23-4-10	Nr. 23, Vecumnieku nov.
10	Sm12 x Sm21-23-4-8	Nr. 23, Vecumnieku nov.
11	Sm1 x Sm26-23-1-5	Nr. 23, Vecumnieku nov.
12	Sm4 x Sm14-23-1-11	Nr. 23, Vecumnieku nov.
13	Burtnieki 19-1-76	Nr. 27, Vecumnieku nov.
14	Tirza 5-3-18	Nr. 5, Vecumnieku nov.
15	Oškalni 2-6-29	Nr. 2, Vecumnieku nov.
16	Inčukalns 2-3-23	Nr. 2, Vecumnieku nov.
17	Raiskums 19-5-48	Nr. 19, Vecumnieku nov.
18	Kvēpene 19-3-17	Nr. 19, Vecumnieku nov.
19	Istra 19-3-18	Nr. 19, Vecumnieku nov.
20	Olaine 19-4-78	Nr. 19, Vecumnieku nov.
21	Ka19	s.pl.* "Sāviena", Madonas nov.
22	Da12	s.pl. "Salaca", Salacgrīvas nov.
23	Ja21	s.pl. "Sāviena", Madonas nov.
24	Ka14	s.pl. "Kurmale", Kuldīgas nov.
25	Ja8	s.pl. "Sāviena", Madonas nov.
26	Jē1	s.pl. "Sāviena", Madonas nov.
27	Gu14	s.pl. "Jugla", Ropažu nov.
28	Ka5	s.pl. "Sāviena", Madonas nov.
29	Sm9	s.pl. "Sāviena", Madonas nov.
30	Ja30	s.pl. "Sāviena", Madonas nov.
31	R-J31	s.pl. "Jugla", Ropažu nov.
32	Ja18	s.pl. "Sāviena", Madonas nov.

Paskaidrojumi: s.pl.\* - sēklu ieguves plantācija

### 3.5. Parastās egles B grupas selekcijas materiāla – klonu un pluskoku brīvapputes pēcnācēju un veģetatīvi pavairoto klonu pārbaužu datu analīze klonu vērtības pamatošanai

Pārskata periodā veikta klonu un pluskoku brīvapputes un veģetatīvi pavairoto pēcnācēju pārbaužu rezultātu analīze, precizējot klonu kandidātu sarakstu Rietumu provenienču reģionam piemērotas sēklu plantācijas ierīkošanai (3.9. tabula), sagatavojot klonu kandidātu sarakstu Centrālajam provenienču reģionam piemērotas sēklu plantācijas ierīkošanai (3.11. tabula), rekomendējot augstvērtīgākos klonus veģetatīvajai pavairošanai (3.10. tabula) un sagatavojot priekšlikumus sēklu plantācijas retināšanai atbilstoši klonu ģenētiskajai vērtībai. Analizēti eksperimentu Nr. 766 (Andrupene, Dagdas nov.), Nr. 767 (Īvande, Kuldīgas nov.), Nr. 787 (Skutuļi, Kuldīgas nov.), Nr. 783 (Ugāle, Ventspils nov.), Nr. 747 (Olaines nov.), Nr. 354, Nr. 355 (Balceri, Kuldīgas nov.), Nr. 353 (Limbažu novads), Nr. 49, Nr. 51 (MPS Kalsnavas mežu novads) rezultāti.

Atlasot kandidātus klonu sarakstiem Rietumu un Centrālajam provenienču reģionam piemērotu sēklu plantāciju ierīkošanai, lietota 5% – 10% atlases intensitāte, atkarībā no eksperimentos iekļauto variantu skaita un varianta pārstāvniecības vienā vai vairākos eksperimentos. Kā kandidāti klonu sarakstam

izvēlēti augstvērtīgākie kloni (pēc pēcnācēju pārbaūžu rezultātiem) vai produktīvs un kvalitatīvs koks brīvapputes ģimenē, ja māteskoks vai klons nav saglabājies, vai variantā (proveniences pēcnācēji).

3.5. tabula

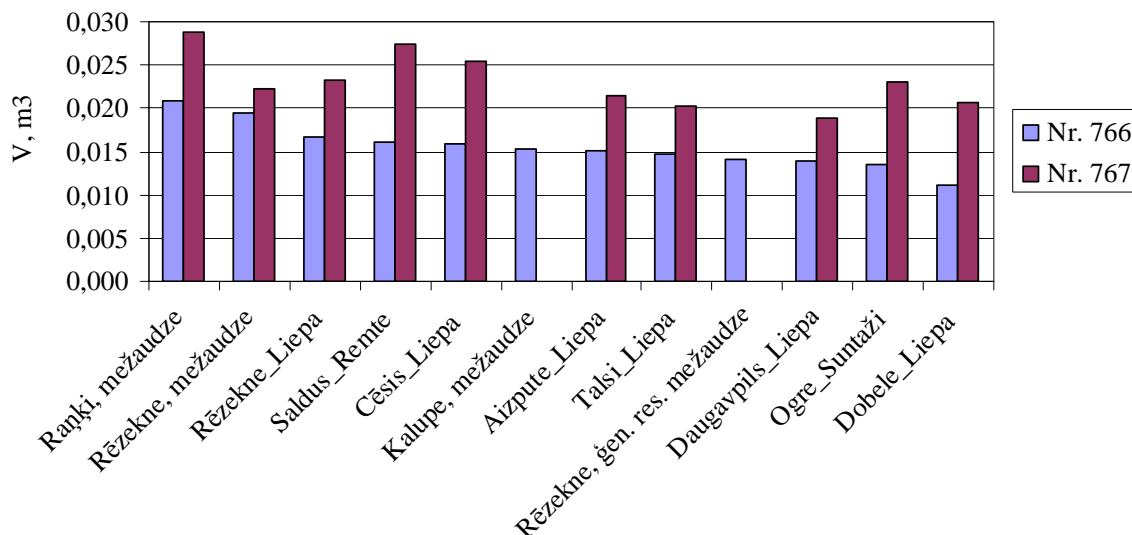
Augstvērtīgākās ģimenes eksperimentos Nr. 353, Nr. 747, Nr. 355 un Nr. 49

Nosaukums	Nr. eksperimentā	d, mm	zd, mm	sb	S%d	S%zd	S%sb
Gu 3	19	222	10,6	1,5	19	10	2
Rī 1a	68	212	11,4	1,6	13	19	5
Ai 12	52	212	9,5	1,3	13	-1	-14
Cē 17	7	205	10,2	1,4	10	6	-8
Gu 4	20	202	10,5	1,5	8	9	-3
Og 18	64	202	10,8	1,4	8	12	-8
Cē 10	2	201	11,2	1,6	8	16	9
Og 19	65	201	9,2	1,3	8	-4	-13
Ma 3	14	200	10,4	1,3	7	9	-12
Kon Zaļ	100	200	9,4	1,5	7	-2	0
Atlasītās ģimenes vidēji		206	10,3	1,4	10	7	-4
Vidēji eksperimentā Nr. 353		199	10,0	1,5			
<hr/>							
Tu 12	89	248	15,9	1,7	22	21	-12
Do 10	94	241	15,2	1,9	19	16	0
Do 15	95	241	14,9	1,8	19	13	-8
Sa 34	32	228	13,7	1,6	12	5	-16
In 3	71	226	14,0	1,9	11	7	2
Li 2	96	224	12,1	1,9	10	-7	0
Ai 12	52	223	12,6	1,9	10	-4	1
Li 13	97	221	14,1	1,6	9	8	-18
Og 19	65	218	13,9	1,6	7	6	-15
Gu 10	24	213	12,2	1,8	5	-7	-5
Atlasītās ģimenes vidēji		228	13,9	1,8	12	6	-7
Vidēji eksperimentā Nr. 747		215	13,6	1,9			
<hr/>							
K 21	521	132	12,9	1,6	25	26	-25
S 8	48	131	10,1	2,1	24	-2	1
J 19	319	122	10,3	2,0	15	0	-4
J 6	36	122	10,3	1,8	15	0	-13
S 20	420	121	9,9	2,1	15	-4	-1
B 58	158	121	11,9	2,1	14	16	2
S 19	419	121	11,3	1,9	14	10	-9
J 8	38	117	9,7	1,9	10	-6	-11
S 6	46	116	10,1	1,8	10	-2	-15
Ka 20	620	115	11,3	2,1	9	9	0
Atlasītās ģimenes vidēji		122	10,8	1,9	15	5	-8
Vidēji eksperimentā Nr. 355		106	10,3	2,1			
<hr/>							
Ka 13	613	187	11,6	2,3	22	-3	-3
S 9	49	179	13,5	2,4	17	13	-2
Ka 16	616	178	12,9	2,0	16	7	-15
B 56	156	172	13,1	1,9	13	9	-22
J 16	316	171	12,3	2,0	12	3	-17
B 70	170	169	12,8	2,4	10	7	-1
S 13	413	168	12,7	2,3	9	6	-4
B 25	125	166	13,5	2,4	9	13	-2
D 14	214	164	12,6	2,3	7	5	-6
S 12	412	163	10,7	2,3	7	-11	-6
Atlasītās ģimenes vidēji		172	12,6	2,2	12	5	-8
Vidēji eksperimentā Nr. 49		153	12,0	2,4			

Kur d – stumbra caurmērs, zd – resnākā zara caurmērs 2 m augstumā, sb – stumbra balle, S% - selekcijas vērtība.  
Iekrāsojums – ģimene ar augstu selekcijas vērtību abos paralēlajos eksperimentos.

Augstvērtīgākās ģimenes eksperimentos Nr. 353, Nr. 747, Nr. 355 un Nr. 49 (3.5. tabula) ir atlasītas, papildus vērtējot arī kvalitātes pazīmes. To vidējais stumbra caurmērs ir no 10 līdz 15% virs eksperimenta vidējās, resnākā zara caurmērs 2 m augstumā ir no 5 līdz 7% virs eksperimenta vidējās, bet stumbri ir no 4 līdz 8% taisnāki kā eksperimentā vidēji.

Analizējot eksperimentu Nr. 766 un Nr. 767 rezultātus un salīdzinot pa pluskoku vai mežaudžu izcelsmes reģioniem (3.2. attēls), var konstatēt, ka abās eksperimenta vietās augstāko produktivitāti uzrāda Raņķi (bijusī Ogres MRS teritorija) mežaudzes pēcnācēji, arī zaru relatīvais resnums ir vidējs (Nr. 767) vai tievāks par vidējo (Nr. 766). Produktīvākie klonu pēcnācēji eksperimentā Nr. 767 ir Saldus, Cēsu un Ogres, bet Nr. 766 – Rēzeknes, Saldus un Cēsu, kā arī Rēzeknes mežaudzes pēcnācēji ar relatīvi smalku zarojumu.



3.2. attēls. Klonu un mežaudžu pēcnācēju produktivitāte eksperimentos Nr. 766 un Nr. 767

Pēcnācēju analīzes rezultātā atlasītas ģimenes ar augstāko selekcijas vērtību. Tās ranžētas pēc produktivitātes, vērtēta stumbra un zarojuma kvalitāte, stumbra un zarojuma vainu esamība, relatīvais plaukšanas laiks (eksperimentā Nr.766). Eksperimentā Nr. 766, izmantojot 10% atlases intensitāti (11 ģimenes), to produktivitāte ir 40% virs vidējās (3.6. tabula), izmantojot 30% atlases intensitāti (35 ģimenes) – 22% virs vidējās.

3.6. tabula

Ģimenes ar augstāko selekcijas vērtību eksperimentā Nr. 766

Ģimene	Stumbra vid. tilpums V, m³	S% V	Relatīvais plaukšanas laiks	Koku skaits ar vainām (pad+2st+2gal), %	Stumbra taisnums	Zaru relatīvais resnums, %
Saldus 95	0,028	83	1,55	39	1,97	17
Saldus 18	0,023	50	1,60	36	1,89	17
Rēzekne 11	0,022	45	1,96	54	2,24	17
Saldus 19	0,021	38	2,12	44	2,07	17
Saldus 14	0,021	37	1,42	36	1,92	18
Raņķi, mežaudze	0,021	35	1,94	40	1,91	19
Cēsis 15	0,021	34	1,91	65	2,03	17
Saldus 7	0,020	30	1,26	37	1,89	17
Saldus 40	0,020	30	1,49	34	1,72	18
Saldus 16	0,020	30	1,48	34	2,05	17
Cēsis 6	0,020	27	1,43	47	1,98	18
Atl. ģimenes vid.	0,022	40	1,65	42	1,97	17
Vidēji eksp.	0,015		1,55	47	1,99	20

Iekrāsojums – ģimene ar augstu selekcijas vērtību abos paralēlajos eksperimentos

Stumbra taisnums vērtēts ballēs 1 – taisns, 2 – viens neliels līkums, 3 – vairāki līkumi

Relatīvais plaukšanas laiks, ballēs 1 – agrs, 2 – vidējs, 3 – vēls

Eksperimentā Nr. 767, izmantojot 10% atlasē intensitāti (7 ģimenes), to produktivitāte ir 32% virs vidējās (3.7. tabula), izmantojot 30% atlasē intensitāti (21 ģimene) – 19% virs vidējās.

3.7. tabula

Ģimenes ar augstāko selekcijas vērtību eksperimentā Nr. 767

Ģimene	Stumbra vid. tilpums V, m <sup>3</sup>	S%V	Koku skaits ar vainām (pad+2st+2gal), %	Stumbra taisnums	Zaru relatīvais resnums, %
Saldus 95	0,040	56	54	2,18	14
Saldus 15	0,035	39	45	2,15	14
Saldus 20	0,034	32	46	2,22	15
Suntaži 9	0,034	32	48	2,07	15
Saldus 17	0,031	23	62	2,04	16
Rēzekne 15	0,031	22	66	2,00	14
Saldus 97	0,031	21	58	2,12	14
Atl. ģimenes vid.	0,034	32	54	2,11	15
Vidēji eksp.	0,026		49	2,10	16

Iekrāsojums – ģimene ar augstu selekcijas vērtību abos paralēlajos eksperimentos

Stumbra taisnums vērtēts ballēs 1 – taisns, 2 – viens neliels līkums, 3 – vairāki līkumi.

Analizējot eksperimenta Nr. 787 rezultātus, atlasīti kloni ar augstāko selekcijas vērtību, izmantojot 10% atlasē intensitāti, - 12. Kloni ranžēti pēc produktivitātes, koriģējot ar kvalitātes pazīmju vērtējumu (3.8. tabula; 3.3. attēls). Augstvērtīgāko 12 klonu produktivitāte ir 32% virs eksperimenta vidējās un to kvalitātes pazīmes nav sliktākas par vidējo eksperimentā. Eksperimentā iekļauti 118 atlasīti spraudņstādu kloni, rekomendēts veikt retināšanu atbilstoši to ģenētiskajai vērtībai, saglabājot 58 klonus (49%) un turpmāk reģistrēt un apsaimniekot kā sēklu ieguves plantāciju. Atlasīto 58 klonu produktivitāte ir 12% virs eksperimenta vidējās. Kloni ranžēti pēc produktivitātes, koriģējot ar kvalitātes pazīmju vērtējumu, izslēdzot klonus ar zemu kvalitāti, un izvietojumu. Saglabājamo klonu saraksts un izvietojums atzīmēts eksperimenta shēmā.

3.8. tabula

Kloni ar augstāko selekcijas vērtību eksperimentā Nr. 787

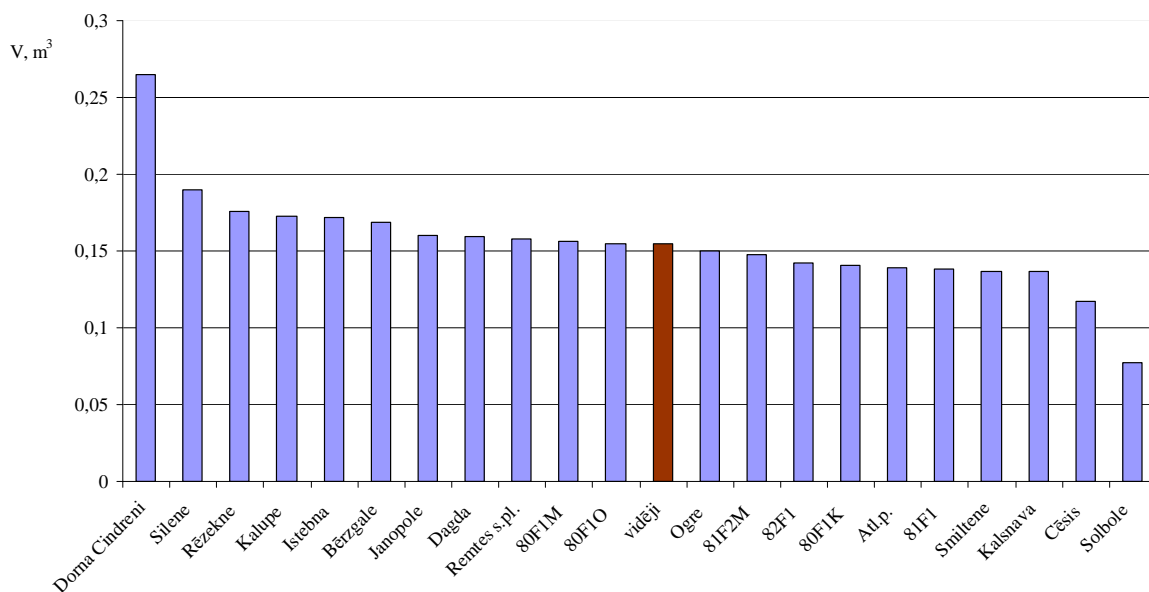
Klons	Nr. eksperimentā	Stumbra balle	zdel	V, m <sup>3</sup>	S% V	Padēls, vainas, %
K64	111	2,11	0,120	0,205	50	26
79F <sub>2</sub> TO1	25	2,19	0,109	0,200	47	25
78F <sub>3</sub> S18y	30	1,88	0,118	0,195	43	47
80F <sub>3</sub> K79	27	2,11	0,117	0,190	39	39
79F <sub>2</sub> TO <sub>2</sub>	102	1,93	0,120	0,187	37	13
80F <sub>3</sub> O226	5	2,00	0,127	0,181	33	47
O73	18	2,19	0,126	0,179	31	31
K106	6	1,84	0,105	0,178	30	42
O62	9	2,00	0,115	0,171	25	57
K58	114	2,04	0,129	0,167	22	48
R53	22	2,13	0,125	0,164	20	7
O235	10	2,06	0,125	0,157	15	29
Atlasītie kloni vidēji		2,04	0,120	0,181	32	34
Eksperimentā vidēji		2,16	0,137	0,137		37



klons

3.3. attēls. 12 augstvērtīgāko klonu vidējais stumbra tilpums eksperimentā Nr. 787 22 gadu vecumā.

Analizējot eksperimenta Nr. 783 rezultātus, salīdzināti dažādu provenienču un atlasīto klonu spraudenstādu pēcnācēji. Eksperimentā ir konstatēti nozīmīgi pārnadžu izraisīti koku stumbru bojājumi, nav konstatēta bojājumu intensitātes atšķirība starp dažādu provenienču pēcnācējiem, jo dažādas intensitātes bojājumi (vērtēti 3 baļļu skalā) ir 99% vērtēto koku. Kandidāti klonu sarakstam atlasāmi kvalitatīvākie koki produktīvākajās proveniencēs – Dorna Cindreni (Rumānija), Rēzekne un Silene (3.4. attēls).



3.4. attēls. Provenienču pēcnācēju produktivitāte (vidējais stumbra tilpums, m³) eksperimentā Nr. 783

Precizēts klonu saraksts Rietumu provenienču reģionam piemērotas sēkļu plantācijas ierīkošanai

Nr.p.k.	Klona nosaukums	Potzaru ievākšanas vieta
1.	Sa15	Remtes s. pl., rameti 501. un/vai 1241. stādvieta (ir genotipēti)
2.	Sa18	Remtes s. pl., rameti 1244. un/vai 1264. stādvieta (ir genotipēti)
3.	Sa19	Remtes s. pl., rameti 1265. un/vai 1379. stādvieta (ir genotipēti)
4.	Sa20	Remtes s. pl., rameti 1361. un/vai 1380. stādvieta (ir genotipēti)
5.	Sa34	Remtes s. pl., rameti 7487. un/vai 7102. stādvieta (ir genotipēti)
6.	In3	Suntažu s. pl., rameti 653.stādvieta vai 1082. un 1187. stādvieta (ir genotipēti)
7.	Og19	Suntažu s. pl., ramets 2588. stādvieta (ir genotipēts) vai cits
8.	Og9	Suntažu s. pl., ramets 2499. stādvieta (ir genotipēts)
9.	Tu12	Tadaines s. pl.
10.	Li2	Katvaru s. pl., ja iespējams, ramets stādvieta, no kura jau ir vākti potzari 2011. gadā
11.	Cē13	Liepas s. pl.
12.	Do10	Liepas s. pl.
13.	Ai12	Liepas s. pl.
14.	O226-787-13-105	Eksp. Nr. 787, klona 80F <sub>3</sub> O226 ramets 13. bloka 105. stādvieta
15.	K106-787-19-106	Eksp. Nr. 787, klona K106 ramets 19. bloka 106. stādvieta
16.	O73-787-19-118	Eksp. Nr. 787, klona O73 ramets 19. bloka 118. stādvieta
17.	K79-787-20-94	Eksp. Nr. 787, klona 80F <sub>3</sub> K79 ramets 20. bloka 94. stādvieta
18.	S18-787-22-91	Eksp. Nr. 787, klona 78F <sub>3</sub> S18y ramets 22. bloka 91. stādvieta
19.	TO2-787-24-19	Eksp. Nr. 787, klona 79F <sub>2</sub> TO <sub>2</sub> ramets 24. bloka 19. stādvieta
20.	K64-787-27-10	Eks. Nr. 787, klona K64 ramets 27. bloka 10. stādvieta
21.	Rē-783-12-2-15	Eksp. Nr. 783, 12. varianta (Rēzekne) 2. atk. 15. koks
22.	DC-783-47-2-11	Eksp. Nr. 783, 47. varianta (Dorna Cindreni) 2. atk. 11. koks
23.	Sa95-767-3-13	Eksp. Nr. 767, Sa95 klona brīvapputes pēcnācēju 3. atk. 13. koks
24.	Sa97-767-3-6	Eksp. Nr. 767, Sa97 klona brīvapputes pēcnācēju 3. atk. 6. koks
25.	V13-354-1-1	Eksp. Nr. 354, klona V13 25% ramets 1. atk. 1. stādvieta
26.	Si12-354-2-2	Eksp. Nr. 354, klona Si12 25% ramets 2. atk. 2. stādvieta
27.	J16-355-1-2	Eksp. Nr. 355, J16 ģimenes 1. atkārtojuma 2. koks
28.	S13-355-2-10	Eksp. Nr. 355, S13 ģimenes 2. atkārtojuma 10. koks
29.	S23-355-3-2	Eksp. Nr. 355, S23 ģimenes 3. atkārtojuma 2. koks – nozāģēts 2012. gadā*
29 <sup>1</sup> .	Ka2-354-2-1	Eksp. Nr. 354, klona Ka2 25% ramets 2. atk. 1. stādvieta
30.	Ist-355-4-49	Eksp. Nr. 355, varianta Istebna 4. atkārtojuma 49. koks

\* - tā kā S23 ģimenē papildus pluskoka kandidāts nav atrasts, sarakstu papildināt ar Ka2, bet nepazaudējot jau esošos uzpotētos S23.

## Veģetatīvajai pavairošanai piemērotu klonu saraksts

Nr.p.k.	MRMIA		MRM pielietošanas reģions	Potzaru ievākšanas vieta
	nosaukums	Nr.		
1.	J6 -355-1-6	0338110029	A; C; R	Eksp. Nr. 355, J6 ģimenes 4. atkārtojuma 6. koks
2.	J8 -355-2-2	0338110030	A; C; R	Eksp. Nr. 355, J8 ģimenes 2. atkārtojuma 2. koks
3.	J16 -355-1-2	0338110032	A; C; R	Eksp. Nr. 355, J16 ģimenes 1. atkārtojuma 2. koks
4.	J19 -355-2-9	0338110033	A; C; R	Eksp. Nr. 355, J19 ģimenes 2. atkārtojuma 9. koks
5.	K21 -355-2-6	0338110034	C; R	Eksp. Nr. 355, K21 ģimenes 2. atkārtojuma 6. koks
6.	Ka23 -354-2-4	0338110035	C; R	Eksp. Nr. 354, klona Ka23 F2 ramets 2. atk. 4. stādvietā
7.	Ka2 -354-2-1	0338110040	C; R	Eksp. Nr. 354, klona Ka2 25% ramets 2. atk. 1. stādvietā
8.	Sa42-353-3-11	0338560039	R	Eksp. Nr. 353, Sa42 ģimenes 3. atkārtojuma 11. koks
9.	Ai12-353-6-1	0338560040	R	Eksp. Nr. 353, Ai12 ģimenes 6. atkārtojuma 1. koks
10.	Gu3-353-2-9	0338560041	C; R	Eksp. Nr. 353, Gu3 ģimenes 2. atkārtojuma 9. koks
11.	Og6-353-6-11	0338560042	C; R	Eksp. Nr. 353, Og6 ģimenes 6. atkārtojuma 11. koks
12.	Og18-353-4-8	0338560043	C; R	Eksp. Nr. 353, Og18 ģimenes 4. atkārtojuma 8. koks
13.	Rī1a-353-6-10	0338560044	C; R	Eksp. Nr. 353, Rī1a ģimenes 6. atkārtojuma 10. koks
14.	Zaļ 353-4-6	0338560045	C; R	Eksp. Nr. 353, varianta Zaļumi 4. atkārtojuma 6. koks
15.	O226-787-22-5	0338110041	C; R	Eksp. Nr. 787, klona 80F <sub>3</sub> O226 ramets 13. bloka 105. stādvietā
16.	K106-787-19-106	0338110042	C; R	Eksp. Nr. 787, klona K106 ramets 19. bloka 106. stādvietā
17.	O73-787-19-18	0338110044	C; R	Eksp. Nr. 787, klona O73 ramets 19. bloka 118. stādvietā
18.	O62-787-13-9	0338110043	C; R	Eksp. Nr. 787, klona O62 ramets 13. bloka 109. stādvietā
19.	S18-787-22-91	0338110046	C; R	Eksp. Nr. 787, klona 78F <sub>3</sub> S18y ramets 22. bloka 91. stādvietā
20.	TO1-787-16-25	0338110045	C; R	Eksp. Nr. 787, klona 79F <sub>2</sub> TO <sub>1</sub> ramets 16. bloka 96. stādvietā
21.	K64-787-24-111	0338110048	C; R	Eks. Nr. 787, klona K64 ramets 27. bloka 10. stādvietā

Klonu saraksts Centrālajam provenienču reģionam piemērotas sēklu plantācijas ierīkošanai

Nr.	Klons	Atrašanās vieta
1	Gu 3	s.pl. "Tadaine"
2	Rī 1a	Nr. 353
3	Cē 17	s.pl. "Liepa"
4	Gu 4	s.pl. "Tadaine"
5	Og 18	s.pl. "Suntaži"
6	Cē 10	s.pl. "Liepa"
7	Og 19	s.pl. "Suntaži"
8	Ma 3	s.pl. "Liepa"
9	In 3	s.pl. "Suntaži"
10	Li 2	s.pl. "Katvari"
11	Li 13	s.pl. "Katvari"
12	Gu 10	Nr. 747
13	Rē 11	s.pl. "Liepa"
14	Cē 15	s.pl. "Liepa"
15	Cē 6	s.pl. "Liepa"
16	Og 9	s.pl. "Suntaži"
17	Rē 15	s.pl. "Liepa"
18	Raņķi	Nr. 766
19	K64	Nr. 787
20	K79	Nr. 787
21	R53	Nr. 787
22	O235	Nr. 787
23	Ka23	Nr. 354
24	Kr18	Nr. 51
25	R215	Nr. 51
26	Ka13	Nr. 49
27	S9	Nr. 49
28	B56	Nr. 49
29	D14	Nr. 49
30	Istebna	Nr. 49

### 3.6. Parastās egles A grupas selekcijas materiāla uzturēšana un vērtēšana

Nodrošināta parastās egles A grupas selekcijas materiāla - 2003. – 2010. gadā ierīkoto pēcnācēju pārbaužu stādījumu Nr. 230, Nr. 231, Nr. 228, Nr. 229, Nr. 715, Nr. 716 (MPS Kalsnavas mežu novads), Nr. 684, Nr. 685 (MPS Jelgavas mežu novads), Nr. 725, Nr. 748 (Ķeguma novads) un Nr. 790 (Alojas novads) uzturēšana, veicot kopšanu un, nepieciešamības gadījumā, marķējuma atjaunošanu un aizsardzību. Kopējā stādījumu platība > 30 ha.

### 3.7. Parastās egles D grupas selekcijas materiāla veģetatīvā pavairošana ar spraudeņiem

Apsakņošanai kontrolēta klimata apstākļos Strenču kokaudzētavā, egles sēklu plantācijā „Liuza” tika sagriezti zari spraudeņu ieguvei no 90 plantācijas klonu rametiem. Pavisam plantācijā pārstāvēti 215 kloni - 124 Rēzeknes, 88 Maltas un 3 Rušonas. Tā kā sēklu plantācijas „Liuza” ierīkošana uzsākta 2003.gadā, potējumu fizioloģiskais vecums ~ 13 gadi, bet potzari iegūti no pluskokiem Rēzeknes un Maltas ģenētisko resursu mežaudzē.

Zaru griešana spraudeņu sagatavošanai veikta 28. februārī un 6. un 7.martā. Viena klona spraudeņi tika griezti no viena, dažos gadījumos no diviem rametiem, nogriežot garākus (~15-20 cm) zarus vai zaru galotnes egļu vainaga vidusdaļā, no kurām tieši pirms iespraušanas substrātā sagatavoti 5 līdz 7 cm gari



spraudeņi ar labi attīstītu galotnes pumpuru. Pavisam tika iesprausti 11059 sprauņi no 50 Maltas un 40 Rēzeknes izcelsmes kloniem, vidēji 120 sprauņi no katra klona. Spraušana ar kūdras/ perlīta (1:1) substrātu pildītās stādu konteineru kasetēs veikta 21. un 22. martā. Sprauņiem nodrošināta apsildāmā grīda substrāta sildīšanai. Rasināšana, kas uzsākta tūlīt pēc iespraušanas, lai nodrošinātu gaisa mitrumu līdz 90%, tika veikta manuāli. Rekomendētā substrāta temperatūra ~25°C, gaisa temperatūra 18 -20°C. Vienam klonam - M119 paralēli 80 parastiem sprauņiem, 40 sprauņi pirms iespraušanas substrātā apstrādāti (iemērcot sprauņu galus) ar augšanas regulatora KELPAK 2% šķīdumu 2 minūtes, bet 28 sprauņi apstrādāti ar KELPAK 2% šķīdumu 5 minūtes.

Septembra beigās, veicot inventarizāciju un vizuāli novērtējot atlikušos zaļojošos sprauņus, konstatēts, ka pārliecinošas apsakņošanās pazīmes (vairākas garas saknes ārpus stādu konteineru) - ir 4 kloniem (5%), vidējas – 9 kloniem (10%) un iespējamās apsakņošanās pazīmes 11 kloniem (12%). Pārējo 60 klonu sprauņiem ir konstatēta dzinumu veidošanās bez sakņošanās pazīmēm (nav kallusa). Sakņošanās vērtēta apskatot katru stādu kaseti, un nosakot, vai ir redzamas sakņošanās pazīmes. Ja vizuālais vērtējums ir - >50% no visiem sprauņiem izveidojuši saknes, tad – 3 balles; ja <50% - 2 balles; 1-5% - 1 balle; 0% - 0 (3.12. tabula). Ar 3 ballēm novērtētās sakņošanās pazīmes ir kloniem ar saglabāšanās intervālu no 8 – 86%, ar 2 ballēm no 16 - 69%, ar 1 balli no 4 – 74%. Tas liecina, ka augsts saglabāšanās % negarantē sakņu veidošanos, piemēram, Rēzekne 101, kuram saglabājušies tikai 8 sprauņi (7%), ir ar redzamām un pārliecinošām sakņošanās pazīmēm, bet Rēzekne 58, kuram saglabājušies 92 sprauņi (77%) – nav sakņošanās pazīmju. Sprauņu saglabāšanās, t.i. zaļojoši sprauņi līdz 20% no sākotnēji iespraustā apjomā konstatēta 43 kloniem, 21-50% apjomā 23 kloniem, 51 - 89% apjomā 16 kloniem, bet 8 klonu sprauņi pilnībā gājuši bojā.

Lielais skaits klonu, kuriem ir veidojušies dzinumi, bet nav apsakņošanās pazīmju, liek domāt, ka gaisa temperatūra bijusi augstāka kā substrātam, kas, sevišķi apsakņošanās sākumā, veicina dzinumu plaukšanu, bet sakņu veidošanās nenotiek. Rokas laistīšana nevar nodrošināt vienmērīgu optimālu gaisa mitruma režīmu un neizslēdz iespēju, ka substrāta mitrums ir bijis pārmērīgs. Nevar izslēgt iespēju, ka daļai no zaļojošajiem sprauņiem tomēr ir izveidojies, vai sācis veidoties kallus un 2014. gada pavasarī tie turpina attīstīties un veidot arī saknes. Objektīvi par apsakņošanās rezultātiem varēs spriest ~ 2014. gada jūnijā pēc galīgā izvērtējuma.

3.12. tabula

Klonu apsakņošanās vērtējums

Nr.p.k.	Klons*	zaru griešanas laiks			iesprausti sprauņi 21.03.2013	zaļojoši sprauņi ar dzinumiem, gab.	zaļojoši sprauņi ar dzinumiem, %	Sakņu pazīmes, balles
		28.02.2013	06.03.2013	07.03.2013				
1	5			120	120	0	0	0
2	6			120	120	8	7	0
3	7			120	120	38	32	0
4	16		120		120	40	33	0
5	19			120	120	37	31	2
6	21			120	120	61	51	0
7	24			120	120	75	63	1
8	27			120	120	58	48	3
9	33			120	120	14	12	0
10	35		120		120	5	4	0
11	36		120		120	10	8	0
	36			120	120	65	54	0
12	38			120	120	22	18	0
13	44			120	120	77	64	1
14	45			120	120	71	59	2
15	47			120	120	71	59	2
16	49			120	120	25	21	3
17	51		120		120	19	16	0
18	58			120	120	92	77	0
19	59			120	120	43	36	1

Nr.p.k.	Klons*	zaru griešanas laiks			iesprausti spraudēņi 21.03.2013	zaļojoši spraudēņi ar dzinumiem, gab.	zaļojoši spraudēņi ar dzinumiem, %	Sakņu pazīmes, balles
		28.02.2013	06.03.2013	07.03.2013				
20	<b>60</b>			120	120	6	5	0
21	<b>65</b>			120	120	12	10	0
22	<b>68</b>			120	120	1	1	0
23	<b>69</b>			120	120	53	44	0
24	<b>70</b>			120	120	1	1	0
25	<b>71</b>			120	120	12	10	0
26	<b>74</b>			120	120	5	4	1
27	<b>75</b>			120	120	2	2	0
28	<b>76</b>			120	120	12	10	0
29	<b>80</b>			120	120	13	11	0
30	<b>82</b>			120	120	5	4	0
31	<b>83</b>			120	120	75	63	1
32	<b>87</b>			120	120	21	18	0
33	<b>90</b>			120	120	4	3	0
34	<b>93</b>		120		120	89	74	1
35	<b>94</b>		120		120	0	0	0
36	<b>95</b>			120	120	20	17	0
37	<b>96</b>		120		120	2	2	0
38	<b>100</b>		120		120	5	4	0
39	<b>101</b>		120		120	10	8	3
40	<b>103</b>		120		120	107	89	0
41	<b>M1</b>		120		120	50	42	0
42	<b>M10</b>		120		120	51	43	2
43	<b>M107</b>			120	120	67	56	2
44	<b>M11</b>		120		120	57	48	0
45	<b>M113</b>			120	120	103	86	3
46	<b>M116</b>	100		20	120	49	41	0
47	<b>M119</b>	100		20	148	69	47	0
48	<b>M12</b>		120		120	4	3	0
49	<b>M120</b>	50		70	80	44	55	1
50	<b>M122</b>	100		20	120	4	3	0
51	<b>M123</b>		120		120	37	31	2
52	<b>M13</b>		120		120	15	13	0
53	<b>M134</b>			120	120	15	13	0
54	<b>M150</b>			120	120	4	3	0
	<b>M150</b>			120	120	79	66	1
55	<b>M16</b>		120		120	3	3	0
56	<b>M17</b>		120		120	0	0	0
57	<b>M18</b>		120		120	5	4	0
58	<b>M20</b>		120		120	2	2	0
59	<b>M21</b>		120		120	8	7	0
60	<b>M23</b>		120		120	17	14	0
61	<b>M24</b>		120		120	0	0	0
62	<b>M25</b>		120		120	81	68	0
63	<b>M28</b>		120		120	39	33	0
64	<b>M29</b>		120		120	83	69	2
65	<b>M30</b>		120		120	23	19	0
66	<b>M31</b>		111		111	59	53	1
67	<b>M32</b>		120		120	16	13	0

Nr.p.k.	Klons*	zaru griešanas laiks			iesprausti spraudēņi 21.03.2013	zaļojoši spraudēņi ar dzinumiem, gab.	zaļojoši spraudēņi ar dzinumiem, %	Sakņu pazīmes, balles
		28.02.2013	06.03.2013	07.03.2013				
68	<b>M33</b>		120		120	16	13	0
69	<b>M34</b>		120		120	46	38	0
70	<b>M35</b>		120		120	54	45	0
71	<b>M36</b>	100	20		120	0	0	0
72	<b>M38</b>		120		120	28	23	1
73	<b>M4</b>		120		120	27	23	0
74	<b>M40</b>	100		20	120	22	18	0
75	<b>M43</b>	100		20	120	0	0	0
76	<b>M44</b>	100		20	120	2	2	0
77	<b>M45</b>	100		20	120	22	18	1
78	<b>M47</b>	100		20	120	4	3	0
79	<b>M49</b>	100		20	120	0	0	0
80	<b>M5</b>		120		120	50	42	0
81	<b>M50</b>	100		20	120	36	30	0
82	<b>M53</b>	40	80		120	37	31	0
83	<b>M54</b>	40		80	120	13	11	0
84	<b>M55</b>	100		20	120	11	9	0
85	<b>M56</b>	30		90	120	15	13	0
86	<b>M58</b>	30		90	120	23	19	0
87	<b>M59</b>	100		20	120	56	47	0
88	<b>M60</b>	50		70	120	19	16	2
89	<b>M7</b>		120		120	29	24	2
90	<b>M9</b>		120		120	0	0	0

\* M – Maltas izcelsmes kloni; cipars bez burta – Rēzeknes izcelsmes kloni.

### 3.8. Kārpainā bērza selekcijas materiāla uzturēšana un vērtēšana

Pabeigta A selekcijas materiāla grupas - brīvapputes pēcnācēju ģimeņu uzmērīšana un vērtēšana pēcnācēju pārbaužu stādījumos Nr. 589 (Taurene, Vecpiebalgas novads), kopā 18575 koki un Nr. 55 (Ukri, Auces novads), kopā 18919 koki. Kopā ar paralēlo ģimeņu pēcnācēju stādījumu Nr. 54 (Rembate, Ķeguma novads), 53032 koki, veikta rezultātu analīze, atlasītas augstvērtīgākās ģimenes, sagatavoti klonu saraksti Rietumu, 25 kloni (3.13. tabula) un Austrumu, 36 kloni (3.14. tabula) provenienču reģionam piemērotu sēklu plantāciju ierīkošanai un 150 kandidāti turpmākajam darbam selekcijas populāciju veidošanai. Kā klona kandidāts atlasīts pluskoks pēcnācēju ģimenē eksperimentā Nr. 54, nozīmīgu vērību veltot tieši koka kvalitātes rādītājiem. Atlasīto Rietumu provenienču reģionam piemēroto ģimeņu (25) vidējā produktivitāte ir 93%, bet Austrumu provenienču reģionam piemēroto (36) ir 98% virs eksperimenta vidējās.

Ģimeņu raksturojums Rietumu provenienču reģionam piemērotu klonu atlasei

Ģimene	Zaru leņķis	Bojājumi, vainas	Kopējā kvalitātes balle			D, vid., cm	H, vid., m	V, vid., m <sup>3</sup>
			1	2	3			
Bauska 40-13	46	83	0	33	67	13,1	16,2	0,102
Bauska 40-14	44	90	0	37	63	11,5	16,5	0,082
Bauska 40-19	46	90	0	20	80	12,8	15,3	0,094
Bauska 40-25	49	93	0	15	85	12,6	14,8	0,088
Bauska 40-27	44	80	0	40	60	11,2	16,1	0,076
Bauska 40-28	46	90	5	25	70	12,1	15,0	0,082
Īle 3	48	97	0	50	50	12,3	15,6	0,088
Īle 7	45	93	0	30	70	11,8	15,6	0,081
Īle 10	46	77	0	50	50	11,7	16,4	0,083
Īle 26	44	83	0	50	50	11,4	16,6	0,080
Īle 27	47	87	0	30	70	11,4	16,7	0,081
Andumi 9	47	93	0	45	55	12,6	16,1	0,095
Andumi 95-23	46	60	0	45	55	11,1	14,4	0,068
Andumi 95-35	48	97	0	20	80	12,0	15,4	0,083
Andumi 95-38	47	90	0	40	60	12,5	15,6	0,091
Andumi 95-44	46	100	0	30	70	12,4	14,7	0,085
Priekule 2	46	100	0	10	90	12,0	14,3	0,077
Priekule 11	46	97	0	30	70	11,6	14,5	0,074
Priekule 12	47	77	0	50	50	11,6	14,7	0,074
Priekule 13	48	83	0	30	70	11,4	16,0	0,077
Priekule 29	44	87	0	30	70	12,3	15,8	0,089
Priekule 32	44	93	0	33	67	11,7	14,5	0,075
Priekule 33	47	100	0	30	70	12,7	14,7	0,089
Priekule 44	48	90	0	35	65	12,3	15,1	0,085
Priekule 49	47	97	0	15	85	11,1	15,3	0,071
Atlas. ģim. vid.	46	89				12,0	15,4	0,083
Eksp. vid.	46	91				9,1	13,3	0,043

Zaru leņķis – mērīts grādos vainaga vidusdaļā raksturīgām zaram.

Bojājumi, vainas – koku skaits % no ģimenes kopējā koku skaita ar bojājumiem vai vainām (stumbra līkumi, padēls u.c.).

Kopējā kvalitātes balle, koku skaits % no ģimenes kopējā koku skaita: 1 – ideāls koks ar taisnu stumbru bez vainām, 2 – normāls koks ar nelieliem līkumiem vai viļņojumu stumbrā, vai ar kādu nebūtisku vainu, 3 – koks ar vienu vai vairākiem būtiskiem stumbra līkumiem vai citām vainām.

V, vid. – vidējais stumbra tilpums, m<sup>3</sup>.

Ģimeņu raksturojums Austrumu provenienču reģionam piemērotu klonu atlasei

Ģimene	Zaru leņķis	Bojājumi, vainas	Kopējā kvalitātes balle			D, vid., cm	H, vid., m	V, vid., m <sup>3</sup>
			1	2	3			
Koknese 12	47	100	0	27	73	12,5	15,2	0,089
Medņi 4	46	85	3	54	43	11,7	14,9	0,077
Medņi 34	45	75	0	45	55	11,7	14	0,073
Medņi 36	47	85	0	30	70	11,4	13,3	0,066
Dauksti 6	45	97	0	40	60	12,6	15,5	0,092
Dauksti 7	44	100	0	30	70	13,2	16,7	0,108
Dauksti 11	47	83	0	35	65	11,9	15,3	0,082
Dauksti 31	45	80	0	50	50	11,9	16,9	0,089
Viļāni 2	47	90	0	20	80	12	15,6	0,084
Viļāni 6	44	80	0	30	70	11,5	14,2	0,071
Gauja 4	46	100	0	40	60	12,4	16	0,091
Gauja 29	45	77	0	20	80	12	16,3	0,088
Limbaži 18/844	46	97	0	23	77	11,1	16,3	0,074
Zilupe 1	45	100	0	20	80	12,3	15,7	0,089
Ābeļi 6	48	93	0	10	90	12,6	15,4	0,092
Ābeļi 17	45	83	15	30	55	11,5	16,3	0,081
Ābeļi 18	45	95	0	30	70	12,4	15,4	0,089
Ābeļi 24	45	87	0	10	90	12,8	16,3	0,099
Ābeļi 27	46	100	0	13	87	12,4	15,7	0,09
Ābeļi 29	48	73	0	40	60	11,6	16,6	0,084
Svente 26	46	73	0	45	55	13,1	15,7	0,1
Svente 95-3	46	83	0	33	67	12	16	0,087
Svente 95-7	46	77	0	30	70	12,4	16,4	0,093
Cesvaine 9	45	90	0	57	43	11,5	14,6	0,073
Cesvaine 25	44	83	0	40	60	12,1	14,9	0,083
Cesvaine 34	47	85	0	35	65	10,9	14,6	0,066
Cesvaine 44	45	73	0	67	33	11,1	15,1	0,069
Cesvaine 45	47	88	0	30	70	12	13,5	0,074
Suntaži 13	45	87	0	57	43	12,5	16,5	0,095
Suntaži 15	46	75	5	50	45	12,1	16,1	0,088
Suntaži 23	46	93	0	43	57	12,8	16,5	0,101
Suntaži 24	44	97	0	20	80	12	16,6	0,09
Suntaži 95-8	49	88	0	50	50	11	15,4	0,07
Suntaži 95-10	46	93	0	30	70	12,2	16,8	0,093
Suntaži 95-22	47	90	0	30	70	12,7	16,7	0,1
Suntaži 95-36	48	100	0	30	70	11,9	16,3	0,086
Atlas. ģim. vid.	46	88				12,1	15,6	0,085
Eksp. vid.	46	89				9,1	13,3	0,043

Zaru leņķis – mērīts grādos vainaga vidusdaļā raksturīgam zaram.

Bojājumi, vainas – koku skaits % no ģimenes kopējā koku skaita ar bojājumiem vai vainām (stumbra līkumi, padēls u.c.).

Kopējā kvalitātes balle, koku skaits % no ģimenes kopējā koku skaita: 1 – ideāls koks ar taisnu stumbru bez vainām, 2 – normāls koks ar nelieliem līkumiem vai viļņojumu stumburā, vai ar kādu nebūtisku vainu, 3 – koks ar vienu vai vairākiem būtiskiem stumbra līkumiem vai citām vainām.

V, vid. – vidējais stumbra tilpums, m<sup>3</sup>.

Turpinot kārpainā bērza A un B selekcijas materiāla grupas pēcnācēju pārbaužu stādījumu uzturēšanu (marķējumu atjaunošana, aizsardzība, kopšana), veikta saglabāšanās un agrīno pazīmju vērtēšana B selekcijas materiāla grupas pēcnācēju pārbaužu stādījumos Nr. 726, Nr. 727, Nr. 728 (MPS Kalsnavas mežu novads), Nr. 310 (MPS Šķēdes mežu novads), Nr. 738 un Nr. 739 (MPS Jelgavas mežu novads), kopējā platība 14,7 ha.

### 3.9. Apšu hibridizācija

Parastās apses (*Populus tremula* L.) krustošana (hibridizācija) ar Amerikas apsi (*Populus tremuloides* Michx.) veikta uz nogrieztiem zariem izmantojot J. Smilgas aprobēto metodiku (Smilga, 1968<sup>10</sup>). Krustošanas metode aprakstīta arī 2005. gada atskaitē (Gailis, 2005<sup>11</sup>).

Parastās apses klonu arhīvā MPS Kalsnavas mežu novadā tikai vienam sievišķajam klonam konstatēti ziedpumpuri, bet klonu arhīvā Viļakas novada Žīguros ziedpumpuru vispār nebija, tādēļ veikta apšu mežaudžu apsekošana. Darba rezultātā Ziemeļlatgales, Vidusdaugavas un Austrumvidzemes mežsaimniecībās atlasīti septiņi parastās apses pluskoki. Parastās apses pluskoki atlasīti 20-60 gadus vecās labākās bonitātes mežaudzēs, izvēloties garākos un resnākos kokus, ar taisniem, gludiem un labi atzarotiem stumbriem, kuru lejasdaļa ir ar apaugušām zaru vietām un to bezzarainā daļa ir garāka par stumbra zaraino vainaga daļu, ar pēc iespējas šauriem vainagiem un īsiem, tieviem zariem.

Krustošanai izmantoti fenotipiski atlasītu Amerikas apses pluskoku putekšņi no Kanādas (Britu Kolumbijas) un Amerikas Savienotajām Valstīm (Minesotas). Krustošana veikta Olaines kokaudzētavas siltumnīcā. Katrs māteskoks krustots ar vienas līdz piecu dažādu Amerikas apšu putekšņiem. Krustošanas sekmes bija zemas, sēklas iegūtas no astoņām krustošanas kombinācijām, bet dīgstošas tikai divas no tām. No ģimenes 13601 iegūti 83 stādi, bet no ģimenes 13602 tikai 23 stādi (3.15. tabula)

3.15. tabula

Parastās apses un Amerikas apses krustošanas kombinācijas

Māteskoks <i>P.tremula</i>	Atrašanās vietas koordinātes	Tēvakoks <i>P.tremuloides</i>	Izcelsmes vieta	Ģimenes kods
Ziemeļlatgales mežsaimniecība	56°48' 26°29'	T-2-96	Minesota, USA	13601
		AP-29-57	Britu Kolumbija, Kanāda	13602

### 3.10. Amerikas apses potēšana

Sadarbībā ar *Poplar Council of Canada* ([www.poplar.ca](http://www.poplar.ca)) zinātnieci Barb Thomas iegūti 10 Amerikas apses (*Populus tremuloides* Michx.) potzari no vīrišķajiem pluskokiem, tie ir uzpotēti MPS eksperimentālajā kokaudzētavā. Sekmīgi potējumi bija no pieciem pluskokiem un no katra ir saglabājušies no 2 līdz 4 potējumi. Nākošajā pavasarī plānots veikt papildus potējumus, izmantojot sagatavoto materiālu. Pēc karantīnas laika beigām 2015. gada pavasarī tos plānots izstādīt arhīvā.

### 3.11. Apšu hibrīdu selekcijas materiāla uzturēšana, kopšana un vērtēšana

Objektu uzturēšana, kopšana un aizsardzība veikta ~17 ha, eksperimentos Nr. 620, 640, 699, 763, 764, 765, 813, 814, 815, kas atrodas MPS Auces meža novadā, eksperimentos Nr. 744, 745, 805, 806, 808, 809, 810, 811, 812, kas atrodas Ķeguma novada Rembatē un eksperimentos Nr. 740, 741, kas atrodas MPS Smiltenes mežu novadā.

Papildus kopšanai jūlija vidū eksperimentos Nr. 640 un 699 (MPS Auces meža novadā) veikta augošu koku atzarošana.

Eksperimentos Nr. 620, 640, 699, (MPS Auces mežu novadā) veikta augošu koku mērīšana un vērtēšana.

Eksperiments 620 ierīkots 2007. gadā, izmantojot viengadīgus ietvarstādus. Stādīts vienkoka parceļu veidā 30 atkārtojumos, eksperimentā iekļaujot 15 apšu hibrīdu klonus.

Eksperiments 640 ierīkots 2008. gadā, izmantojot viengadīgus ietvarstādus. Stādīts 25 koku bloku parcelēs četros atkārtojumos, iekļaujot 7 klonus.

Eksperiments 699 ierīkots 2009. gadā, izmantojot viengadīgus ietvarstādus. Stādīts 16 koku bloku parcelēs četros atkārtojumos, iekļaujot 20 klonus.

<sup>10</sup> Smilga, J. (1968) Apse. Rīga Zinātne: 200 lpp.

<sup>11</sup> Gailis, A. (2005) ApSES selekcijas pētījumi kvalitatīvas koksnes izaudzēšanai: līgumdarba atskaite. LVMI „Silava”, Salaspils, 27 lpp.

Mērīts koku augstums, caurmērs un vērtētas saules - sala plaisas, kas sastopamas uz kociem dienvidu pusē. Plaisu veidošanos izsauc krasās temperatūras atšķirības - dienvidu pusē saules ietekmē miza uzsilst, bet ziemeļu puse saglabājas sasalusi un pēc saules norietēšanas sākas strauja sasalšana. Kanādā veiktajos pētījumos ar Amerikas apsi un citām lapu koku sugām konstatēts, ka saulainās dienās saules pusē miza var uzsilt līdz  $+1,6^{\circ}\text{C}$ , bet ēnas pusē mizas temperatūra ir  $-9,4^{\circ}\text{C}$ , un pēc saules rieta notiek strauja temperatūras pazemināšanās (Karels, Boonstra 2003<sup>12</sup>). Plaisām mērīts to garums cm un to platums vērtēts četrās ballēs:



3.5. attēls. Mizas plaisu vērtējums ballēs.

0 balle plaisas nav;

1 balle miza ir ieplaisājusi, bet nav redzama koksne (3.5.attēls a);

2 balles miza ir ieplaisājusi un ir redzama koksne (3.5.attēls b);

3 balles miza ir ieplaisājusi un atvērusies vairāk par vienu cm (3.5.attēls c);

#### Rezultāti.

Vērtējot iepriekšminētos eksperimentus kopā, vidēji 2013. gada pavasarī 67% no kociem ir ar saules - sala plaisām. Atšķirības starp eksperimentiem parādītas 3.16. tabulā. Lielākie plaisu bojājumi konstatēti eksperimentā Nr. 640 kurā plaisas konstatētas 70% koku. Nelielas plaisas, kuras vērtētas ar vienu balli ir no 8 līdz 15%, bet visbiežāk veidojas lielas plaisas (3 balles) no 58 līdz 64% (3.16. tabula). Lielas plaisas var atstāt ietekmi uz koku turpmāko augšanu, jo visticamāk tās neaizaus vienas veģetācijas sezonas laikā un palielināsies iespēja, ka koks varēs inficēties ar kādu no sēņu slimībām. Nākotnē uz iegūstamo kokmateriālu sortimentu plaisu veidošanās šajā vecumā lielu ietekmi neatstās, bet tikai pie nosacījuma, ka koks neinficējās ar kādu no sēņu slimībām.

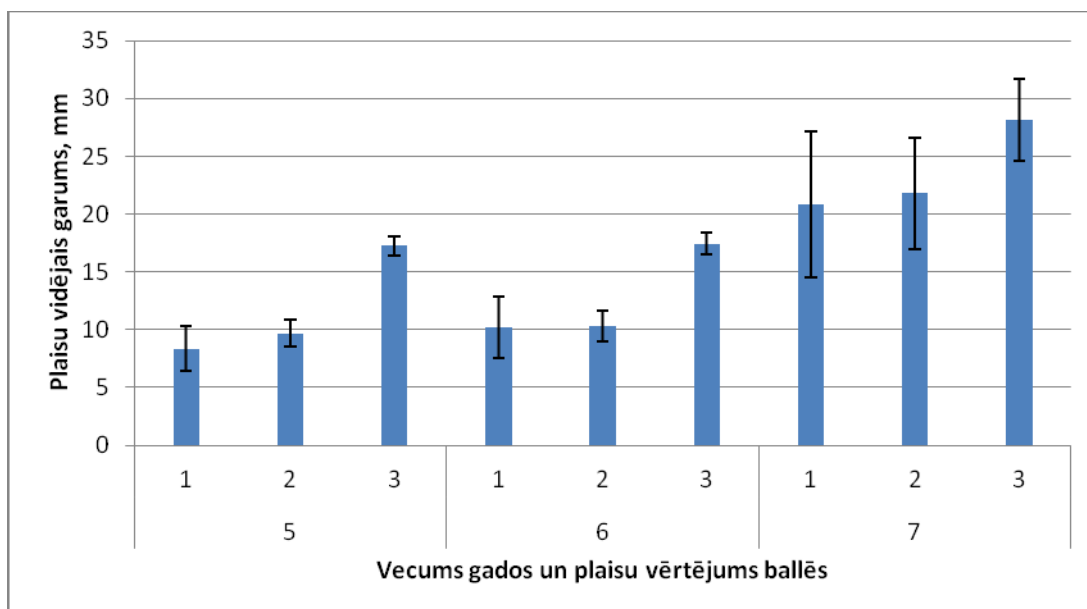
3.16. tabula

Bojātie koki apšu hibrīdu eksperimentos

Eksp.	Vecums	Koku skaits	Nebojātie koki, %	bojātie koki %	Bojāto koku plaisu % sadalījums		
					1	2	3
699	5	972	37	63	8	29	64
640	6	605	30	70	11	30	59
620	7	172	33	67	15	27	58

Piecu un sešu gadu vecumā lielas plaisas (3 balles) ir būtiski ( $p < 0,05$ ) garākas nekā vidējas un mazas plaisas (1 un 2 balles), bet septiņu gadu vecumā plaisu garuma atšķirība vairs nav būtiska (3.6. attēls). Tas norāda uz to, ka jaunākiem kociem plaisas, kuru atvērumi ir lielāki par vienu cm (3 balles) būs ne tikai platas, bet arī ievērojami garākas. Palielinoties vecumam un līdz ar to stumbra dimensijām šī sakarība izzūd.

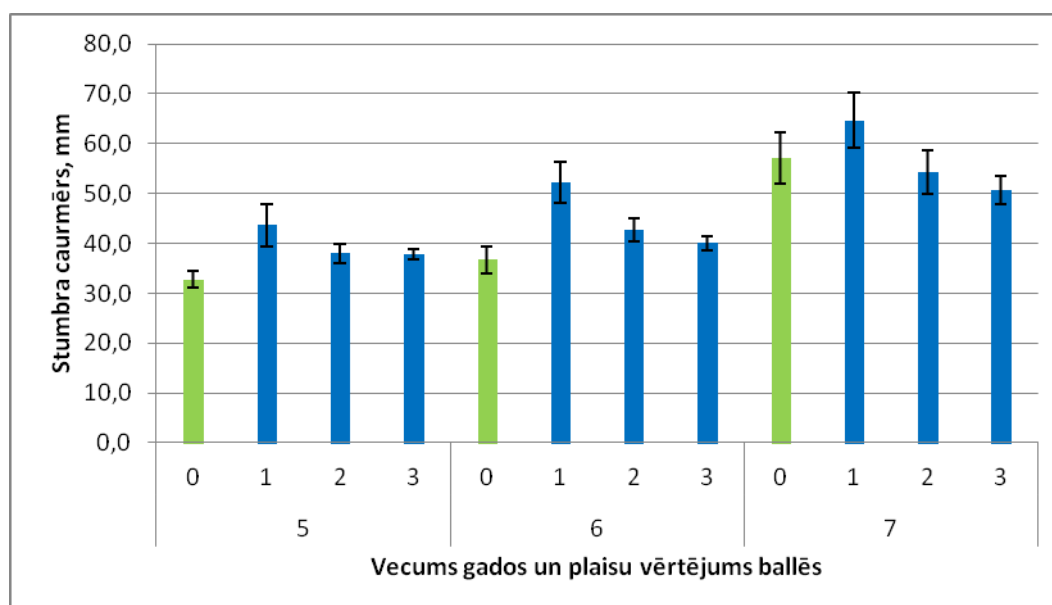
<sup>12</sup> Karels, T.J., Boonstra, R. (2003) Reducing solar heat gain during winter: The role of white bark in Northern deciduous trees. Arctic. Vol. 56, No 2: 168-174.



3.6. attēls. Stumbra plaisu vidējais garums un tā atšķirības atkarībā no vecuma un plaisu lieluma ballēs

Ekspērimētos konstatētas vidēji ciešas korelācijas ( $p < 0,05$ ) starp plaisu garumu un stumbra caurmēru un augstumu (3.17. tabula). Lai arī korelāciju vērtības ir no 0,29 līdz 0,53, kuras ir vidēji ciešas tās visas ir būtiskas izņemot eksperimentā Nr. 699 kokiem ar nelielām plaisām (balle 1) (3.17. tabula). Tas norāda, ka saules – sala plaisu veidošanās gadījumā stumbra plaisu garums un platums ir atkarīgs no stumbra caurmēra un koku augstuma.

Piecu gadu vecumā, vidējais stumbra caurmērs nebojātiem kokiem (Eksp.699) ir būtiski ( $p < 0,05$ ) mazāks par bojātiem. Sešu gadu vecumā būtiski ( $p < 0,05$ ) atšķiras kokiem, kuru bojājuma pakāpe novērtēta ar ballēm viens un divi. Septiņu gadu vecumā vairs nepastāv būtiskas atšķirības vidējam stumbra caurmēram starp bojātiem un nebojātiem kokiem (3.7.attēls).



3.7. attēls. Stumbra vidējā caurmēra rādītāji atkarībā no vecuma un saules-sala plaisas lieluma ballēs.

Salīdzinot bojāto koku dimensijas septiņu gadu vecumā, stipri bojāto koku (3 balles) vidējais stumbra caurmērs ir būtiski mazāks nekā kokiem ar nedaudz bojātu mizu (1 balle). Tas norāda, ka platas plaisas (3 balles) veidojas kokiem ar mazāku stumbra caurmēru. Resnākiem kokiem jau veidojas biežāka kreves kārtā un veidojas izteiktāks mizas robojums. Līdz ar to var apgalvot, ka lielāks risks ir jaunākās plantācijās, kurās stumbra vidējais caurmērs būs mazāks par pieciem centimetriem. Koku augstuma ietekme uz plaisu veidošanos ir līdzīga ar koku caurmēru, jo resnākiem kokiem ir arī lielāks augstums.

3.17. tabula

Ekspērimēto koku vidējie rādītāji un korelācijas ar saules - sala plaisu garumu					
Eksp.	Plaisu	koku	stumbra	Plaisu	Plaisu garuma



	vērtējums, ballēs	augstums, dm	caurmērs, mm	vidējais garums, cm	korelācija	
					koku augstumu	stumbra caurmēru
699	0	45,2±1,44	32,7±1,69			
	1	53,0±3,79	43,7±4,29	8,3±1,92	0,40	0,30
	2	50,5±1,67	38,0±1,87	9,7±1,21	0,46*	0,42*
	3	49,8±0,98	37,9±1,02	17,3±0,81	0,44*	0,42*
	vid.	48,4±0,77	36,3±0,86	14,4±0,71	0,30*	0,29*
640	0	49,0±2,11	36,7±2,63			
	1	61,7±2,27	52,5±4,08	10,2±2,63	0,38*	0,33*
	2	61,2±1,62	42,8±2,34	10,3±1,33	0,50*	0,53*
	3	53,6±1,03	40,0±1,43	17,5±0,94	0,38*	0,34*
	vid.	53,1±0,89	40,5±1,18	14,5±0,81	0,29*	0,27*
620	0	64,4±4,40	57,2±5,14			
	1	75,4±3,54	64,6±5,54	20,8±6,35	0,50*	0,52*
	2	70,2±3,52	54,4±4,35	21,8±4,84	0,39*	0,46*
	3	64,1±2,52	50,6±2,86	28,2±3,54	0,44*	0,51*
	vid.	66,42±2,0	54,8±2,26	25,4±2,62	0,36*	0,41*

\* Korelācija būtiska pie 0.05.

Klonu ietekme uz plaisu garumu analizēta izmantojot dispersijas analīzi. Lai noteiktu klona ietekmi uz plaisu veidošanos, izmantotas neparametriskās statistiskās metodes (*Chi-Square* tests). Diemžēl eksperimentā Nr. 620 šo metodi nevarēja izmantot, jo nebija pietiekams kokus skaits katrā gradācijas klasē.

Eksperimentos Nr. 640 un 699 klons būtiski ( $p < 0.05$ ) ietekmē saules - sala plaisu veidošanos. Visos trijos eksperimentos konstatēta būtiska ( $p < 0,05$ ) klona ietekme uz plaisu garumu. Tomēr klonu līmenī korektu analīzi par plaisu veidošanos no šiem eksperimentu datiem nav iespējams veikt, jo tie ir ierīkoti ar nelielu klonu skaitu, līdz ar to klona vidējo vērtību ietekmē klonu sastāvs un to izvietojums. Pastāv arī liels blakus faktoru īpatsvars, kas nosaka plaisu veidošanos un to garumu un platumu. Salīdzinot klonus, kuri reģistrēti Meža reproduktīvā materiāla ieguves avotu reģistrā ar tiem kloniem, kuri nav iekļauti reģistrā, nav būtisku ( $p < 0.05$ ) atšķirību plaisu skaitā lielumā un garumā.

Saules - sala plaisu veidošanos izsauc noteiktu klimatisko apstākļu sakritība, un šo risku ir gandrīz neiespējami novērst. Praktiski var izmantot tikai preventīvās metodes, kā koku stumbru balsināšana līdz 1,5 metriem vai ēnošana. (Karels, Boonstra 2002). Saules – sala plaisu veidošanās ir viens papildus risks apšu hibrīdu plantāciju audzēšanā, kas līdz šim nav ņemts vērā.

Nepieciešams turpināt novērojumus, lai noskaidrotu koku turpmāko augšanu, plaisu aizaugšanu vai/un inficēšanos ar trapes sēnēm. Jānovērtē arī citi eksperimenti un plantācijas - vai tajās nav saules - sala plaisu, kā arī jāvērtē, vai nav iespējams šo risku samazināt ar selekcijas metodēm un noskaidrot pie kādiem nosacījumiem, vai stumbra dimensijām kreves biežuma plaisu veidošanās riski samazinās vai izbeidzās.

### 3.12. Apšu hibrīdu klonu kolekcijas uzturēšana, klonu pavairošanas spēju vērtēšana

Uz 2013. gada vasaru lauka izmēģinājumu ierīkošanai savairoti un apsākoti 4700 apšu hibrīdu spraudņi. No 2012. gada vasarā ievadītajiem, 17 kloni sekmīgi nostabilizēti kultūrā (infekciju dēļ iznīcis 40-12) un uzsākta to pavairošana lauka izmēģinājumiem. Kopā ar 2012. gadā ievadītajiem, arhīvu uz 2013. gada 27. decembri veido 92 kloni. Kopš pēdējās uzskaites 18.12.2013. slikto pavairošanas spēju dēļ iznīkuši kloni Nr. 91-23-06; LT 1-16-3.

Turpināta klonu pavairošanas spēju noteikšana, izmantojot pavairošanas indeksu un precizējot iepriekš noteiktās pavairošanas spējas. Indeksi noteikti veicot vismaz 6 uzskaites 8 mēnešu garumā. Dati netiek vākti no vitrificētiem un krūmveidīgiem eksplantiem. Nedaudz mainīta datu ievākšanas metodika - rezultātu objektivitātei iegūtie pavairošanas indeksi papildināti ar datiem par klonu saglabāšanos, kas pēc pašreizējiem rezultātiem spriežot, lielā mērā saistīta ar apsākšanās sekmēm *in vitro* apstākļos un katram klonam ir konstants lielums - vidēji līdz labi pavairojamiem kloniem ir robežās no 75 - 97%. Šāda veida uzskaitē ir noderīga ne tikai, lai izvērtētu, kurš klons ir piemērots masveida pavairošanai, bet arī, lai konstatētu kultūru ietekmējošo faktoru (temperatūra, gaisma, relatīvais mitrums veģētācijas traukā,

infekcijas u.c.) nozīmi pavairošanas procesā. Piemēram, infekciju gadījumā, atsevišķiem kloniem pavairošanas indekss var nokristies līdz 50%. Šādā veidā precizēti vidējie pavairošanas koeficienti, kas uzrādīti starpatskaitē par 2012. gadu:

3.18. tabula

Klonu pavairošanas koeficienti	
Klons	Pavairošanas koeficients
50-28-08	1,8
97-13-08	1,5
130-13-07	1,4
86-15-08	1,8
90-22-06	2,0
4-2010	1,6
82-21-06	1,5
84-23-06	1,7
105-23-06	1,7
24-2-08	2,0
116-15-08	1,4

### 3.13. Rūpnieciskajai pavairošanai rekomendēto klonu produktivitātes un kvalitātes salīdzinošs raksturojums

Klonu produktivitātes novērtēšana izmantoti mērījumi no četriem apšu hibrīdu klonu izmēģinājuma stādījumiem.

Eksperiments Nr. 62 ir ierīkots 1996. gadā Iecavas novadā. Stādīšanas attālums 2×2 metri - 2500 koku uz ha, bloku parces (3x5 koki parcelē). Stādījums ierīkots četros atkārtojumos, no kuriem 2 daļēji iznīcinājuši bebri, jo platība nav iežogota. Stādījumā ietvertas 24 apšu hibrīdu un 5 parastās apses, kā arī 2 parastās apses triploīdie kloni. Eksperimenta atkārtota mērīšana un izvērtēšana veikta 10, 12 un 18 gadu vecumā.

Eksperiments Nr. 63 ir ierīkots Kocēnu novadā un sastāv no divām daļām: pirmā ierīkota 1996. gadā vienkoka parcelēs, bet otrā - 1997. gadā bloku parcelēs, stādīšanas attālums 2×2 m - 2500 koku uz ha. Stādījumā bloku parcelēs ir 17 apšu hibrīdu kloni, bet vienkoka parcelēs 25 apšu hibrīdu un 3 parastās apses kloni. Platība netika iežogota, līdz ar to konstatēti dzīvnieku bojājumi. Visvairāk no tiem cietuši stādījuma malējie koki, tomēr saglabāšanās ir 83%. Eksperimenta mērīšana un izvērtēšana veikta 13 gadu vecumā.

Eksperiments Nr. 64 ir ierīkots Ķeguma novadā Rembatē. Eksperiments ierīkots bijušā lauksaimniecības zemē 1998. gadā, pielietojot vienkoka parces, stādīšanas attālums 3×3 m - 1100 koki uz ha. Eksperimentā iekļauti 22 apšu hibrīdu kloni un 1 parastās apses triploīdais klons, bija arī papeļu kloni, bet tie ir aizgājuši bojā. Kloni eksperimentā pārstāvēti ar dažādu koku skaitu (8 līdz 14), jo daļa ir gājusi bojā 2003. gada pavasarī kūlas ugunsgrēkā. Eksperimenta mērīšana veikta 8, 12 un 15 gadu vecumā.

Eksperiments Nr. 65 ir ierīkots 2000. gadā Auces novadā Ukros, 25 koku bloku parcelēs (5x5 koki parcelē), stādīšanas attālums 3x3 m - 1100 koku uz ha. Stādījumā ir 10 hibrīdās, 6 parastās apses un 2 triploīdie parastās apses kloni. Platība tikusi iežogota, tomēr žogs kā aizsargs kalpojās tikai dažus gadus. Dzīvnieku bojājumi galvenokārt konstatēti parastajai apsei un tās triploīdajai formai. Tas skaidrojams ar apšu hibrīdu sasniegtajiem lielajiem izmēriem, kuri tās pasargājuši no būtiskiem stirnu radītājiem bojājumiem. Eksperimenta mērīšana un izvērtēšana veikta 8, 10 un 12 gadu vecumā.

Eksperimentos mērīts katra koka augstums m un caurmērs mm, uzskaitīti „padēli”. Vizuāli novērtēts stumbra taisnums, zaru resnums un to leņķis attiecībā pret stumbru 3 ballēs salīdzinājumā ar līdzīgu dimensiju kokiem tā paša eksperimenta ietvaros.

Zaru resnums novērtēts 3 ballu skalā: 1 - tievi zari, 2 - vidēji zari, 3 - resni zari, zaru leņķis 3 ballu skalā, kur 1- zaru leņķis ~90° pret stumbra asi, 2- zaru leņķis 75- 85° pret stumbra asi, 3- zaru leņķis mazāks par 75° pret stumbra asi, savukārt stumbra taisnums - 3 ballu skalā, kur 1- pilnīgi taisns, 2- ar vienu līkumu, 3 – ar diviem vai vairāk līkumiem, par līkumu uzskatot tādu stumbra izliekumu, kura maksimālā novirze no stumbra iedomātās ass līnijas ir vismaz 5 cm, kā arī uzskaitīti slimību un dzīvnieku bojājumi.

Stumbra tilpuma aprēķināšanai izmantoti I. Liepas izstrādātais vienādojums parastajai apsei (Liepa, 1996).

$$v = \psi * L^{\alpha} * d^{\beta} * L + \varphi \quad (1)$$

kur:

v – stumbra tilpums, m<sup>3</sup>;

L – stumbra garums, m;

d – caurmērs krūšaugstumā (1,3 m), cm;

$\psi$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\varphi$  no koku sugas atkarīgi koeficienti;

$\psi = 0,5020 * 10^{-4}$ ,  $\alpha = 0,92625$ ,  $\beta = 0,0221$ ,  $\varphi = 1,95538$ .

Katra apšu hibrīda klona krāju uz hektāra aprēķināja summējot konkrētā klona stumbra tilpumus katrā parcelē un attiecinot to uz visu parces platību, pēc tam izsakot uz hektāra, tādējādi aprēķinos tiek ietverta arī klona saglabāšanās. Vidējo produktivitāti aprēķina iegūto krāju uz ha dalot ar eksperimenta vecumu mērīšanas brīdī.

Apšu hibrīdu klonu pārbaužu stādījumos kvalitātes pazīmes kā stumbra taisnums, zaru resnums un lenķis raksturo ar atlasē (pēc noteiktām pazīmēm izvēlēto koku kopas) pārākumu, vienkāršoti var raksturot ar selekcijas starpību, ko aprēķina:

$$S_{\%} = ((x_{izl.} - x_{visi}) * x_{visi}^{-1}) * 100, \quad (2)$$

kur:

$S_{\%}$  – selekcijas starpība, %;

$x_{izl.}$  – pazīmes vidējā vērtība izlases grupā;

$x_{visi}$  – pazīmes vidējā vērtība eksperimentā.

$$S_{\%} = ((C - A) * A^{-1}) * 100, \quad (3)$$

A – pazīmes vidējā vērtība bāzes populācijā,

C – pazīmes vidējā vērtība izlases populācijā.

Saskaņā ar šo formulu (2) var aprēķināt arī katra klona novirzi no eksperimenta vidējās vērtības pēc attiecīgās pazīmes. Selekcijas starpību var izteikt procentos vai arī saglabāt tādās mērvienībās, kādās tiek klasificēta attiecīgā pazīme.

Selekcijas starpības aprēķināšanai ir būtiski noteikt precīzas klonu vidējās vērtības pēc attiecīgās pazīmes eksperimentā. Īpaši, ja atkārtojumu skaits ir neliels, vai kloni tajos pārstāvēti ar atšķirīgu rametu skaitu, vienkārša aritmētiskā vidējā vērtība no attiecīgā klona rametiem visā eksperimentā būs neprecīza: piemēram, klonam, kam lielākais skaits rametu atkārtojumā ar labākajiem augsnes apstākļiem, vienkārši noteikta vidējā vērtība būs pārāk augsta. Precīzāku rezultātu iespējams iegūt, aprēķinot vidējo vērtību katrā atkārtojumā un no tām vidējo vērtību eksperimentā. Pēc līdzīga principa, koriģējot datus atbilstoši fiksēto faktoru (atkārtojuma, vides) ietekmei, tikai ar augstāku precizitāti, darbojas SAS PROC MIXED /solution funkcija, kura balstās uz BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) algoritmu un izmantota, aprēķinot katra klona selekcijas starpības šī pētījuma ietvaros.

Vērtējot klonu kvalitātes rādītājus, svarīgākās pazīmes ir atkarīgas no plānotā koksnes izmantošanas veida jeb plantācijas audzēšanas mērķa. Meža reproduktīvā materiāla ieguves avotu reģistrā reģistrēto klonu kvalitātes rādītāji ir atšķirīgi (3.19. tabula), kas apstiprina iepriekš teikto.

Apšu hibrīdu klonu kvalitātes vērtējums

MRMIA reģ. Nr.	Klona Nr.	Stumbra taisnums, ballēs		Zaru resnums, ballēs		Zaru leņķis, ballēs		Padēla varbūtība*
		x	S%	x	S%	x	S%	
6838000020	24	1,0	-49	1,0	-37	1,5	-20	0,44
6848000012	4	1,1	-39	1,4	-19	1,6	-2	0,33
6838000017	21	1,4	-33	1,4	-7	2,1	-3	0,52
6848000015	16	1,3	-27	1,7	4	1,7	-2	0,51
6837700004	28	1,6	-16	1,7	-6	1,8	-1	0,51
6838000022	26	1,6	-11	2,0	15	1,8	7	0,55
6838560017	15'95	1,2	-11	2,2	21	1,6	11	0,64
6838000024	30'95	1,2	-11	1,3	-27	1,4	-1	0,34
6838000018	22	2,0	-5	1,8	20	2,3	9	0,68
6838000025	40	1,8	-1	1,8	4	1,7	1	0,55
6838030004	44	1,8	0	1,0	-52	1,3	-16	0,47
6838000029	41	2,3	10	1,2	-20	1,9	-9	0,54
6838000016	16'95	1,6	13	1,8	1	1,4	3	0,55
6838000013	10	2,0	17	1,8	7	1,7	-1	0,55
6838000028	19	2,6	24	1,9	27	2,3	13	0,42
6838000023	30	2,6	24	1,9	27	2,3	13	0,37
6838560016	9	2,3	31	1,9	14	1,8	3	0,57
6848000021	25	2,7	60	1,5	-13	1,6	-2	0,64

\*padēls ir izteikts kā varbūtība

Stumbra taisnums ballēs ir no 2,7 līdz 1 un izrēķinātās selekcijas starpības ir no 60 līdz -49 % (3.19. tabula). Negatīva selekcijas starpība norāda, ka klons ir labāks nekā vidēji kloni eksperimentā.

Padēla varbūtība variē no 0.33 līdz 0.68. Tā norāda varbūtību, cik gadījumos no 100 iespējams klons veidos padēlu. Vismazākā varbūtība padēla veidošanā ir kloniem 4, 30, 30'95, bet atšķirības starp kloniem nav statistiski būtiskas ( $p < 0,05$ ).

Zāģbaļķu plantācijās svarīgi izvēlēties klonus, kuri ir ne tikai produktīvi, bet arī ar labu stumbra kvalitāti (taisni), tieviem zariem un platu zaru leņķi attiecībā pret stumbru, kā arī „padēlu” veido salīdzinoši retāk. Šādam audzēšanas mērķim vispiemērotākie ir kloni: 4, 24, 30'95, 44, 16, 28 un 21.

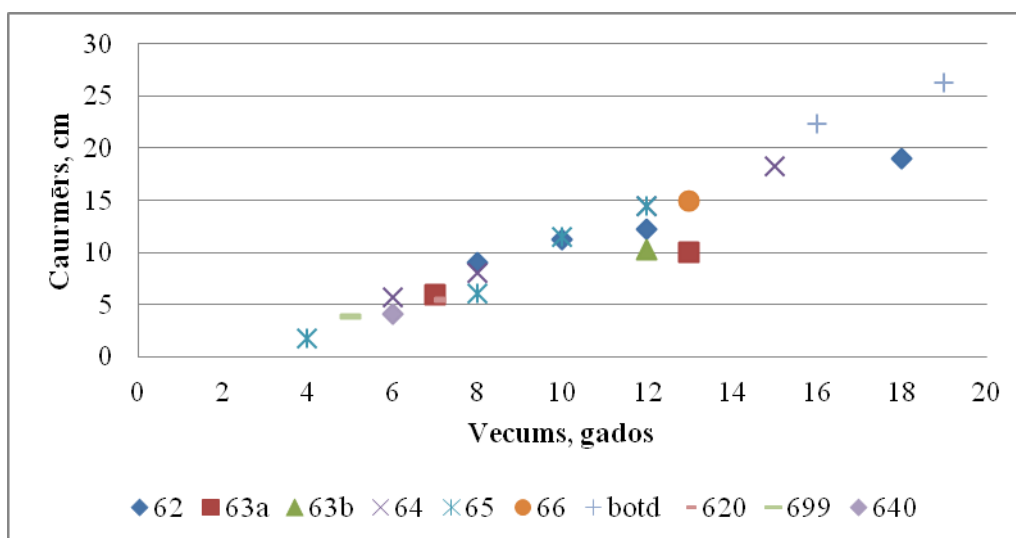
Enerģētiskās koksnes plantācijām nav tik svarīga stumbra un zarojuma kvalitāte, bet svarīgākais ir produktivitāte un piemērotākie enerģētiskās koksnes plantācijām ir kloni 25, 9, 10.

Lai raksturotu augšanas gaitu ir apkopotas apšu hibrīdu klonu eksperimentu vidējās stumbra caurmēra (3.8. attēls) un augstuma (3.9. attēls) izmaiņas dažādos vecumos. Tādējādi var salīdzināt dažādu eksperimentu augšanas gaitu. Klonu vidējie augstumi dažādos vecumos, parādīti no eksperimentu vidējiem datiem, kas minēti metodikā, un arī no 2007. līdz 2010. gadam ierīkoto eksperimentu (3.9. attēls). Papildus informāciju vēl var iegūt no neliela klonu izmēģinājuma stādījuma, kurš ierīkots 1993. gadā Salaspils botāniskajā dārzā, stādīts 3x5 metru izvietojumā. Diemžēl precīza shēma nav saglabājusies, līdz ar to mērījumu rezultātus var izmantot vispārējas produktivitātes noteikšanai.

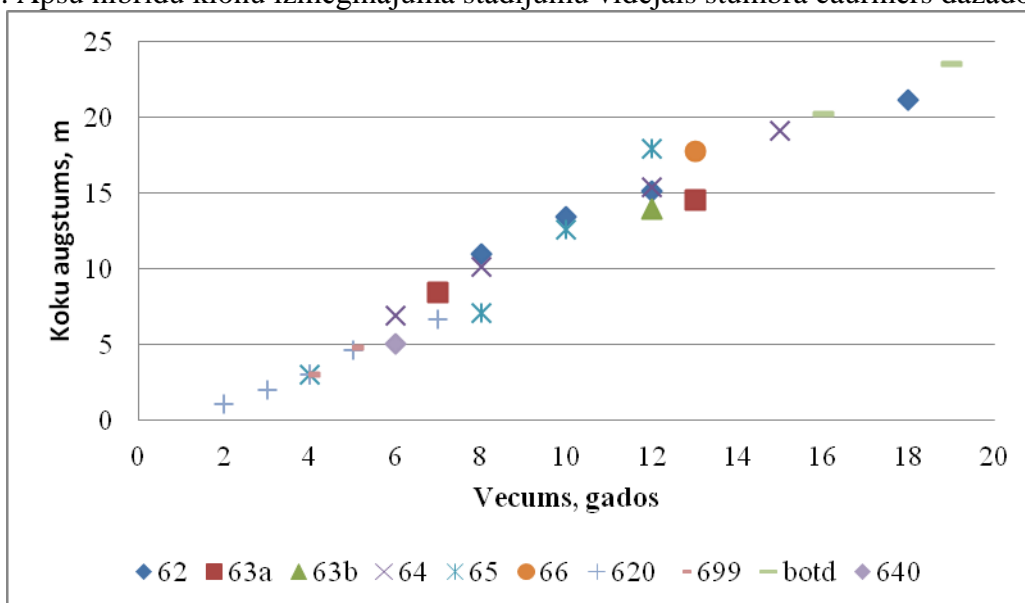
Deviņpadsmit gadu vecumā vidējais stumbra caurmērs ir lielāks par 25 cm (3.8. attēls). Eksperimentiem Nr. 62, 63a, 63b sākotnējais biežums ir 2500 koku uz ha un redzams, ka to stumbra caurmērs ir mazāks vienādā vecumā nekā eksperimentos, kas ierīkoti ar sākotnējo biežumu 1100 koku uz ha. Tas norāda uz novēlotu kopšanu, paaugstinātas biežības stādījumos pirmo kopšanas cirti jāveic jau 10 gados (3.8. attēls). Līdzīga situācija veidojas arī ar koku augstumiem (3.9. attēls). Līdz ar to šo eksperimentu dati nav korekti izmantojami, lai raksturotu klonu augšanas gaitu, jo katra klona reakcija uz konkurences apstākļiem un kopšanas cirti ir atšķirīga.

Analizējot apšu hibrīdu koku augstumu un stumbra caurmēru attīstību dažādos vecumos un dažādos eksperimentos, un līdz ar to arī atšķirīgos klimatiskajos un augsnes apstākļos, var apgalvot, ka apšu hibrīdu klonu stumbra dimensijas līdz 20 gadu vecumam vidēji sasniegs - stumbra caurmēru virs 25 cm (3.8. attēls) un augstums ap 24 m (3.9. attēls). Līdz ar to pieņemot, ka vidēji plantācijā 20 gadu vecumā varētu būt saglabājušies ~600 koki uz ha un pēc augstuma un caurmēra datiem vidējais stumbra tilpums būtu ~ 0.57 m<sup>3</sup> un no viena ha teorētiski var nocirst ap 342 m<sup>3</sup> lietkoksnes. Vidējā produktivitāte 17 m<sup>3</sup>/gadā. Līdzīga

produktivitāte un stumbra caurmēri, un augstumi iegūti zviedru veiktajos pētījumos par apšu hibrīdu produktivitāti (Rytter, Stener, 2005<sup>13</sup>).



3.8. attēls. Apšu hibrīdu klonu izmēģinājuma stādījumu vidējais stumbra caurmērs dažādos vecumos



3.9. attēls. Apšu hibrīdu klonu izmēģinājuma stādījumu vidējais koku augstums metros dažādos vecumos

Jāturpina mērījumi visos apšu hibrīdu eksperimentos, lai noskaidrotu, vai kloni jaunākajos stādījumos aug līdzīgi kā vecākajos, vai ir atšķirības augšanas tempā. Iegūtā informācija palīdzēs precīzāk noteikt iespējamo apšu hibrīdu klonu vidējo produktivitāti salīdzinot dažāda vecuma stādījumus un prognozēt iespējamo krāju ciršanas vecumā.

Apšu hibrīdu kloniem šobrīd nav iespējams noteikt vidējo produktivitāti ciršanas vecumā, jo vecākie klonu izmēģinājuma stādījumi ir 18 gadus veci. Izvērtējot apšu hibrīdu klonu izmēģinājuma stādījumu (Nr. 62, 63, 64, 65) rezultātus ir iespējams aprēķināt daļai klonu vidējo produktivitāti līdz 18 gadu vecumam. Klonu vidējās produktivitātes aprēķināšanas procesā saskārāmies ar problēmām, jo šajos eksperimentos ir ļoti atšķirīgs klonu un saglabājušos koku skaits, kā arī atkārtojumu skaits, un atšķirīga sākotnējā biežība, kas sarežģī klonu novērtēšanu. Eksperimenti ierīkoti divos variantos 2500 koku uz ha (2x2 m izvietojumā) un 1100 koku uz ha (3x3 m izvietojumā). Tāpēc iegūtos rezultātus tieši nav iespējams salīdzināt un arī uz esošās eksperimentu mērījumu bāzes nebija iespējams izstrādāt korektu algoritmu, lai novērstu dažādu stādīšanas attālumu ietekmi uz vidējo produktivitāti.

Eksperimentos, kas ierīkoti ar sākotnējo biežumu 2500 koku uz ha, kopšanas cirte bija novēlota. Uz to norāda tas, ka 10 un 12 gadu vecumā klonu produktivitāte praktiski nemainās, jo koku vainagi ir saslēgušies un stipras konkurences rezultātā vidējā produktivitāte nemainās vai pat samazinās. Kopšanas

<sup>13</sup> Rytter, L., Stener, L-G. (2005) Productivity and thinning effects in hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. Tremuloides* Michx.) stands in southern Sweden. Forestry. vol. 78, No. 3: 285-295.

cirte veikta 12 gadu vecumā un tas atstāj arī zināmu ietekmi uz klonu produktivitāti 18 gadu vecumā. Tāpēc korektāk klonu produktivitāti vērtēt pēc eksperimentiem, kuru sākotnējais biežums ir 1100 koku uz ha, kas arī ir rekomendējama maksimālā koku skaits zāģbaļķu plantācijai.

3.20. tabula

Apšu hibrīdu klonu vidējā produktivitāte atkarībā no sākotnējās biežības

MRMIA reģ. Nr.	Klona Nr.	Sākotnējais biežums 1100 koku/ha					Sākotnējais biežums 2500 koku/ha		
		Vidējais pieaugums m <sup>3</sup> /gadā					Vidējais pieaugums m <sup>3</sup> /gadā		
		8.g.	10.g.	12.g.	13.g.	15.g.	10.g.	12.g.	18.g.
6848000012	4	4	11	13		17	26	25	28
6838560016	9	3		8		15	23	23	34
6838000013	10	6		12		18	23	24	26
6848000015	16	8		16		24	21	21	25
6838000028	19						22	21	25
6838000018	22						15	16	25
6838000020	24	5		11		17	13	12	15
6848000021	25	4	10	12	13	19	12	11	14
6838000022	26	3	6	10		14	12	10	8
6837700004	28	2	8	12			15	15	17
6838000023	30						21	22	25
6838000025	40	5	8	12		13	5	6	6
6838000029	41						25	23	29
6838030004	44	4	14	23					
6838560017	15`95	5		11		17			
6838000016	16`95	4		8		11			
6838000024	30`95	5		10		15			
	Vid.	4±0.7	8±2.2	11±1.4	14±2.5	15±1.4	15±2.5	16±2.4	20±2.8

Kloniem Nr. 86-15-06, 97-13-08, 105-23-06 un 130-13-07, kas reģistrēti Meža reproduktīvā materiāla ieguves avotu reģistrā, šobrīd nav iespējams korekti noteikt to vidējo produktivitāti. Šo klonu atlase veikta apšu hibrīdu klonu ģimeņu izmēģinājuma stādījumos, kas atrodas MPS Kalsnavas mežu masīvā, 40 gadu vecumā (Gailis, 2005<sup>14</sup>). Pēc vērtēšanas no labākajiem kloniem ievākti jaunie dzinumi un veikta to ievadīšana audu kultūrās un pēc tam ierīkoti pirmie klonu izmēģinājumu stādījumi, kā arī veikta šo klonu pārbaude rūpnieciskai pavairošanai ar mikrospraudeņu metodi. Klonu atlasei izmantoti rezultāti no ģimeņu un klonu izmēģinājuma stādījumiem.

Klons Nr. 130-13-07 (6838560015) – hibrīdo ģimeņu izmēģinājuma stādījumā Nr. 58 un Nr. 763. Eksperiments Nr. 58 ierīkots 1966. gadā un selekcijas starpības 40 gadu vecumā stumbra caurmēram ir 22%, koka augstumam ir 13%, stumbra kvalitāte vidēji laba, nav konstatētas slimību un trupes pazīmes. Pavairošanas koeficients 1,39.

Klons Nr. 97-13-08 (6838560013) – hibrīdo ģimeņu izmēģinājuma stādījumā Nr. 58, Nr. 763, Nr. 764 un Nr. 765. Eksperiments Nr. 58 ierīkots 1966. gadā un selekcijas starpības 40 gadu vecumā stumbra caurmēram ir 22%, koka augstumam ir 7%, stumbra kvalitāte ir vidēji laba, nav konstatētas slimību un trupes pazīmes un tas atbilst pluskokiem izvirzītajām prasībām. Pavairošanas koeficients 1,51.

Klons Nr. 86-15-06 (6838560012) – hibrīdo ģimeņu izmēģinājuma stādījumā Nr. 58, Nr. 741, Nr. 744, Nr. 745, Nr. 763, Nr. 764 un Nr. 765. Eksperiments Nr. 58 ierīkots 1966. gadā un selekcijas starpības 40 gadu vecumā stumbra caurmēram ir 33%, koka augstumam ir 6%, stumbra un zarojuma kvalitāte ir laba, nav konstatētas slimību un trupes pazīmes un tas atbilst pluskokiem izvirzītajām prasībām. Pavairošanas koeficients 1,82.

Klons Nr. 105-23-06 (6838560014) – hibrīdo ģimeņu izmēģinājuma stādījumā Nr. 60 un Nr. 763. Eksperiments Nr. 60 ierīkots 1975. gadā un selekcijas starpības 30 gadu vecumā stumbra caurmēram ir 54%, koka augstumam ir 14%, stumbra un zarojuma kvalitāte laba, nav konstatētas slimību un trupes pazīmes un tas atbilst pluskokiem izvirzītajām prasībām. Pavairošanas koeficients 1,67.

<sup>14</sup> Gailis, A. (2005) Apses selekcijas pētījumi kvalitatīvas koksnes izaudzēšanai: līgumdarba atskaite. LVMI „Silava”, Salaspils, 27 lpp.

No Meža reproduktīvā materiāla ieguves avotu reģistra būtu nepieciešams izslēgt klonus Nr. 2 (6838000027), 13 (6838000014), 21 (6838000017), 26 (6838000022), 40 (6838000025), 16'95 (6838000016).

Rūpnieciskai pavairošanai rekomendējam apšu hibrīdu klonus Nr. 4 (6848000012), 16 (6848000015), 25 (6848000021), 44 (6838030004), 19 (6838000028), 15'95 (6838560017), 105-23-06 (6838560014), 86-15-06 (6838560012), 97-13-08 (6838560013), 130-13-07 (6838560015).

### 3.14. Pēcnācēju pārbaužu stādījumu ierīkošana un stādāmā materiāla audzēšana

2013. gada pavasarī Zinātniskās izpētes mežos - Auces mežu novadā un Ķeguma novadā ierīkoti apses hibrīdu *P.tremuloides* x *P.tremula* klonu un ģimeņu eksperimentālie stādījumi. MPS Kalsnavas mežu novadā ierīkots melnalkšņa plantāciju pēcnācēju un melnalkšņa hibrīdu pārbaužu stādījums, un priedes sēkļu plantāciju un mežaudžu pēcnācēju pārbaužu stādījumi. Veikta stādījumu inventarizācija, shēmu pārbaude, precizēšana un datorizēta apstrāde. Stādījumi reģistrēti LVMI „Silava” Ilglaicīgo izmēģinājumu reģistrā.

3.21. tabula

2013. gadā ierīkoti pēcnācēju pārbaužu stādījumi

Eksperimenta Nr.	Suga, stādīšanas shēma	Kopējā platība, ha	Stādi kopā, gab.	Kalsnavas mežu novads	Auces mežu novads	Ķeguma nov. Rembate
300320000805	Apšu hibrīdi, ietvarstādi (vienkoku parceles)	1,89	2100		114. kv. 51. nog.	
300320000806	Apšu hibrīdi, kailsakņi (vienkoku parceles)	0,91	1015		114. kv. 21. nog.	
300320000815	Apšu hibrīdi, kailsakņi (rindu parceles)	0,72	795		114. kv. 20. nog.	
300320000808	Apšu hibrīdi, (bloku parceles)	1,98	2975			„Vecrumbas” 1.kv. 5. nog.
300320000809	Apšu hibrīdi, (bloku parceles)	0,1	330			„Vecrumbas” 1.kv. 21. nog.
300320000810	Apšu hibrīdi, ietvarstādi (vienkoku parceles)	1,83	2030			„Vecrumbas” 1.kv. 9. nog.
300320000811	Apšu hibrīdi, ietvarstādi (vienkoku parceles)	0,09	900			„Vecrumbas” 1.kv. 12. nog.
300320000812	Apšu hibrīdi, kailsakņi (rindu parceles)	0,74	1648			„Vecrumbas” 1.kv. 9. nog.
300320000813	Apšu hibrīdi, ietvarstādi (rindu parceles)	0,39	431			„Vecrumbas” 1.kv. 9. nog.
300310000814	Apšu hibrīdi, vienlaidus stādījums	0,48	805			„Vecrumbas” 1.kv. 16.; 17. nog.
	Apšu hibrīdi kopā:	9,13	13029			
300320000824	Melnalksnis, alkšņa hibrīdi (bloku parceles)	0,35	350	174. kv. 3. nog.		
300320000828	Melnalksnis, alkšņa hibrīdi (rindu parceles)	0,45	850	174. kv. 3. nog.		
	Melnalksnis, alkšņa hibrīdi kopā:	0,8	1200	174. kv. 3.nog.		
300320000825	P (vienkoku parceles)	2,6	5640	173. kv. 1. nog.		
300320000826	P (bloku parceles)	8,3	18240	173. kv. 1. nog.		
300320000827	P (rindu parceles)	3,5	7450	173. kv. 1. nog.		
	Priede kopā:	14,4	31330			



## 4. Meža koku sugu veģetatīvās pavairošanas metožu izpēte un pilnveidošana

### 4.1. Augstvērtīgu parastās egles klonu pavairošanas iespēju izpēte ar somatiskās embriogēzes metodi

2013. gadā tiek turpināta somatiskās embriogēzes (SE) veģetatīvās pavairošanas metodes apguve, pētījumos izmantojot Latvijas labāko egļu klonu sēklas. Kā norādīts 2012. gada starpatskaitē, SE ir daudzpakāpju fizioloģisks attīstības process, kur no abu vecākaugu ģenētisko informāciju saturoša sēklas embrija (tas ir zigotisks) *in vitro* apstākļos ar dažādu grupu augšanas regulatoru palīdzību tiek iegūtas reproducēties un reģenerēties spējīgas somatiskas šūnas, kas rezultātā formē sākotnējam iegūtajam zigotiskajam embrijam ģenētiski un morfoloģiski analogu dīgtspējīgu struktūru (Park Y.S. et al, 2003.<sup>15</sup>). Tas nozīmē, ka teorētiski no vienas sēklas dīgļa ir iespējams iegūt neierobežotu skaitu ģenētiski identisku augu. SE ir viena no jaunākajām veģetatīvās pavairošanas metodēm, kas tiek izmantota augu fizioloģijā dažādu sēklas attīstības (embriogēzes) posmu izpētē, tajā skaitā embriogēzes laikā notiekošās programmētās šūnu nāves (von Arnold Sara et al, 2002.<sup>16</sup>) un šī procesa laikā notiekošās šūnu hormonālās regulācijas izpētē, kultūraugu un meža selekcijā vērtīga izejmateriāla un kontrolēto krustojumu pavairošanā, cik šobrīd atļauj metodes attīstība. Vispilnīgāk šo veģetatīvās pavairošanas metodi izmanto dažādu lauksaimnieciski nozīmīgu sugu pavairošanā. Kā piemēru var minēt kafiju un citrusaugļus Centrālamerikā (Etienne H. et al, 2010<sup>17</sup>; Ducos J.P. et al, 2010<sup>18</sup>). Kafijas sugām *Coffea arabica*, *C. robusta* metode izstrādāta ļoti pilnīgi, pateicoties koncerna Nestle pētniecībā ieguldītajiem līdzekļiem. No mežsaimniecībā nozīmīgām sugām Austrumāzijā šādi pavairo tulpju koku (*Liriodendron tulipifera*) (Kim Y.W. et al, 2010.<sup>19</sup>). Pēdējo dažu gadu laikā Dienvidaustrumāzijā lieli resursi tiek ieguldīti metodes piemērošanai rūpnieciskām vajadzībām, lai masveidā pavairotu eļļas palmas (*Elaeis guineensis*) labākos klonus (Kang H.M. et al, 2010.<sup>20</sup>).

Ar SE metodi ir mēģināts pavairot aptuveni 40 kailsēkļu sugas, kas pieder piecām ģintīm: *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Larix*, *Pseudotsuga*. Visvairāk resursu un zinātniskā potenciāla ir ieguldīts parastās un Kanādas egles izpētē, jo tām, salīdzinot ar citām skujkoku sugām, ir vislielākā nozīme pasaules mežsaimniecībā. Kanādas egles, parastās egles, parastās un Veimuta priedes rūpnieciskai pavairošanai metode nelielos apjomos tiek izmantota Kanādā, šādi gadā pavairo aptuveni 100 000 egļu un vēl pavisam nedaudz priežu. Parastās priedes pavairošana ar SE metodi joprojām ir viens no pasaules „top” līmeņa pētījumiem augu fizioloģijā, rezultāti liek vēlēties augstāku kvalitāti gan embriogēzes etapos, gan reģenerēto augu apsākšanā un aklimatizācijā dabiskos apstākļos. Zviedrijas Mežzinātnes institūta Ekebo nodaļā redzētais klonu izmēģinājumu stādījums ir tālu no viedokļa, ko var uzskatīt par kvalitatīvu priedi. Visredzamākais defekts šiem kokiem ir plaģiotropiska augšana, kas, acīmredzot saglabājusies kā pēcietekme no augšanas laboratorijas traukos (skat. attēlus turpmāk ar SE iegūtajiem egļu dīgšiem, kas Petrī platēs atrodas guļus stāvoklī). Turpat blakus esošā SE egļu stādījumā šādu augšanu nenovēro. Pavairošanas apstākļu pēcietekmes pētījumi arī ir viens no jaunākajiem pētījumu virzieniem augu fizioloģijā, jo izrādās, ka augi spēj atcerēties ne tikai to orientāciju telpā, veģetācijas traukā, bet pat

<sup>15</sup> Park Y.S., Industrial implementation of Multi Varietal Forestry for Spruces in New Brunswick, Canada (presentation, ypark@nrcan.gc.ca).

<sup>16</sup> von Arnold S. et al, Developmental pathways of somatic embryogenesis, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2002, 69:233-249.

<sup>17</sup> Etienne H. et al, Current applications of Coffee SE for industrial Propagation, Advances in somatic embryogenesis of trees and its application for the future forests and plantations, 2010, IUFRO Working Party 2.09.02:54.

<sup>18</sup> Ducos J.P. et al, Coffee propagation by somatic embryogenesis at Nestle R&d Centre, Advances in somatic embryogenesis of trees and its application for the future forests and plantations, 2010, IUFRO Working Party 2.09.02:56.

<sup>19</sup> Kim Y.W. et al, Initiation of embryogenic mass from full-sib seeds, somatic embryogenesis and plant production in *Liriodendron tulipifera*, Advances in somatic embryogenesis of trees and its application for the future forests and plantations, 2010, IUFRO Working Party 2.09.02:35.

<sup>20</sup> Kang H.M. et al, Development of mass reproduction technology of selected oil palm clones through somatic embryogenesis, Advances in somatic embryogenesis of trees and its application for the future forests and plantations, 2010, IUFRO Working Party 2.09.02:59.

augstāku vai zemāku temperatūru vidē, kur tie uzsāk attīstību. Ar SE metodi pavairotu jebkuru skujkoku aklimatizācija *in vivo* vairāk vai mazāk ir viena no šīs metodes problēmām. Ja arī iegūtie dīgsti veiksmīgi apsakņojas, jaunie augi attīstās daudz lēnāk kā sējeņi, kas gan nav problēma mātesaugu stādījumu ierīkošanai, lai augus izmantotu citām veģetatīvās pavairošanas metodēm plantāciju ierīkošanai.

Somatiskās embriogēzes metodes priekšrocības:

1. process ir klimatisko faktoru un gadalaiku maiņas neietekmēts;
2. iespējams iegūt milzīgu skaitu ģenētiski identisku kopiju no vienas sēklas nosacīti īsā laikā;
3. pavairotie augi ir praktiski veseli no fitosanitārā viedokļa;
4. iegūtais materiāls ir juvenilizēts;
5. iespējams risināt genofonda saglabāšanas problēmas, embriogēzes etapos ietverot dziļās saldēšanas metodi (kriosaglabāšanu);
6. iespējams izstrādāt mākslīgo sēklu tehnoloģiju;
7. ģenētiskais ieguvums no šāda reproduktīvā materiāla – 6%, salīdzinājumā ar sēklu plantāciju pēcnācējiem (vērtējums 10 gadu vecumā, JD Irwing Limited, Kanāda).

Metodei eksistē arī virkne zinātniski neatrisinātu problēmu, kas kavē plašu tās pielietojanu:

1. zinātnei vēl nav pilnīgi skaidri tie fizioloģiskie un molekulārbioloģiskie mehānismi, kas kontrolē šūnu diferenciaciju embriogēzes gaitā;
2. atsevišķām augu sugām, pasugām, šķirnēm, kloniem, pat viena koka divām dažādām sēklām ir dažāds embriogēno šūnu indukcijas līmenis;
3. embriju nobriešanas fāze ir asinhrona;
4. nav skaidri zināma minimālā mitruma robeža nobriešanas fāzē, tāpat atšķiras viedokļi par desikācijas fāzes iekļaušanu un tās ilgumu;
5. liels iegūto embriju atbirums dīgšanas fāzē, kroplīgu sakņu veidošanās vai neveidošanās vispār;
6. liels atbirums reģenerētos augus pārstādot audzēšanas substrātā.

Ar SE metodes adaptāciju un attīstīšanu Latvijas labāko brīvapputes egļu kloniem Augu fizioloģijas laboratorija nodarbojas kopš 2008. gada, kad tika veikti pirmie priekšmēģinājumi iniciēt embriogēzi un iegūt augus, kas, protams, neizdevās pilnīgi. LVMI Silava zinātnisko darbu plānos SE ir ietverta kopš 2010. gada. Metode tiek attīstīta vadoties pēc Kanādas Meža dienesta Kompetences centrā izstrādātās SE metodikas Kanādas eglei *Picea glauca* un daļēja Zviedrijas Mežzinātnes institūta Somatiskās embriogēzes laboratorijas izstrādātā protokola pielietojanas. Pieredze liecina, ka precīzi pielietojams nav ne viens, ne otrs protokols, jo kanādiešu zinātnieku metodika lietojama Kanādas vietējās sugas pavairošanai, bet parastajai eglei pilnīgi visos SE etapos tas labus rezultātus nedod. Zviedrijas laboratorijās tiek izmantots Sara von Arnolds izstrādāts protokols (von Arnolds et al., 2005<sup>21</sup>), kas šeit minētajā literatūras avotā pieejams tikai fragmentāri. Tas ir patentēts, pamatā tiek izmantots zinātnisku pētījumu nodrošināšanai ar embriogēnu audu materiālu. Ir dati (personīgi kontakti: S. Carlsson, T. Aronen), ka uz Upsalas un Umeo Universitāšu bāzes ir centieni attīstīt rūpniecisku SE metodes pielietojanu.

Laboratorijā uzņemtajos fotoattēlos ir uzrādītas visas somatiskās embriogēzes attīstības fāzes, sākot no izpreparēta dīgļa, kas novietots uz barotnes, un beidzot ar jaunreģenerētiem augiem (4.1. līdz 4.7. attēls).



4.1.4.1. attēls. Iniciācijas fāze, tikko izpreparēts sēklas zigotisks embrijs

<sup>21</sup> von Arnold S. et al, Propagation of Norway Spruce via somatic embryogenesis, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2005, 81:323-329.



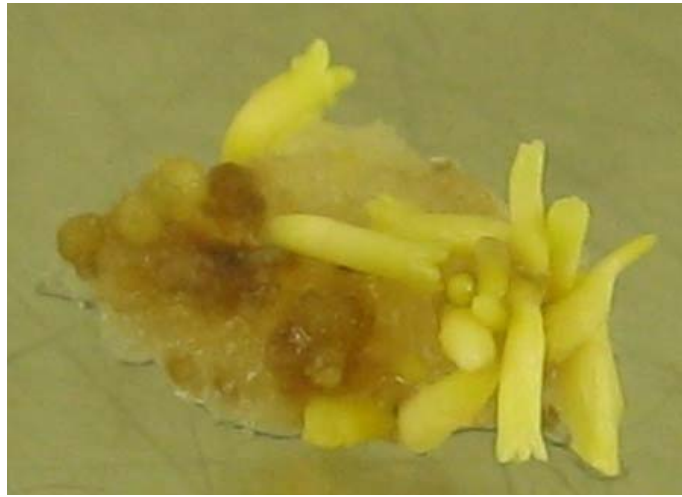
4.2.4.2. attēls. Iniciācijas fāze, dīglis uz hormonālas barotnes, 3. kalendārā nedēļā



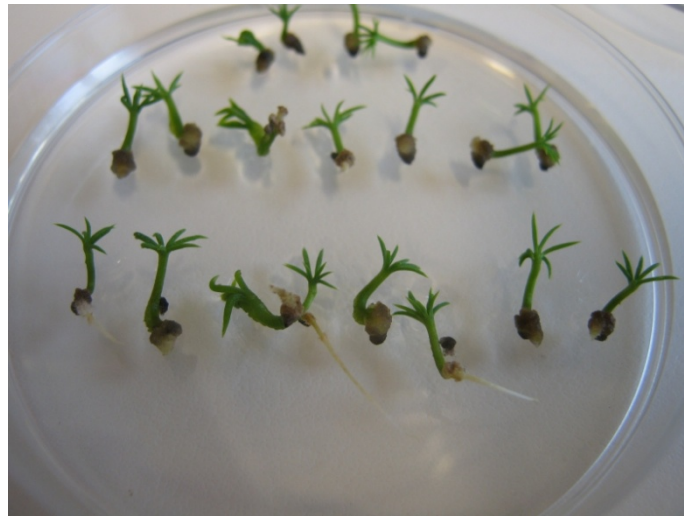
4.3.4.3. attēls. Proliferācijas fāzes sākums, 6. kalendārā nedēļā, iezīmētajās vietās eksplantam sākas gaišo, embriogēno audu attīstība, kurus turpmākā gada laikā iespējams savairot teorētiski neierobežotā daudzumā, proliferēšanas potenciāls atkarībā no šūnu līnijas ģenētiskajām īpašībām saglabājas 1 – 1,5 gadus



4.4.4.4. attēls. Proliferācijas fāze, 7. nedēļā, embriogēno audu mikroskopijas attēls, kurā skaidri saskatāmas proembriotiskās šūnas (jauna embrija aizmetnis), proembriotisko šūnu veidošanās kallusa masā notiek nevienmērīgi, mikroskopējot ir novērojamas dažādas attīstības stadijas



4.5. attēls. Nobriešanas fāze, redzami daļēji attīstījušies embriji



4.6. attēls. Dīģšanas fāze, sakņu veidošanās



4.7. attēls. 2 gadus veci ar SE metodi iegūti parastās egles stādi

Pēc Kanādas Meža Dienesta vadošā pētnieka Dr. Y.S.Park (personīgi kontakti) un Kanādas Viktorijas Universitātes pētnieka Dr. P.von Aderkas (von Aderkas P. et al, 2010<sup>22</sup>) datiem, jebkura parastās egles šūnu līnija praksē ir vairojama un reģenerējama apmēram 8-15 mēnešus, atkarībā no līnijas ģenētiskajām īpašībām. Ir tādas līnijas (Augu fizioloģijas laboratorijas praksē tāda varētu būt vietējā šūnu līnija:

<sup>22</sup> von Aderkas P. et al, A novel method of cryopreservation without a cryoprotectant for immature somatic embryos of conifer, Plant Cell and Organ Culture ( Online published 12 December 2010).

LV/Svente I:22:1), kas iedzimto īpašību rezultātā dīgļus veido tikai 2-3 mēnešus pēc nostabilizēšanas kultūrā, kā arī tādas, kas šo spēju nepārtrauktas kultivēšanas apstākļos saglabā ilgstoši (šādas līnijas piemērs varēt būt LV/Suntaži 10:1, kas tendenci veidot dīgļus uzrāda jau četrus gadus). Taču, lai pamatoti varētu spriest par dažādu šūnu līniju spējām veidot dīgļus, ir nepieciešamas prasmes iegūt pietiekami lielu skaitu dažādas izcelsmes šūnu līniju vienlaicīgi un jāveic turpmāki izmēģinājumi, kas noskaidro tieši šo procesu.

No Zviedrijas izcelsmes šūnu līnijām genotipu SE09:52:03 izdevies saglabāt, jo gan 2011. gan 2013. gadā no šīs līnijas embriogēnajiem audiem tika reģenerēti dīgļi, kas, savukārt, novietoti uz LVMI Silava izstrādātas embriogēno audu iniciācijas barotnes (SE pielietoto barotņu sastāvus skat. Mežzinātne, 15(48):60-67), atkārtoti veido kallusu. Izejot pavairošanas, nobriešanas fāzes, 2013. gada martā – aprīlī ir iegūti 1500 dīgļi. No tiem 500 tika iestādīti a/s Latvijas valsts meži Strenču kokaudzētavā, 1000 tika diedzēti un stādīti substrātā LVMI pieejamajā infrastruktūrā. Diemžēl jau trešo gadu pēc kārtas, tieši apsākšanas mēģinājumi ir neveiksmīgi. Ja laboratorijā no 1000 dīgļiem tika iegūti vismaz divdesmit augi, kas pašreiz pārziemo, tad Strenču kokaudzētavā nekāda apsākšanās nenotika. Nebūtu vainojami apsākšanās laikā nodrošinātie veģetācijas apstākļi (+22-+23<sup>0</sup>C, temperatūra, relatīvais gaisa mitrums apmēram 90%, marta nogales dabīgs apgaismojums veģetatīvai pavairošanai piemērotā siltumnīcā, kokaudzētavas piedāvātais substrāts skujkokiem pH5,6), bet gan kādas nepilnības barotņu kompozīcijā vai kādas neuztvertas niansētas detaļas darbu izpildes gaitā. Bez jau minētajiem SE protokoliem, eksistē vēl citi parastās egles SE attīstības posmus nodrošinoši protokoli, ko autori uzskata par pareiziem, bet ņemot vērā visai nelielās to atšķirības, kā arī laboratorijas darbu specifiku un etapu ilglaicīgumu (katrs no tiem aizņem vismaz 3 mēnešus, aklimatizācija 2 gadus), mūsu pētījumos tie vēl tikai tiks ietverti. No SE09:52:03 līnijas embriogēnajiem audiem dīgļi tiek reģenerēti arī atskaites tapšanas laikā.

Ļoti diskutabls ir jautājums par PEG (polietilēnglikols) pielietošanu nobriešanas barotnes osmotiskā līmeņa paaugstināšanai, bez kā dīgļi neveidojas vienmērīgi (Bozhkov P.V. et al, 1998<sup>23</sup>; Mala J. et al, 2009<sup>24</sup>). Bez PEG tie ir dažādās attīstības stadijās, jo arī embriogēno audu kopā jeb kallusā šūnas proliferē (savairojas) pakāpeniski. Šai vielai teorētiski būtu jānodrošina barotnes relatīvu osmotisku sausumu, kas nogalina nenobriedušas, par anatomiski pareiziem dīgļiem konvertēties nespējīgas šūnas, bet nobriedušās embriogēno audu šūnas „saprot”, ka iestājusies nākamā pakāpe attīstībā un par dīgļiem reģenerējas vienlaicīgi. Savukārt PEG pēcietekme izpaužas galvenās saknes augšanas bremsēšanā, saknes meristēmas kropļošanā vai pat atmiršanā. Šis ir viens no teorētiski iespējamajiem apsākšanas neveiksmju cēloņiem, kam jāmeklē risinājums turpmākā darbā. Pēc Dr Y.S.Park ieteikumiem (personīga sarakste), PEG nobriešanas barotnēs ir aizstājams ar trīskāršu saharozes līmeņa paaugstināšanu līdz 60 gramiem litrā, bet mūsu praksē 2013.gadā tas nekādus uzlabojumus nav devis, drīzāk otrādi. Arī šī problēma pētāma turpmāk, pie kam ar pietiekami lielu līniju skaitu, lai tas būtu korekti.

2012. gadā iegādāta un uzstādīta vakuumsfiltrēšanas iekārta, kas atvieglo embriogēno šūnu novietošanu uz barotnēm vienmērīgā plānā slānī. 300 mg kallusa tiek šķīdināti 15 ml pavairošanas barotnes šķīdumā želējošā aģenta (agars, fitogels, gelzans, gelrits), tad uzfiltrēti uz augstas caurlaidības filtrpapīra (piemēram: Watmann Nr.1) un ar visu filtrpapīru novietoti uz nobriešanas barotnes. Nelielā pieredze rāda, ka ne visas šūnu līnijas ir vienādi izturīgas pret mehāniskajām manipulācijām šķīdināšanas un filtrācijas laikā, tādēļ paralēli vakuumsfiltrētajām šūnām, tiek novērota arī veselu šūnu kopu nobriešana. 2013. gadā turpinājām pilnveidot vakuumsfiltrācijas tehnisko izpildījumu, kam nenoliedzami ir viena no izšķirošākajām nozīmēm tajā, vai izskalo, izfiltrē, nosusinātā šūnu masa sāks diferenciāciju par dīgļiem. Turpmāk atskaitē tiks norādīti kritēriji, pēc kuriem būtu jāvērtē embriogēno audu kultivēšanas lietderība, viena no kvalitatīva kallusa pazīmēm ir irdenums. Šo pazīmi iespējams izvērtēt tikai šķīdināšanas un filtrācijas laikā. Kvalitatīvs kallus izirst sagatavotajā filtrācijas šķīdumā, tas vienmērīgi noklājas uz filtrpapīra.

2013. gadā turpinājām pētīt nobriešanas procesu, starp šūnu pavairošanas un nobriešanas barotnēm ieviesām laika izteiksmē nedēļu ilgu starpposmu. Tā ir barotne, kas nesatur pavairošanai nepieciešamos hormonus, ļauj šūnu dalīšanās procesam palēnināties vai vispār apstāties. Šajā barotnē ir tieši tās pašas barības vielas, kas pavairošanas barotnē, bet tā kā šūnām tās nav jāizmanto dalīšanās procesos, tās tiek akumulētas, šūnas labāk sagatavojas diferenciācijai. Šo niansi esam aizņēmušies no Upsalas universitātes Meža ģenētikas departamenta zinātnisko darbu protokoliem (Filonova L.H. et al, 2000.<sup>25</sup>), jo cenšamies

<sup>23</sup> Bozhkov P.V. et al, Polyethylene glycol promotes maturation but inhibits further development of *Picea abies* somatic embryos, *Physiologia Plantarum*, 1998, 104:211-224.

<sup>24</sup> Mala J. et al, Polyamines during Somatic embryo development in Norway spruce, *Journal of Forest Science*, 2009, 55:75-80

<sup>25</sup> Filonova L.H. et al, Two waves of programmed cell death occur during formation and development of somatic embryos in the gymnosperm, Norway spruce, *Journal of Cell Science*, 2000, 113:4399-4411.

rast risinājumu tiem gadījumiem, kad mikroskopiski pārbaudītas šūnas, kurām ir viss potenciāls reģenerācijai, novietotas uz nobriešanas barotnes atmirst.

Otra metode, kā pārtraukt šūnu dalīšanos pirms nobriešanas fāzes, ir to izskalošana ar bezhormonālu barības vielu šķīdumu tieši filtrācijas procesā. Tas varētu būt perspektīvi, bet ierobežotais novērojumu daudzums vēl neļauj to veikt ar pārliecību.

Trešais variants, lai risinātu nobriešanas problēmu, ir dīgļu veidošanās iniciētājhormona abscisskābes (ABA) lietošana paaugstinātā koncentrācijā (16 mg/l), kā tiek darīts strādājot ar Kanādas egli, bet mūsu pieredze liecina, ka Latvijas egles to neiztur. Ir tikai daži atsevišķi gadījumi, pie tam galīgi nesaistāmi un nesistematizējami, kad platēs barotnē ar šādu hormonu daudzumu, attīstās dīgli.

Zviedru protokols paredz zema hormonu satura barotnes nomaiņu ik pēc 14 dienām. Esam veikuši arī šādu nelielu izmēģinājumu ar Latvijas egļu šūnu līniju Svente D:25:1. Atskaites nodošanas laikā novērojama dīgļu diferenciēšanās, to vizuālais izskats zem 4x palielinājuma ir pareizs, bet korektus izmēģinājumus varēs veikt tad, kad embriogēno šūnu materiāls būs iegūstams pietiekošā daudzumā (masa) un dažādībā (šūnu līniju jeb genotipu skaits).

2013./2014. gadu mijā Augu fizioloģijas laboratorijā iniciācijas stadijā ir sekojošu klonu sēklas:

Svente F:19, Remte5/1915, Remte 7/1748, Remte 18/1832, Salaspils Botāniskais dārzs1. No katra klona ņemtas 50 sēklas, sterilizētas 96% etanolā un atbilstoši protokolam preparētas un novietotas uz iniciācijas barotnes pa 5 sēklām katrā Petrī platē.

Proliferējošas ir sekojošas Latvijas egļu šūnu līnijas jeb genotipi:

Tadaine 7059:1,7059:2,

Suntaži 10:1, Limbaži:1, SE52:03:13 (Zviedrija),

Svente D:2:1, D:16:1, D:16:2, D:25:1, D:25:2,

Svente F:3:1, F:6:1, F:9:1, F:9:2, F:9:2,F:9:3, F:9:6, F:10:1:13, F:11:1, F:23:1:13,

Remte 18/1832:3, 9/1919:1, 34/7001:1, 34/7001:2, 34/7001:3, 34/7001:4, 34/7001:5, 34/7001:6, 34/7001:7.

Uz dažādām nobriešanas barotņu kompozīcijām (tie ir priekšmēģinājumi, lai noteiktu aptuveni iespējamo pieļaujamo ABA daudzumu dīgļu attīstības laikā) atrodas 10 genotipu embriogēnie audi.

Ne visi genotipi būs piemēroti turpmākam darbam. Atlase kopš pagājušā gada tiek veikta pēc šādiem kritērijiem:

- proliferācijas temps: 150 mg embriogēno audu 7 dienu laikā ir jādubultoņas līdz 300 mg,
- proliferācija ir vienmērīga, tā nesvārstās no pasāžas pasāžā,
- audu masu apskatot mikroskopiski, jāredz dīgļu aizmetņi,
- audu masā nav neraksturīgi veidojumi, tā ir balta vai krēmkrāsā, „pūkaina” (audu kopai pieliekt pinceti vai skalpeli, tā ļoti viegli saspiežama), viegli šķīstoša filtrācijas laikā,
- 300 mg audu masa jāveido vismaz 100 dīgļu.

Ja pirmos četrus no nosauktajiem kvalitātes kritērijiem esam izpildījuši, tad izmēģinājumi, lai noteiktu atsevišķu genotipu „ražību” vēl nav veikti.

2013. gada 22. martā Strenču kokaudzētavā iestādīti kopā 1500 Svente F:14:1=1000 augi.

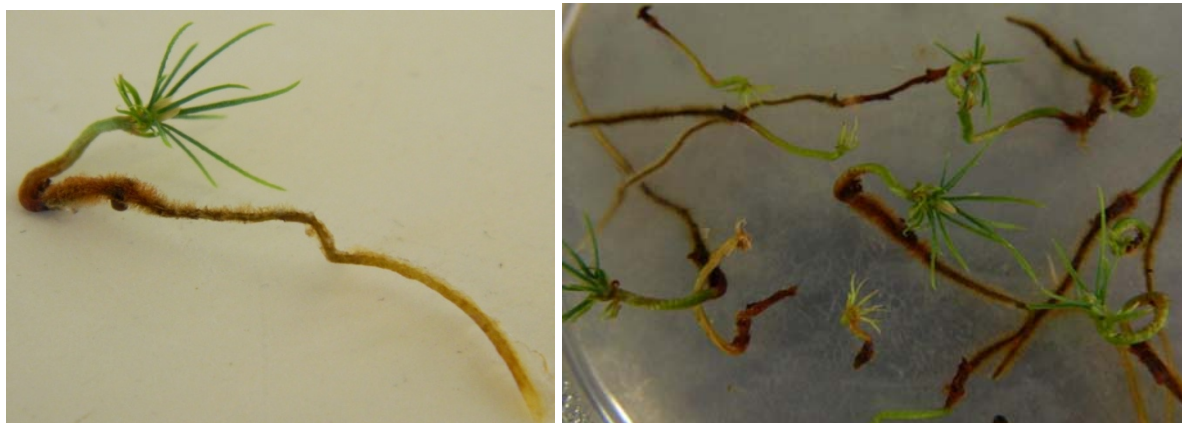
Diedzējot no glītiem anatomiski pareiziem dīgļiem sāka veidoties augi ar dažādām anomālijām.

Bez minētajiem genotipiem, 2013. gada pavasarī/ vasarā ievākti vēl sekojošu Latvijas egļu šūnu līniju embriji/dīgli:

Svente F:14:1=230, F:23:1=130, Svente F:9:1=120, Svente F:9:3=80, Svente F:9:6=270, Svente F:11:1=1300, Svente F:10:1=720, Svente I:22:1=100, Bot.d.=50, SE 52:03=900.

No diedzētajiem un iestādītajiem aptuveni 2000 dīgļiem nav izdzīvojušu, izņemot 20 Svente I:22:1 līnijas augus (4.8. attēls), pēc tam, kad pēc sakņu parādīšanās dažas plates ar dīgļiem uz 2 mēnešiem ievietotas ledusskapī +4°C temperatūrā. Šie augi pašreiz pārziemo.

Aptuveni 1000 dīgļu pēc sakņu parādīšanās uz divām dažādām diedzēšanas barotnēm, pašreiz ir ievietoti +4°C, kur atradīsies vismaz 3 mēnešus, ar domu, ka augi iziet otrreizēju miera periodu un tas varētu sekmēt sakņošanu.



4.8. attēls. Klona Svente I:22:1 apsakņotie augi

#### Secinājumi:

1. Jāprecizē un jāuzlabo dažādos SE etapos pielietojamo barotņu sastāvs, iegūtā pieredze ļauj brīvāk rīkoties ar izmantojamajām fizioloģiski aktīvajām vielām.
2. Jāturpina darbs pie tā saucamā desikācijas posma, kad iegūtos dīglus, pirms uzsēšanas uz barotnes sakņu diedzēšanai, iekaltē, imitējot sēklā dabīgi notiekošus procesus (von Aderkas P. et all, 2010). Ir pretrunīgi literatūras dati par šī posma nepieciešamību, bet pieredze liecina, ka parastajai eglei tas ir būtiski. Tā kā pierādījies tas, ka arī Latvijas egļu šūnu līnijas jeb genotipi dažādi reaģē uz SE manipulācijām, nav pamata domāt, ka visu līniju dīgli vienādi iekaltējami. Ja tā, tad cik lielā mērā, ar kādām līnijām to drīkst darīt vai nedarīt? Šī ir problēma, kas tiek risināta kontaktējoties ar Dr. T. Aronen.
3. Turpināms darbs pie SE iniciācijas no veģetatīviem pumpuriem. Šo darbu veikt var tikai pēdējā aprīļa nedēļā, maija sākumā, atkarībā no veģetācijas sākuma dabā.

#### 4.2. Saldā ķirša mikropavairošanas iespēju izpēte

Saldais ķirsis (*Prunus avium*) ir salīdzinoši ātraudzīga kokaugu suga, kuras cietā, dekoratīvā koksne augstu tiek vērtēta. Ķirša augšanas periods ir 50 -70 gadu. Mikroklonālā pavairošana ievērojami atvieglo un paātrina stādāmā materiāla sagatavošanu klonu izmēģinājumiem vai citāda veida stādījumu ierīkošanai, jo strādājot ar parastajām veģetatīvās pavairošanas metodēm spraudņu apsakņošanās ir neapmierinoša.

Augu fizioloģijas laboratorijas *in vitro* kolekcijā 2013. gada decembrī ir 8 koksnes ķirši:

1. četru klonu Dānijas izcelsmes ķirši 1D, 2D, 3D, 4D,
2. divu klonu Zviedrijas izcelsmes ķirši 9(1:5)Z, 10(2:4)Z,
3. divi Ēdoles izcelsmes un vienas Saukas izcelsmes ķirsis.

Viens Alsungas un viens Ēdoles izcelsmes ķirsis no kolekcijas pagājušajā gadā ir izņemti, jo pavairot tos nebija iespējams. No fizioloģiski vecajiem kokiem ņemtie eksplanti labākajā gadījumā saglabājās *in vitro* kultūrā attiecībā 1:1. Labs pavairošanas koeficients ir Zviedrijas ķiršu klonam 10(2:4)Z. Pavairojot šo klonu uz audu kultūrās visplašāk pielietotās Murashige – Skoog (1962) barotnes ar pievienotu citokinīnu BAP (6benzylamniopurine) 1 mg/l, pavairošanas koeficients ir 1 : 3, šobrīd notiek šī klona vairošana izmēģinājumu stādījumiem.

Pārējo klonu un ģimeņu pavairošanās koeficienti ir zemi, īpaši Ēdoles izcelsmes ķiršiem. Tas ir ģenētiski nosacīti, jo zināms, ka koki, no kuriem iegūts vietējās izcelsmes izejmateriāls mikropavairošanai, ir veci. Viens no *in vitro* kultūru iniciācijas pamatlukumiem ir: jo vecāks mātesaugšs, jo lēnāka un ilgstošāka kultūras iniciācija un nostabilizēšana kultūrā, auga vecumam ir negatīva ietekme uz pavairošanas koeficientu.

### 4.3. Bērza mikropavairošanas iespēju izpēte

No 2011. līdz 2013. gada nogalei laboratorijas rīcībā ir bijuši 230 bērzu kloni, kas nepieciešami jauna selekcijas posma sākšanai. Neraugoties uz plaša literatūras klāstu un kontaktiem ar Somijas Mežzinātnes institūta Metla pētniekiem, darbu pie bērza mikropavairošanas nevar uzskatīt par veiksmīgu, jo no dažādos gadalaikos un uz ļoti dažādām barotnēm novietoti, iniciāciju uzsāka tikai 5% eksplantu. Tomēr šajos izmēģinājumos ir noskaidrots piemērotākais bērzu ievadīšanas laiks. Atšķirībā no hibrīdapses un hibrīdalkšņa, kuru kultūras visvieglāk iniciēt maija beigās jūnijā, bērzu kultūras jāuzsāk februārī/martā, kad augi dabā izgājuši miera periodu. To hormonālā sistēma šajā laikā sagatavojusies plaukšanai un spēj pretoties pumpuru segzviņās koncentrētajiem inhibitoriem, kas citkārt pasargā augu no priekšlaicīgas plaukšanas. Ja šo zvīņu veidošanās notiek iniciāciju sākušā kultūrā, tas visbiežāk nozīmē sekojošu audu atmiršanu. Kāpēc tas tā, mums nav izskaidrojuma. Visdrīzāk tā ir kādu hormonālo komponentu nesabalansētība, kas izsauc auga aizsargreakciju ar barotņu fenolizāciju, melnēšanu, nediferencētu šūnu veidošanu eksplantu pamatnēs. Pie kam, neskatoties uz dažādu literatūrā pieejamu barotņu izmantošanu, to modificēšanu, īpašus uzlabojumus 2013. gadā neesam spējuši panākt.

Noskaidrota iniciācijas un kultūras stabilizēšanas barotne: tā ir LVMI Silava Augu fizioloģijas laboratorijā modificēta GERM barotne, par kuras autoriem var uzskatīt Vācijas un Somijas zinātnieku grupu un kura publicēta 2004. gadā Īrijā, National Council for Forest Research Development zinātniskās preses materiālos<sup>26</sup>. Gan iniciācijas, gan stabilizācijas, gan proliferācijas fāzēs pamatbarotnei tiek pievienotas atšķirīgas hormonu koncentrācijas un attiecības, kas vēl ir optimizējamas.

Proliferācijas stadijā šobrīd laboratorijas kolekcijā ir sekojoši kārpainā bērza kloni: 20, 26, 148, Ka60, 4a, 3F1. Šie augi tiek vairoti klonu izmēģinājumiem, savairoto augu skaits būs precizējams 2014. gada maijā. No šiem kloniem pēc pašreizējiem novērojumiem pavairošanai visvieglāk pakļaujas kloni 148 un Ka60. Pēdējais ir pats pirmais laboratorijā *in vitro* kultūrā ievadītais klons.

Bez nosauktajiem kolekcijā ir vēl desmit klonu, kuri nīkuļo, tiem nav jaunu dzinumu, neskatoties uz regulāru pārstādīšanu svaigā barotnē. Šie kloni vispār nav sākuši proliferāciju pēc ievadīšanas kultūrā un visticamāk to arī neuzsāks. Darbs pie bērzu klonu ievadīšanas *in vitro* tiek un tiks turpināts.

### 4.4. Parastās egles veģetatīvā pavairošana ar spraudņiem

Kandidātu ar augstāku aditīvo ģenētisko vērtību atlase katram nākošajam selekcijas ciklam notiek izvērtējot pēcnācēju pārbaužu rezultātus. Būtiski ir saīsināt laiku, kas nepieciešams, lai kandidāti sasniegtu noteiktu vecumu, kurā iespējama salīdzinošā izvērtēšana. Tādas iespējas dod dažādas veģetatīvās pavairošanas metodes. **Augu veģetatīvā pavairošana** ir augu pavairošana izmantojot tā orgānus vai orgānu pārveidnes, kuras satur meristemātiskos audus. Tādejādi vairojot augus jaunais augs ir ģenētiski identisks mātes augam. Šobrīd pavairošana ar spraudņiem un somatiskā embriogēze tiek uzskatītas par piemērotākajām veģetatīvās pavairošanas metodēm selekcijai un arī rūpnieciskai ražošanai vairākām skujkoku sugām, tai skaitā parastai eglei. Veģetatīvās pavairošanas metodes pielieto: kandidātu pārbaudēm selekcijas programmās, atlasīto ģimeņu masveida pavairošanai un uzlabotu augstvērtīgu klonu pavairošanai.

Egles pavairošana ar spraudņiem ir pazīstama un pielietota daudzās valstīs, metodes pirmie apraksti meklējami 19.gs. sākumā (Pfifferring 1830, cited in Kleinschmit, 1973). Salīdzinot ar citām veģetatīvās pavairošanas metodēm, tā novērtēta kā izmaksu efektīva, iegūtie stādi labi veidoti. Tomēr - atzīmēti arī savi trūkumi: jāveic apsākšana; zems pavairošanas koeficients; lielas platības nepieciešamas mātesaugu (donoraugu) audzēšanai; novecošanās sarežģī klonu pārbaudes (Högberg, 2003). Metodika parastās egles veģetatīvai pavairošanai ar spraudņiem Latvijā V. Ronēs vadībā izstrādāta un pielietota jau 70 gadu vidū (kā daudzās Eiropas valstīs tajā laikā), sasniedzot pietiekoši augstus (80-100% dažādiem kloniem) apsākšanas rezultātus. Lielākie spraudņu apsākšanas apjomi sasniegti 80 gadu vidū MPS „Kalsnava” - 115 tūkstoši apsāknotu egles spraudņu gadā. Šajā periodā ierīkoti arī vairāki klonālie pēcnācēju

<sup>26</sup> The Improvement of Irish Birch. Niamh O'Dowd, National Council of Forest research Development, Belfield, Dublin 4, Ireland, COFORD (niamh.odowd@sfi.ie).



pārbaužu stādījumi, kuros veikta agrīnā novērtēšana un atkārtota uzmērīšana, un kvalitāti raksturojošo pazīmju novērtēšana 2012. gadā. Izvērtējot rezultātus, izveidots veģetatīvi pavairojamu klonu saraksts.

### **Citu valstu pieredze spraudēņu apsākņošanā un mātes augu rejuvenilizēšanā**

**Zviedrijā** parastās egles klonālā mežsaimniecība uzsākta 1970. gadu vidū. Tās praktiskā izmantošana Dienvidzviedrijā devusi 15 – 20% ieguvumu, salīdzinājumā ar to pašu provenienci sējeņu izmantošanu. Egles spraudēņu apsākņošana ir izmēģināta dažādos projektos, bet pielietotā metode apsākņošanās spēju uzturēšanai nav bijusi sekmīga (Högberg et al, 1995).

Sonesson (2003) novērtējot situāciju Zviedrijas klonu mežsaimniecībā, kā galvenos neveiksmju cēloņus atzīmē – zemo apsākņošanās procentu un augsto stādu plaģiotropijas pakāpi. Minētie faktori samazina saražoto stādu daudzumu pret sākotnēji apsākņošanai sagatavoto spraudēņu skaitu, kas savukārt palielina ražošanas izmaksas. Mātesaugu apgriešana novecošanās aizkavēšanai vēl papildus palielina izmaksas. Högberg (2003) vērtē, ka pārbaudīto klonu spraudēņstādu ražošana ir par 100% dārgāka kā sējeņu ražošana un masveida spraudēņstādu ražošana no spraudēņiem, kas iegūti no juvenīliem mātesaugiem – par 60% dārgāka nekā sējeņu ražošana. Tāpēc šobrīd masveida komerciālu spraudēņstādu ražošanu Zviedrijā pielieto nelielos apjomos (Högberg, 2003).

Klonālās kopijas var pakļaut dažādiem stresa režīmiem un destruktīviem mērījumiem (kuru veikšanai augi tiek iznīcināti), kas palīdz iegūt daudzpusīgu vairāku pazīmju informāciju par kandidātiem nākošajam selekcijas ciklam. Pavairošana ar spraudēņiem ir dominējošā metode klonu materiāla pārbaudēm skuju kokiem.

**Somijā** klonu pārbaudes ar apsākņotiem spraudēņiem ieņem nozīmīgu vietu egles selekcijas 2. ciklā. F1 paaudzes kandidātus klonu pārbaudēm atlasa kokaudzētavā no pārbaudītu vecāku koku kontrolēto krustojumu sibu ģimeņu pēcnācējiem, dažkārt 5-7 gadus vecos brīvapputes ģimeņu pēcnācēju pārbaužu stādījumos (Haapanen, 2008). Haapanen (2008) atzīmē, ka klonu pārbaudes potenciāli var būt arī tendenciozas selekcijas piemērs tieši materiāla pavairošanas veida dēļ un neaditīvā ģenētiskā efekta eksponēšanas ar klonu kopijām dēļ.

Egles pavairošana ar spraudēņiem Somijas mežzinātnes institūtā Metla selekcijas programmas atbalsta fonda ietvaros uzsākta pagājušā gadsimta 70 tajos gados (150-300 tūkst.gb/gadā), bet klonu pārbaudēm spraudēņus sāka izmantot no 1982. gada (1900 kloni). Masveida egles spraudēņstādu ražošanas mēģinājumi bijuši vairākkārt, taču klonu fizioloģiskās novecošanās dēļ, rezultāti nav bijuši daudzsoļi. Egles spraudēņu apsākņošanas tehnoloģiju pilnveidošana turpināta ar nelieliem spraudēņu apjomiem sākot ar 1980-tajiem gadiem. Ir izveidoti un reģistrēti daži klonu maisījumi, bet tie nav ražoti masveidā. 1990. gados radās interese par pārbaudītu kontrolēto krustojumu pussibu ģimeņu liela apjoma pavairošanu. Komerciāla egles spraudēņstādu ražošana nav uzsākta, tomēr to vērtē kā iespējamu alternatīvu sējeņiem, ja sēklu ražošanu sēklu plantācijās jūtami ierobežo kaitēkļu un slimību izraisītās problēmas (Mikola, 2008).

Egles augstvērtīga materiāla pavairošana ar spraudēņiem izmantota arī **Norvēģijā**. Spraudēņi apsākņoti un tālāk audzēti vienu sezonu bez pārstādīšanas, tad realizēti tirgū. Spraudēņstādi vizuāli atšķīrās no sējeņiem, novērots arī īslaicīgs plaģiotropisms. No viena sējeņa iegūto spraudēņu skaits svārstās pa ģimenēm robežās no 21 līdz 38 spraudēņiem, lielas svārstības spraudēņu skaita ziņā konstatētas ģimeņu robežās. Dažādos substrātos, pielietojot miglveida rasiņāšanu, sasniegta 92% apsākņošanās, bez būtiskām atšķirībām starp pielietotajiem substrātu veidiem (Johnsen, 1985).

Parastās egles veģetatīvā pavairošana, kā izmaksu efektīva un praktiska alternatīva sēklu plantāciju sēklu ražošanai, ir sevi pierādījusi **Vācijā** un citās valstīs (Kleinschmit et al, 1973; Kleinschmit, 1974; Kleinschmit and Schmidt, 1977).

Vēlamā rezultāta sasniegšana egles spraudēņu apsākņošanā ir atkarīga no virknes savstarpēji saistītu priekšnoteikumu ievērošanas un mijiedarbības. Apsākņošanas procesā savas korekcijas var ienest, piemēram, **mātesaugu vecums un nobriešana (novecošanās)**.

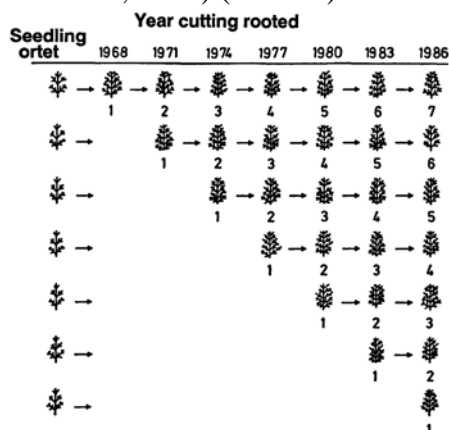
Zināms, ka koku nobriešana līdz ar vecumu, skujkoku ģintīm būtiski (dramatiski) ietekmē veģetatīvās pavairošanas sekmes. Visbiežāk selekcionāri dod priekšroku pluskoku atlasei cirtmeta vecumā, kas ir daudz par vēlu, lai sekmīgi varētu veikt spraudēņu apsākņošanu. Mātesaugu novecošanās dēļ samazinās ne tikai apsākņoto spraudēņu skaits, bet kopumā palēninās arī apsākņošanās process – sakņu sistēmas veidošanās spraudēņiem noris ilgāk. Parastās egles spraudēņu apsākņošanās spējas strauji sarūk pēc 10 gadu vecuma (Roulund, 1975). Ja arī vecāka spraudēņu materiāla apsākņošana izrādās sekmīga, tad bieži stādiem ir tendence uz plaģiotropisku augšanu (Libby, 1983). Wuhlich (1984) konstatējis - jo vecāks ortets, jo ilgāks laiks pēc apsākņošanās paiet, līdz ramets sāk augt vertikāli. Jo jaunāks ortets - vieglāka tā juvenilizēšana, jo tad nav jāatgriež atpakaļ tik apjomīgs ontogēnētiskās attīstības posms.

Augu novecošanai saskaņā ar Fortanier un Jonkers (1976) ir trīs aspekti: hronoloģiskais,

ontogēnētiskais un fizioloģiskais. Ontogēnētiskā novecošanās (nobriešana) ir ģenētiski ieprogrammēts koka attīstības fāžu maiņas process. Nobriešanai ir morfoloģiskas, fizioloģiskas, bioķīmiskas un ģenētiskas konsekvences. Vairumam skuju koku sugu šai procesā iesaistītā ģenētiskā komponente (ģēnu aktivitātes izmaiņas) ir neatgriezeniska (Dekker-Robertson and Kleinschmit, 1990). Attīstības fāžu maiņa kokaugiem nesaistās tikai ar izmaiņām augšanas gaitā - uzvedībā, bet arī ar pieaugošām grūtībām atlasīto indivīdu veģetatīvā pavairošanā. Greenwood (1987) kokaugu nobriešanas pētīšanā, uzsver metodes, kas šo procesu darītu atgriezenisku, iekļaujot augšanas regulatoru un audu kultūru izmantošanu. Tā kā nobriešanai raksturīgas augšanas gaitas, lapu morfoloģijas, reprodiktīvās kompetences izmaiņas un rinda citu pazīmju, tad rejuvenilizēšanas metožu efektivitāte ir jāizvērtē attiecībā uz visām mainīgajām pazīmēm. Fortanier, Jonkers (1976) secina, ka novecošanai un vecumam ir ontogēnētiski un fizioloģiski cēloņi. Ontogēnētiskā novecošana ir ģenētiski ieprogrammēta un lokalizēta meristēmās, tā nav saistīta ar spēku izsīkumu un nav viegli reversējama (atgriežama). Fizioloģisko novecošanos korelatīvi ietekmē pieaugošais spēku izsīkums un dezorganizācija un tā nav lokalizēta meristēmās. Ja fizioloģiskā novecošanās netiek sekmēta - ir iespējams atgriezenisks process. Vecums visbiežāk attiecās uz fizioloģisko novecošanos, bet iespējams uz tā ontogēnētisko dabu.

**Novecošanās procesu** kavēšanai, ne apturēšanai, izstrādātās metodes ietver mežsaimniecisko un ķīmisko mātesaugu apstrādi, atkārtotu pārpotēšanu, audu kultūras, apgriešanu un sērijveida pavairošanu (St. Clair et al., 1985).

Mikropavairošanas ceļā, ar tai sekojošu somatisko embriju kriosaldēšanu, genotipus var uzglabāt juvenīlā stāvoklī nākotnes selekcijas vajadzībām, līdz ir pieejami klonu pārbaužu rezultāti (Jørgensen, 1990). Tehnoloģijas dārdzība gan liedz to izmantot plašā mērogā. Klonu augšanas gaitas izpēte un novērtēšana bieži prasa vismaz 10 gadus, kuru laikā mātesaugu nobriešana (novecošanās) arvien pieaug. **Lejassaksijas meža pētīšanas institūtā** kopš 1968. gada parastai eglei pielietota **sērijveida apsakņošanas** metode (Kleinschmit et al., 1973) - jauni rameti no katra klona tika apsakņoti ik pēc 3 gadiem, tādējādi vecākie kloni līdz 1990. gadam izgāja 7 pavairošanas ciklus. Tas liecina par metodes ievērojamām izmaksām (Dekker-Robertson and Kleinschmit, 1990) (4.9. att.).



4.9.attēls. Parastās egles spraudēņu sērijveida apsakņošanas shēma (Dekker-Robertson and Kleinschmit, 1990).

Ekspērimētā kā orteti izmantoti 4 gadīgi sējeņi; 1. pavairošanas fāze - spraudēņi griezti no sējeņiem, 2. fāze – spraudēņi griezti no apsakņotajiem spraudēņiem, kas iepriekš griezti no sējeņiem, utt. Pēdējā 7. fāzē apsakņotie spraudēņi izrakti, lai novērtētu nobriešanas pakāpi un stādu kvalitāti, ko raksturo novērtējot: apsakņošanās procentu, augstumu, sakņu kakla diametru, pirmās un otrās pakāpes zaru skaitu, augšanas veidu, tropismu, formu, sakņu raksturojumu, svaigu sakņu, stumbra un zaru svaru un kaltētu sakņu, stumbra, zaru un skuju svaru. Pakāpeniska augstuma un sakņu kakla diametra samazināšanās, tāpat kā citas vērtētās pazīmes rāda, ka katrā vēlākajā pavairošanas ciklā parādās arvien augstāka nobriešanas pakāpe un tiek zaudēta ātrā sākotnējā augšanas spēja, kāda raksturīga sējeņiem kokaudzētavā un palielinās plaģiotropisma tendence. Konstatētas statistiski būtiskas atšķirības gan starp dažādām apsakņošanas fāzēm, gan starp kloniem vienā fāzē. Saskaņā ar Schaffalitzky de Muckadell (1959) un Robinson un Wareing (1969) atziņām, ka nobriešanu kontrolē dzinuma galotnē notiekošie fizioloģiskie procesi, tad iespējams, ka sērijveida apsakņošana palēnina, bet neaptur novecošanos tāpēc, ka katrā pavairošanas ciklā dzinuma galotne tiek pilnībā transformēta par jaunu augu (Dekker-Robertson and Kleinschmit, 1990).

Līdzīga sērijveida apsakņošanas metode novecošanās aizkavēšanai ir izmantota arī Vācijā. Spraudēņstādu augšanas formas izmaiņām būtiski ilgāks laiks ir nepieciešams primārajiem spraudēņiem, salīdzinot ar sekundārajiem. Šāda ietekme nav konstatēta trešā cikla spraudēņiem salīdzinot ar otrā cikla

(sekundārajiem) spraudņiem tajā pašā vecumā. Apsakņošanās potenciāls ir labāks sekundārajiem un trešās kārtas spraudņiem salīdzinājumā ar primārajiem, jo ortetiem ir labāki priekšnosacījumi (Kleinschmit and Schmidt, 1977). Augiem, kas iegūti vairākkārt apsakņojot spraudņus no spraudņiem, konstatēta labāka augšana garumā, augšanas ortotropisms, radiāls skuju un zaru izvietojums. Izmaiņas augšanā kloniem, kas apsakņoti no 12 gadus veciem mātesaugiem, izraisa topofīze (zaram raksturīga augšana) un apikālās meristēmas nobriešana (angliski – cyclophysis – the process of maturation of the apical meristems), un to atgriešanās sējeņa fāzē ir maz ticama (Wuhlich, 1984).

Pētījumi rāda, ka pieaugot vecāku koka vecumam, līdz ar augšanas pazīmju pasliktināšanos, samazinās arī spraudņu vitalitāte un spēja piemēroties vides faktoriem (sals, stress). Izdzīvojušie stādi ir fizioloģiski nestabili un to kvalitāte ir sliktāka kā mātesaugiem. Jāņem vērā, ka apsakņošanās kapacitāte atšķiras arī pa kloniem. Nodrošinot identiskus apstākļus, apsakņošanās procents var būt 30-40%, vai pat 100%.

Viena no rejuvenilizēšanā izmantotām metodēm ir **potēšana**. Pētītas vairākas skujkoku sugas: *Pinus radiata* D. Don, *Pinus taeda* L., *Larix laricina* (Du Roi) C. Koch; *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco un konstatēts, ka, pieaugot orteta vecumam, augšana garumā, diametra pieaugums un zaru skaits uz stumbra garuma vienības samazinās, pie kam, visizteiktākais samazinājums vērojams laikā starp 1. un 4. gadu (Greenwood 1984, Greenwood et al. 1989). Nobrieduša potzara savienošana ar juvenīlu potcelmu nedod auga rejuvenilizēšanos, jo dažas nobriešanas pazīmes saglabājas vēl vairākus gadus pēc potēšanas. Potējumu izpētē konstatēts, ka nobriešana izpaužas apikālās meristēmas augšanas ieradumu (growth habit) izmaiņās, kas neizbēdz pat tad, ja nobriedusī meristēma (potzars) tiek pakļauta jaunam augam (potcelms) raksturīgam fizioloģiskajam stāvoklim. Meristēmas savā ziņā „uzvedas” līdzīgi individuāliem organismiem. Potzara nobriedusī meristēma ir zināmā mērā autonoma un pretojas izmainītās apkārtējās vides ietekmei. Tādējādi augu (potējumu) var uzskatīt par pusautonomu meristēmu kopumu, kas vienlaikus konkurē viena ar otru, tajā pat laikā arī kalpo augam, mainot tā uzvedību (Greenwood, 1995).

Augu juvenilitātes uzturēšana un atjaunošana nav vienīgie faktori, kas ietekmē spraudņu sakņošanās spējas un kvalitāti. Lielā mērā apsakņošanas sekmes ietekmē mātesaugu vitalitāte. Kombinējot apgriešanu, mēslošanu un apgaismojuma nodrošināšanu var sekmēt atbilstošus morfoloģiskos un fizioloģiskos nosacījumus mātesauga dzinumos (Leakey, 2004).

### **Mātesaugu apgriešana**

Mātesaugu spēcīga apgriešana un „garās dienas” režīms pielietoti dzinumu stiprināšanai, lai uzlabotu sakņošanos, sakņu kvalitāti – lielāks piesakņu skaits vienam spraudņstādam un pēc apsakņošanās normāls (ortotropisks) augšanas veids. Mātesaugiem spēcīgi apgriežot galotnes un sānu dzinumus, uzturot tos 30-40 cm garus līdz 7 - 8 gadu vecumam. Spraudņi no šādi apgrieztiem mātesaugiem sakņojas daudz labāk, tiem ir lielāks sakņu skaits, samazinās plaģiotropisms salīdzinot ar kontroli. Spēcīgā apgriešana samazina atšķirības starp ģimenēm un apsakņošanas gadiem, nodrošina mātesauga izmantošanu spraudņu ieguvei 8 -10 gadu garumā (Johnsen, 2003). Tomēr, par spīti intensīvai apgriešanai, plaģiotropija dažos gadījumos tomēr tika novērota un , kā uzskata Johnsen un Skrøppa (1992), acīmredzot tam ir ģenētisks pamats. Pateicoties šai atziņai radās hipotēze, ka dienas garums, kādā aug mātesaugi ietekmē spraudņa sakņošanos un turpmāko augšanas veidu. Ja pirms spraudņu griešanas un tās laikā mātesaugiem nodrošina 22 stundu garu dienu, spraudņi sakņojas labāk, auga garāki un normālas formas, nekā no mātesaugiem, kam tika nodrošināta īsāka diena (19, 16 un 15 stundas). Spraudņi no dienviņu proveniencēm sakņojas labāk un auga garāki nekā no ziemeļu proveniencēm visos eksperimentā izmantotajos fotoperioda apstākļos. To iespējams ietekmē divi faktori: garākā diena nodrošina garāku, tievāku un spēcīgāku dzinumu ar lielāku audu platību adventīvo sakņu (piesakņu) veidošanai. Īsā diena veicina augšanas apstāšanos un izraisa miera perioda iestāšanās procesus, kas kavē šūnu aktīvo dalīšanos, meristēmas veidošanos un diferencēšanos funkcionālajās piesaknēs. Tā kā skuju aizmetņi daļēji veidojas pirms, daļēji arī sakņošanās laikā, funkcionālās saknes samazina stresu un uzlabo barības vielu uzņemšanu, ātrāka un labāka sakņošanās uzlabo spraudņstādu augšanu pirmajā augšanas sezonā pēc apsakņošanas. Tas ļauj secināt, ka mātesaugi ir jāaudzē garās dienas apstākļos un spraudņu griešana ir jāveic pirms miera perioda sākuma. Šādi apstākļi ļauj sasniegt egles spraudņu vēlamo sakņošanos un augšanas gaitu (Johnsen and Tronstad 1998).

Izmantojot juvenīlu materiālu spraudņu ieguvei, pāreja no zaram raksturīga augšanas veida uz ortotropisku augšanu parasti neprasa vairāk kā divus gadus. Pieaugot vecumam apsakņošanās potenciāls samazinās, laiks, kas nepieciešams fizioloģiskai pārejai no zaram raksturīgas uz ortotropisko augšanu pieaug un augšana garumā šajā pārejas fāzē samazinās (Kleinschmit and Schmidt, 1977).

Eksperimentā 10 parastās egles sērijveidā ar spraudņiem pavairotu klonu mātesaugi, kuru hronoloģiskais vecums 14 gadi, tika dažādi apstrādāti: 1) kontrole – mātesaugi nav apgriezti; 2) mātesaugi ar nogrieztu galotnes dzinumu; 3) mātesaugi nav apgriezti, bet divu augšējo mieturu visi zari „piespiesti”

augt vertikāli; 4) mātesaugam nogriezts galotnes dzinums un divu augšējo mieturu visi zari „piespiesti” augt vertikāli. No mātesaugiem ievākti spraudeņi 4 dažādās vainaga vietās (spraudeņa tips), apsakņoti un novērtēti to apsakņošanās %, galveno sakņu skaits, piesakņu skaits, plaģiotropisms, galvenā dzinuma skuju simetrija un augšana. Eksperimenta 3. un 4. variantā spraudeņiem izteiktāka plaģiotropiska augšana, bet augstāks apsakņošanās %, vairāk piesakņu un tie labāk auga salīdzinot ar 1. un 2. variantu. Konstatēts, ka genotipam ir būtiska ietekme uz sakņošanos. Galveno sakņu skaitu būtiski ietekmēja genotips un spraudeņa tips, bet neietekmēja mātesauga apstrādes veids. Skuju simetriju galotnes dzinumam samērā vāji ietekmēja genotips un spraudeņa tips neskatoties uz mātesauga apstrādi. Klona ietekme uz galvenā dzinuma augšanu ir būtiska (Bengt G. Bentzer, 1988).

### **Vainaga daļa, kurā griezti spraudeņi**

Izmēģinājumu stādījumā Dienvidzvidrijā 10 gadus veciem parastās egles spraudeņstādiem, kas iegūti no 4 gadīgiem sējeņiem, vērtējot čiekuru aizmešanos novērotas lielas atšķirības, ko izskaidro ar atšķirīgām pārejas pakāpēm starp kloniem no juvenīlās fāzes uz ziedēšanas fāzi. Apsakņošanās un augšanas gaita pirmajā gadā (galvenā dzinuma garums, tā veidošanās un plaģiotropisms) pētīta spraudeņiem, kas griezti vainaga augšējā un apakšējā daļā 15 kloniem ar bagātīgu čiekuru aizmešanos un 15 kloniem bez čiekuru aizmetņiem. Vainaga apakšējās daļas dzinumu apsakņošanās procents ir būtiski lielāks, bet čiekuru esamība neietekmē nevienu no analizētajiem variantiem. Rezultāti liecina, ka ziedēšanas spēja un apsakņošanās kapacitāte ir savstarpēji neatkarīgi, ar auga vecumu saistīti procesi, kas norāda, ka klonu atlase pēc augstas apsakņošanās kapacitātes nesamazina ziedēšanas kompetenci. Tam ir liela ietekme uz parastās egles selekciju, jo gan agra ziedēšana, gan augsta apsakņoties spēja ir būtiskas selekcijas cikla ilguma samazināšanā (Hannerz, Almqvist, and Ekberg, 2001).

Pētījumā ar *Picea mariana* (Mill.) B.S.P. spraudeņi iegūti dažādās vainaga daļās gan no jau ziedošiem, gan vēl dzimumvairošanai nenobriedušiem 9 gadus veciem sējeņiem. Relatīvi lielais mātesaugu vecums nebija šķērslis apmierinošiem apsakņošanās rezultātiem. Būtiski lielāks ( $p < 0.01$ ) apsakņošanās % bija spraudeņiem, kas griezti apakšējā vainaga trešdaļā nekā spraudeņiem no vainaga vidusdaļas un augšējās trešdaļas - attiecīgi 53%, 36% un 29%. Apsakņošanās procesā spraudeņi no vainaga augšdaļas uzrādīja stabilas nobriešanas pazīmes, no lejasdaļas - gandrīz juvenīlas. Spraudeņi no ziedošiem kokiem apsakņojās labāk ( $p < 0.10$ ), nekā no dzimumnenobriedušiem (48% un 30%), tomēr konstatētas lielas un būtiskas atšķirības starp indivīdiem abās grupās. Nav konstatēta būtiska ietekme starp dzimumbriedumu, vainaga daļu, kurā griezti spraudeņi, un apsakņošanās % (Tousignant et al., 1995).

Atkarībā no vainaga daļas, kurā griezti spraudeņi, atšķirības sakņošanās kapacitātē literatūrā bieži uzsvērtas. Leaky (1983, 2004) konstatējis, ka no vainaga augšdaļas griezto spraudeņu sakņošanās spēju uzlabošanu var veicināt nogriežot vainaga apakšējās daļas zarus, to pamatojot ar dažādās vainaga daļās atrodošos zaru savstarpēju konkurenci, kas rada atšķirības sakņošanās spējā. Tomēr, ja gan augšējās, gan apakšējās vainaga daļas zari atrodas vienlīdzīgos gaismas apstākļos, tad to sakņošanās spējas ir ļoti līdzīgas. Jauniem augiem atšķirības starp dažādās vainaga daļās grieztiem spraudeņiem ir niecīgas, bet vecākiem augiem tās ir vairāk saskatāmas (Kleinschmit, 1974). Spethmann (1997) secinājis, ka ievāktā spraudeņa atrašanās vietai koka vainagā nozīme pieaug, pieaugot koka vecumam. Viņš arī iesaka spraudeņus griezt tuvāk koka stumbram, jo to reakcija ir juvenīlāka (Jurásek, Martincová, 2004). Hauck un Volná (1989, 1990) detalizēti pētījuši novietojuma vainagā ietekmi uz apsakņošanās kvalitāti spraudeņiem no 8 gadus veciem egles stādiem un konstatējuši, ka vainaga daļa starp 3. un 6. mieturi ir vislabākā spraudeņu griešanai, tātad tā vainaga daļa, kurā attīstījušies jau 3. kārtas zari. Vainaga augšdaļā grieztiem spraudeņiem veidojās mazāk sakņu, tās arī vājāk zarojas. Ja salīdzina klonus ar labu un vāju apsakņošanos, tad novietojuma vainagā ietekme uz sakņošanās spēju būtiskāka ir kloniem ar vāju apsakņošanos (Jurásek, Martincová, 2004). Šis secinājums saskan ar Geneve (1995) konstatēto, ka spraudeņa novietojuma vainagā ietekme ir būtiskāka sugām ar vāju apsakņošanās spēju, nekā sugām, kas labi apsakņojas. Kopumā parastās egles spraudeņus ieteicams griezt no saules labi izgaismotiem zariem vainaga lejasdaļā. Hartmann (2001) egles spraudeņu griešanai iesaka izmantot zaru galotnes, jo spraudeņi no pamata zariem sakņojas labi, bet vēlāk augiem novēro stumbra deformācijas vai vairākas galotnes. Spraudeņi no mātesauga apakšējās trešdaļas sakņojas 2 reizes labāk kā no augšējās, bet no vidusdaļas – vidēji labi. Apsakņoto spraudeņu plaģiotropisms nav atkarīgs no vainaga daļas, kurā tie griezti, tas var būt vienāds visiem.

### **Spraudeņu griešanas laiks**

Spraudeņa fizioloģiskais stāvoklis tā griešanas laikā, lielā mērā ietekmē apsakņošanās kvalitāti. Līdz ar orteta vecuma un apkārtējās vides apstākļiem, ietekme ir arī spraudeņu ievākšanas laikam un novietojumam vecāku koka vainagā. Zavadil (1979) uzskata, ka apsakņošanās atšķirības, ko bieži uzskata

par ģenētiski nosacītām, daļēji var būt vecāku koku fizioloģiskā stāvokļa izraisītas. Savukārt ģenētiski fiksētās īpašības var modificēties, mainoties orteta fizioloģiskajiem apstākļiem (Spethmann, 1997).

Dažādu autoru viedokļi un pieredze par piemērotāko laiku spraudeņu griešanai ir ievērojami atšķirīgi, tomēr to ievākšana pavasarī pirms pumpuru plaukšanas pēdējā laikā tiek atzīta par labāko. Šis laiks ir kompromiss starp bioloģisko un ekonomisko aspektu (Jurásek, Martincová, 2004). Ducháč (1981) konstatējis, ka spraudeņu griešanas laiks no janvāra līdz maijam neietekmē parastās egles apsākšanās %, tāpat kā to neietekmē vecāku koku plaukšanas laiks (Jurásek, Martincová, 2004).

Vairākos pētījumos konstatēts, ka piemērotākais laiks spraudeņu griešanai ir miera periodā, bet ir atšķirības, vai tie griezti miera perioda sākumā, vidū vai beigās. Somijā veiktā izmēģinājumā spraudeņi griezti novembrī, decembrī no siltumnīcā audzētiem mātesaugiem un tūlīt arī sprauti substrātā apsākšanai regulējama klimata apstākļos. Spraudeņi, apsākšanai lecektīs bez substrāta un gaisa sildīšanas, uzglabāti līdz spraušanai aprīlī -3° līdz -5°C temperatūrā (Lepisto, 1973). Senā – 40. gados Kanādā veiktā pētījumā konstatēts, ka no egles spraudeņiem, kas griezti miera periodā un iesprauti apsākšanai neapsildāmās lecektīs novembra mēnesī, 25% nākamā gada jūnija beigās veidoja kallusu un 80% jūlija vidū bija apsākājušies. Apsākšanās % pieauga pakāpeniski, septembra sākumā sasniedzot 95%. Galvenās saknes garums 20 dienu laikā no 18. jūlija līdz 7. augustam pieauga par 400%, sakņu augšana beidzās ap 23. septembri, bet 84% no kopējās sakņu apjoma bija izauguši līdz augusta beigām (Grace, Farrar, 1945). Veicot spraudeņu griešanu ik pēc 4 nedēļām no oktobra līdz janvāra beigām, Farrar (1945) konstatējis, ka vislabāk sakņojas (89%) decembra vidū grieztie spraudeņi bez apstrādes ar augsni - indolilsviestskābi, pie kam spraudeņi griezti 40 gadu vecā stādījumā. Pētījumā arī konstatēts, ka jo vēlāk griezti spraudeņi (laika periodā no oktobra līdz janvāra vidum), jo ātrāk plaukst pumpuri un aug jaunie dzinumi. Farrar (1945) uzskata, ka pumpuru atrašanās miera periodā ir viens no faktoriem, kas ietekmē spraudeņu apsākšanās rezultātus.

Čehijā veiktā izmēģinājumā savstarpēji salīdzināta augšanas gaita spraudeņiem, kas griezti:

1) miera periodā; 2) miera perioda beigās, kad pumpuri ir piebrieduši, bet nav sākuši plaukt, un 3) pumpuru plaukšanas laikā. Rezultātā - miera periodā grieztie spraudeņi ātri sāka plaukt un gandrīz visi no tiem veidoja jaunus dzinumus. Jaunus dzinumus veidoja arī plaukšanas laikā grieztie spraudeņi. Lēnāka plaukšana un mazāk spraudeņu, kas veido jaunus dzinumus, novēroja spraudeņiem, kas griezti miera perioda beigās, kad pumpuri vēl nebija sākuši plaukt. Kopumā nav konstatēta sakarība starp spraudeņu virszemes daļas attīstību un sakņošanās kvalitāti. Savukārt Fojtik (1982) konstatējis, ka spraudeņi, kas griezti jau sākuši plaukt, nav piemēroti apsākšanai (Jurásek, Martincová, 2004).

Mātesaugu audzēšana siltumnīcā ievērojami atvieglo spraudeņu griešanas procesu, jo laika apstākļi (gaisa temperatūra, nokrišņi) to var ietekmēt negatīvi. Niiranen (1980) uzsver, ka apsākšanās sekmes un ātrums, kā arī klonu apjoms palielinās mātesaugus audzējot siltumnīcā, arī spraudeņu vākšana ir vieglāka kā lauka apstākļos.

### **Spraudeņu garums un veids**

Būtisks apsākšanos ietekmējošs faktors ir ne tikai griešanas laiks, bet arī spraudeņu garums. Daudzviet tiek praktizēts sākotnēji nogriezt garākus zarus, no kuru pēdējā gada dzinumiem sagatavo spraudeņus tieši pirms spraušanas substrātā. Griež slīpā griezumā sānu dzinumu galus ar labi attīstītu gala pumpuru. No trīsgadīga stāda var sagatavot 25, bet no četrgadīga apmēram 25-50 spraudeņus (Rone, 1975).

1940. gados Grace un Farrar aprakstītā eksperimentā pielietotā spraudeņu garuma amplitūda ir no 4 līdz pat 25 cm, grupējot attiecīgi no 4-8 cm, no 8-15 cm un no 15-25cm garos spraudeņos. Tomēr vislabāk sakņojušies 8 – 15 cm garie spraudeņi (Girouard, 1973). Niiranen (1980) kā optimālo garumu iesaka 7-8 cm, bet V. Rones (1975) izstrādātajā egles spraudeņu apsākšanas tehnoloģijā spraudeņu garums ir rekomendēts 5-7 cm. Nelielā skaitā pētījumu labus rezultātus devuši 10 cm un garāki spraudeņi, bet galvenokārt izmēģinājumos izmantoti 5-8 cm gari spraudeņi (Girouard, 1973), Somijā sagatavo egles spraudeņus 4-10 cm garumā (Lepisto, 1973). Apsākšanai var izmantot 2 veidu spraudeņus: 1) ar gludu griezuma vietas virsmu, vai 2) ar „pēdu”- spraudeņi iegūst to noplēšot no mātes auga ar vecās koksnes un mizas gabaliņu pie spraudeņa pamatnes. Šo otru metodi pielieto sugām, kas grūti sakņojas (Hartmann, 2010). Konstatēts, ka parastai eglei „pēda” kavē spraudeņu sakņošanos. Bez tam, sveķi, kas aizsargā griezuma vietu no baktērijām un sēnēm, labāk izdalās, ja spraudenis nogriezts nekā noplēsts. Sākotnēji garo spraudeņu izmantošana, lai apsākņojot iegūtu lielāka izmēra stādus, nav attaisnojies, jo, kaut arī tie sakņojas pat labāk kā īsie, tomēr pēc tam iet bojā (Farrar, 1940). Tā kā spraudeņus vāc miera periodā un līdz spraušanai uzglabā, tad pirms spraušanas ieteic atjaunot griezuma vietu, bet tas nav obligāti (Hartmann et al. 2002). Visas skujas pie spraudeņa pamatnes atstāj neskartas (nenorautas), jo tām ir labvēlīga ietekme uz apsākšanos (Girouard, 1973). Uzsverot, ka mitrums ir apsākšanas formulas kritiskā komponente,

Girouard (1973) min pētījumu datus, kas liecina, ka ļoti svarīgi spraudējiem uzturēt optimālus mitruma apstākļus uzglabāšanas laikā - laikā no to atdalīšanas no mātesaugiem līdz iespraušanai apsakņošanas substrātā.

### **Apsakņošanās stimulēšana**

**Ķīmiskā apstrāde.** Augšanas stimulatoru pielietošana adventīvo sakņu veidošanās veicināšanai dažādām skujkoku sugām ir labi zināma vairākus desmitus gadu. Atkarībā no sugas izmanto dažādu koncentrāciju indoliletīkskābes (IAA), indolilsviestskābes (IBA) vai naftalīnskābes (NAA) ūdens šķīdumus vai IBA un talka pulvera maisījumu spraudēju griezuma vietas apstrādei īslaicīgi (ātri) iegremdējot šķīdumā vai pulverī tieši pirms spraudēja ievietošanas augšanas substrātā, vai uz vairākām stundām (20-24) šķīdumā iemērcot spraudeni pilnībā, vai apsmidzinot ar IAA šķīdumu tūlīt pēc iespraušanas. Apstrādi ar augšanas stimulatoriem var kombinēt ar spraudēja pamatnes ievainošanu - piemēram, noraujot skuju ap to, kas arī veicina sakņu attīstību. Ķīmiskā stimulēšana plaši tiek pielietota dažādu *Pinus* sugu, lapegļu, tūju, ciprešu, duglāziju spraudēju apsakņošanā (Ragonezi et al. 2010). Literatūrā atrodami vairāki gan pozitīvi, gan gluži pretēji rezultāti augsņu pielietošanai egles spraudēju apsakņošanā. Girouard (1973) uzskaitījis dažādu autoru pētījumus vairākās valstīs, kas liecina, ka egles apsakņošana ir sekmīga bez augsņu pielietošanas. Farrar (1940) konstatējis, ka parastās egles spraudēju materiālam IBA pielietošana tieši pirms iespraušanas substrātā izrādījusies neefektīva. Neskaidrības augsņu un citu ķīmiskās stimulēšanas līdzekļu efektīvā pielietošanā izraisa apsakņošanās fizioloģisko procesu secības nepietiekoša pārzināšana (Girouard, 1973). Arī savulaik MPS „Kalsnava” praktizētajā V. Rones (1975) izstrādātajā parastās egles spraudēju apsakņošanas tehnoloģijā netika izmantota ķīmiskā spraudēju apstrāde un sasniegta 80-100% apsakņošanās (vidēji 90%), kopējais apsakņoto spraudēju daudzums 1986.gadā 110 tūkst.gab. Högberg (2003) analizējot parastās egles veģetatīvās pavairošanas ar spraudējiem rezultātus secinājis - ja mātesaugi ir veseli un nav sasnieguši vecumu, kurā apsakņošanās spējas sāk zust, tad hormonu pielietošana nav nepieciešama.

### **Substrāts**

Literatūrā atrodams, ka daudzus gadu garumā spraudēju apsakņošanai kā standartsustrāts izmantota rupja smilts. Jau 1930. gados konstatēts, ka, pievienojot labi sadalījušos grīšļu vai sfagnu kūdru, substrāta kvalitāte ievērojami uzlabojas.

Grace un Farrar (1940a, b) kā ideālo maisījumu atzīst – divas daļas smilts pret vienu daļu kūdras. Farrar (1945) atzīmē, ka kūdras – humusa - smilts maisījumā egles spraudēju apsakņošanās sasniedz 80%. 1950. gadu sākumā izmēģinājumos ar svaigām sfagnu sūnām, tās mulčējot vai sajaucot ar smilti, iegūti labi rezultāti. Skandināvijas valstīs spraudēju apsakņošanai populārs ir svaigu sfagnu un smilts maisījums attiecībā 1:1, bet apsakņošanai āra apstākļos – lecektīs, sfagnu kūdra sajaukta ar smilti atzīta par labāku nekā perlīts vai sūnu kūdras un smilts maisījums (Girouard, 1973). Sakņošanas substrātam jābūt pietiekoši porainam, lai nodrošinātu labu aerāciju intensīvas laistīšanas periodā, kāds ir apsakņošanas procesa sākumā (Högberg, 2003). Spraudēju apsakņošanai siltumnīcā visplašāk izmantotā ir kūdra ar piejaukumiem - granti, smilti, perlītu, skaidām - dažādās proporcijās. Egle labi sakņojas arī citos substrātos, piemēram, minerālvatē un sfagnos, bet rekomendē izmantot tīru smilti vai 1:1 perlīta un sfagnu kūdras maisījumu (Hartmann et al. 2002). Apsakņošanai izmantotā substrāta varianti ir dažādi. Somijā - grants ar graudu raupjumu 4 – 10 mm (Niiranen, 1980), arī tīra sūnu kūdra vai sūnu kūdras un komposta maisījums (Lepisto, 1973), Čehijā apsakņošanai konteineros izmantots smilts un kūdras maisījums attiecībā 3:2 (Jurásek, Martincová, 2004). Wühlisch (1984) atzīst, ka kūdras pievienošana substrātam ievērojami paātrina apsakņošanu un iesaka kūdras, perlīta un smilts maisījuma proporcijas 50:40:10%, jo šādā substrāta kombinācijā apsakņošanās sasnies pat 100%, salīdzinot ar smilts, perlīta maisījumā (50:50%) sasniegto - 38% apsakņošanu parastai eglei. Libby (1973) uzsver, ka apsakņošanas vide – dažādas tekstūras dažādās proporcijās, ir nozīmīga gan apsakņošanas rezultātam, gan sekojošai sakņu sistēmas veidošanai, tāpēc tai veltāma īpaša uzmanība. Substrāta slānim jābūt tādā biezumā, lai zem iespraustā spraudēja gala būtu ~ 2,5 cm substrāta vai vairāk, tam jābūt vienmērīgi samitrinātam (Hartmann et al. 2002). Pēc V. Rones (1975) tehnoloģijas, spraudēju apsakņošanai siltumnīcā, substrātam lieto frēzkūdras ar pH 3,8-4,0, slāņa biezums 7-9 cm. Substrātā dobē tiek iestrādāts superfosfāta mēslojums 150g/m<sup>2</sup> + 600g dolomītmilti, lai uzturētu substrāta pH (4-5 robežās), bet ar kāliju vai kālija – fosfora mēslojumu spraudējus piebaro pēc sakņu parādīšanās (1,5-2 mēn. pēc iespraušanas), pielietojot tādas pat normas, kā viengadīgu egles sējeņu mēslošanai siltumnīcās.

Būtiski spraudēju apsakņošanas vides aspekti ir **gaisa un substrāta temperatūra**.

Somijas pieredze rāda, ka spēcīgi un veseli egles dzinumi var apsakņoties arī bez substrāta sildīšanas un pat arī bez gaisa sildīšanas miglas siltumnīcā, taču tad sakņošanās notiek lēnāk un prasa vairāk laika

nekā apsildītā siltumnīcā, kur saknes sāk parādīties aptuveni trīs nedēļas pēc iespraušanas. MPS „Kalsnava” bez substrāta sildīšanas (1977.g.) spraudēņu apsākšanās sasniegta 60%, saglabāšanās pēc pārsikološanas – 50%. Attiecīgie rādītāji siltumnīcas režīmā ar substrāta sildīšanu – 80 un 90% (Rone, 1977). Lai nodrošinātu optimālus apstākļus, gaiss un augsne parasti tiek sildīti. Optimālā substrāta temperatūra mērenā klimata sugu spraudēņu apsākšanai ir +18°C līdz +25°C. Parastai eglei iesaka gaisa temperatūru no +10 līdz +15°C, bet substrāta no +18°C līdz +24°C (Hartmann et al. 2002). Somijā, kur apsākšanu uzsāk marta beigās, substrāta temperatūru siltumnīcā dienā uztur no +20°C līdz +25°C, naktī +10°C līdz +15°C (Lepisto, 1973), Niiranen (1980) iesaka +20°C substrātam, bet gaisam - par 5°C zemāku. Galvenais princips, kas jāievēro - gaisa temperatūrai jābūt zemākai (~5°C) nekā substrāta, lai stimulētu spraudeni veidot saknes un kavētu pumpuru plaukšanu. Ja gaiss ir siltāks nekā substrāts, tad, pateicoties augstajam gaisa mitrumam (90-100%), sākas pumpuru plaukšana un spraudēja virszemes daļas augšana, sakņu veidošanās nenotiek. Ja substrāta temperatūra nebūs pietiekoša, tiks kavēta vai pārtraukta sakņu veidošanās un augšana, bet pārāk augsta (<+25°C) - spraudenim rada stresu. Augsta substrāta temperatūra savienojumā ar lielu mitrumu savukārt rada patogēnu problēmas. Tāpēc ir šis optimālās temperatūras intervāls, kurā nodrošina spraudēja galotnes daļai vēsāku, bet pamatnes daļai siltāku režīmu (Libby, 1973). Jāņem vērā, ka apsākšanas sākumā substrāta temperatūrai jābūt augstākai, lai veicinātu sakņu veidošanos, bet vēlāk - zemākai, lai veicinātu sakņu attīstību un augšanu.

Spraudēņu sekmīgai apsākšanai nepieciešams paaugstināts **gaisa mitrums**, kuru nodrošina ar pilienvaida vai miglas laistīšanas sistēmu siltumnīcā, vai ar plastplēves tuneliem, ar kuriem siltumnīcā nosedz substrātā iespraustos spraudēņus. Gaisa relatīvo mitrumu apsākšanas laikā dažādi autori rekomendē uzturēt robežās no 65-95%. Hartmann (2002) atzīmē, ka ja spraudēni kaut īsu brīdi cieš no mitruma trūkuma, tie nesakņojas arī tad, ja mitruma līmenis tiek atjaunots. Savukārt Niiranen (1980) konstatējis, ka nenozīmīgas un neilgas gaisa temperatūras un mitruma apstākļu izmaiņas nav bīstamas. Svarīgi, lai laistīšanas sistēma veidotu vienmērīgu pārklājumu (Rone, 1975).

### **Spraušanas laiks**

Nodrošinot nepieciešamos apstākļus, apsākšanu var uzsākt jau marta sākumā (Niiranen, 1980). Trīs nedēļas pēc iespraušanas veidojas kallus un pirmās saknes. Pēc apsākšanās spraudēņus nedrīkst ilgi atstāt miglas siltumnīcā, jo tas pasliktina to kvalitāti. Miglošana ir jāpārtrauc, kad sākas sakņu veidošanās, vai pieļaujama vēl sekundāro sakņu veidošanās laikā, bet obligāti pārtraucama intensīvā sakņu augšanas periodā. Migla sevišķi kaitīga ir dzinumu veidošanās laikā (Hartmann, 2002). Miglošanu pārtrauc pakāpeniski pagarinot atstarpes starp miglošanas reizēm vai saīsinot miglošanas ilgumu vienā reizē. Apsakņotos spraudēņus pārstāda maijā – jūnijā kokaudzētavā dobēs vai konteineros.

### **Literatūra**

- Bentzer, B.** (1988) Rooting and early shoot characteristics of *Picea abies* (L.) Karst. Cutting originating from shoots with enforced vertical growth. Scandinavian Journal of forest research 3: 481-491.
- St. Clair, J. B., Kleinschmit, J. Svolba, J.** (1985) Juvenility and serial vegetative propagation of Norway spruce clones (*Picea abies* Karst.). *Silvae Genetica* 34(1): 42-48.
- Dekker-Robertson, D.I. and Kleinschmit, J.** (1991) Serial propagation in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst): Results from later propagation cycles. *Silvae Genetica* 40(5/6): 202-214.
- Fortanier, E.J. and Jonkers, H.** (1976) Juvenility and maturity of plants as influenced by their ontogenetical and physiological ageing. *Acta Hort. (ISHS)* 56: 37-44.
- Girouard, R. M.** (1974) Propagation of spruce by stem cuttings. *New Zealand Journal of Forestry Science* 4 (2):140-149.
- Greewood, M.** (1995) Juvenility and maturation in conifers: current concepts. *Tree Physiology* 15: 433-438.
- Hartmann H.T., Kester D.E., Davies F.T., Geneve R.L.** (2011) Plant propagation Principles and Practices 7th ed. New Jersey: Prentice Hall, 880 pp.
- Hannerz, M., Almqvist, C., Ekberg, I.** (2001) Rooting success of cuttings from young *Picea abies* in transition to flowering competent phase. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14(6): 498-504.
- Haapanen, M.** (2008) Clones in Finnish tree breeding. In Abstracts from a conference of the Nordic meeting Vegetative propagation of conifers, in Punkaharju, Finland, 10 th- 11 th September, 2008, p.4.
- Högberg, K-A.** (2003) Possibilities and limitations of vegetative propagation in breeding and mass propagation of Norway spruce. Doctoral thesis. Swedish university of Agricultural sciences, Uppsala. 39

- pp.
- Högberg, K-A., Eriksson, U. and Werner, M.** (1995) Vegetative Propagation and Clonal Forestry: Focus on Norway spruce. Redogorelse No 2. SkogForsk, Uppsala, 38 pp. (In Swedish with English summary)
- Hannerz, M., and Wilhelmsson, L.** (1998) Field performance during 14 years' growth of *Picea abies* cuttings and seedlings propagated in containers of varying size. *Forestry* **71**: 373–380.
- Hannerz, M.** (2003) Superiority of Norway spruce cuttings - not only a matter of genetics. In Abstracts from a conference of the Nordic Goup for the Management of Genetic Resources of Trees in Barony Castle, Scotland, 4-7 September, 2002, pp. 27-30.
- Johnsen, Ø.** (2003) Hard pruning and long day treatment of stock plants improve rooting and early growth habit of Norway spruce cuttings. In Abstracts from a conference of the Nordic Goup for the Management of Genetic Resources of Trees in Barony Castle, Scotland, 4-7 September, 2002, pp. 20-21.
- Johnsen, O.** (1985) Successive bulk propagation of juvenile plants from full-sib families of Norway spruce. *Forest Ecology and Management* **11**(4):271-282
- Jurásek, A., Martincová, J.** (2004) Possibilities of influencing the rooting quality of Norway spruce (*Picea abies* (L.) karst.) cuttings. *Journal of forest science* **50** (10): 464-477.
- Kleinschmit, J., Schmidt, J.** (1977) Experiences with *Picea abies* cutting propagation in Germany and problems connected with large scale application. *Silvae Genetica* **26**(5-6): 197-203.
- Kleinschmit, J.** (1974) Use of vegetative propagation for plantation establishment and genetic improvement. A programme for large- scale cutting propagation of norway spruce. *New Zealand Journal of Forestry Science* **4**(2): 359-366.
- Leakey, Roger RB** (2004) *Physiology of vegetative reproduction*. In: *Encyclopaedia of Forest Sciences*. Academic Press, London, UK, pp. 1655-1668.
- Lepistö, M.** (1973) Successful propagation by cuttings of *Picea abies* in Finland. *New Zealand Journal of Forestry Science* **4** (2): 367-370.
- Libby, W.J.** (1973) A summary statement on the 1973 vegetative propagation meeting in Rotorua, New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science* **4** (2): 454-458.
- Mikola, J.** (2008) Successes and failures in forest tree cutting production in Finland. Working papers of the Finnish Forest Research Institute **114**: 39-43.
- Niiranen, J.** (1980) Methods used in cutting propagation of forest trees in Finland. *Silva Fennica* **14**(1): 59-62.
- Roulund, H.** (1975) The effect of the cyclophysis and the topophysis on the rooting ability and behaviour of Norway spruce cuttings. *Acta horticulturae* **54**: 39-50.
- Sonesson, J.** (2003) Results and experiences from the central Swedish clonal forestry program. In Abstracts from a conference of the Nordic Goup for the Management of Genetic Resources of Trees in Barony Castle, Scotland, 4-7 September, 2002, pp. 38
- Sonesson, J., Stahl, P., Bradshaw, R., Lindgren, D.** (2003) Ecological evaluation of clonal forestry with cutting-propagated Norway spruce. In Abstracts from a conference of the Nordic Goup for the Management of Genetic Resources of Trees in Barony Castle, Scotland, 4-7 September, 2002, pp. 45-46.
- Tousignant, D., Villeneuve, M., Rioux, M., Mercier, S.** (1995) Effects of tree flowering and crown position on rooting success of cuttings from 9-year-old black spruce of seedling origin. *Canadian Journal of Forest Research*. **25** (7): 1058-1063.
- Wuhlisch, G. v.** (1984) Propagation of Norway spruce cuttings free of topophysis and cyclophysis effects. *Silvae Genetica* **33** (6): 215-219. ISSN 0037-5349

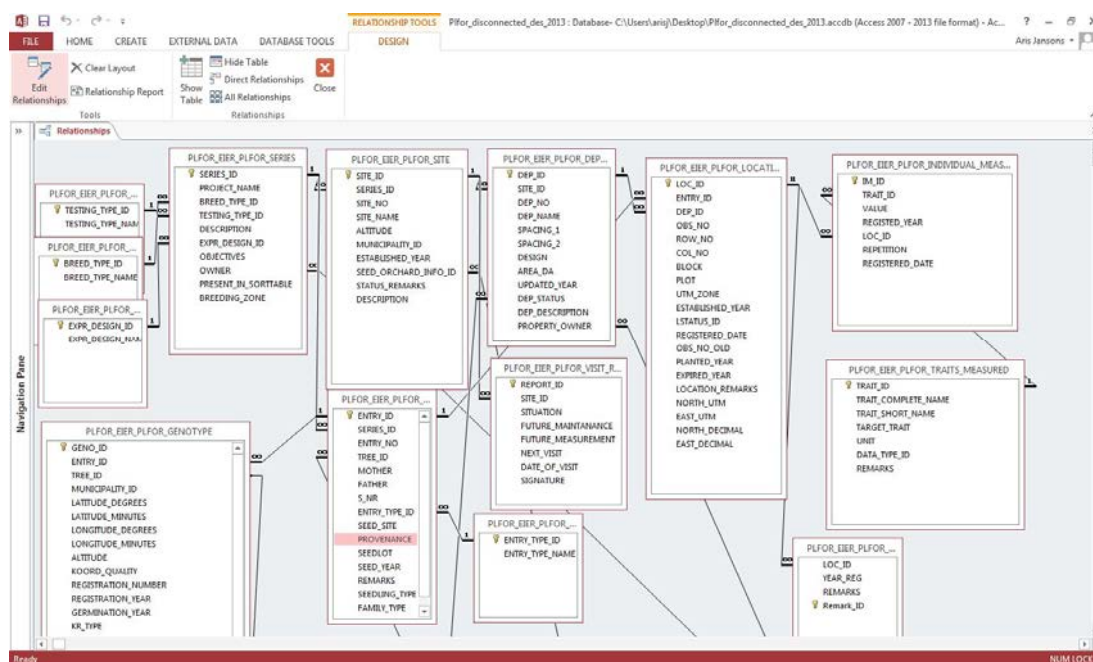
## 5. Kopējas selekcijas objektu informācijas datu bāzes izstrāde

Pārskata periodā uzsākta vienotas meža selekcijas datu bāzes izveide ar mērķi nodrošināt tās standartizētu uzglabāšanu un vienkāršu pieejamību specifisku analīžu (piemēram, stumbra plaisu veidošanās iedzīmstamības koeficienta aprēķins) veikšanai, kā arī iespēju izmantot visu pieejamo datu kopu kompleksā analīzē, atlasot gan selekcijas populācijai, gan sēklu plantāciju izveidei augstvērtīgākos genotipus. Ievadot arī iepriekšējo mērījumu datu bāzē tiks izveidota unificētā apzīmējumu struktūra, novēršot iespējamās kļūdas tālākā datu apstrādē un rezultātu interpretācijā. Vienlaikus ar datu bāzi tiks



izveidot arī algoritmi ģenētisko parametru aprēķinam bezmaksas statistiskās analīzes programmā (R), kas tiks sasaistīta ar datu bāzi.

Programmā MS Access ir izstrādāta datubāzes pamatstruktūra (5.1.attēls.)



5.1.attēls. Selekcijas daru bāzes pamatstruktūra.

Pārskata periodā izstrādāts algoritms vienkāršāko ģenētisko parametru ( $h^2$ ,  $h^2_f$ ,  $r_a$ ,  $r_b$ ) aprēķināšanai, kas testēts dažādiem eksperimentiem, salīdzinot rezultātus ar iepriekš izstrādāto SAS programmas algoritmā iegūstamo un konsultējoties ar kaimiņvalstu (Somijas, METLA, Zviedrijas, Skogforsk) speciālistiem par iespējamām neprecizitātēm. Turpmākajā datu bāzes pilnveidošanas procesā paredzēts veikt analīzi, lai saprastu, vai tās struktūrā nepieciešami papildinājumi, vai arī nepieciešams izslēgt kādas no sadaļām. Tāpat tiks pārskatīti atsevišķu tabulu un datu rindu nosaukumi, lai tie būtu pašizskaidrojoši un nerastos pārpratumi tālākas datu ievades vai apstrādes laikā. Jāņem vērā, ka pašreizējā datubāzes struktūra īpaši pielāgota konkrētiem izmēģinājumu formātiem, tāpēc jāpārdomā, vai struktūra jau sākotnēji atbilst visiem potenciāli pieejamajiem datiem, lai jau datubāzes izveides sākuma posmā būtu iespējams identificēt un novērst datubāzes struktūras trūkumus.

Ir izveidotas aizpildāmas datu formas, norādītas savstarpējās saiknes starp dažādām datu tabulām (attēlā redzama daļa no izveidotajām tabulām un to savstarpējām saiknēm), kā arī definēta tabulu savstarpējās integritātes pārbaude, kas nodrošinās lietotājus pret iespējamām kļūdām, kas saistītas ar datu ievadi un izvadi (piemēram, nebūs iespējams ievadīt kāda stādījuma mērījumus, ja šis stādījums nebūs atrodams stādījumu uzskaites tabulā).

Vizītes laikā Norvēģijā tika iepazītas arī iespējas datubāzi veidot uz citām platformām (piemēram, Oracle), tāpat pārrunātas arī iespējas, ko sniedz datubāzes vadība ar trešās puses programmām (kā R), kuras nodrošina iespēju ne tikai ērtāk vadīt datubāzes datu ievadi un izvadi un integrēti veikt dažādas statistiskās analīzes, bet arī veidot atskaites un vizuālus uzskatus materiālus (kopsavilkumu tabulas, grafikus, utt.).

## 6. Ziedēšanas stimulēšana parastās egles (*Picea abies* (L.) Karst) sēklu ieguves plantācijās

Viena no sēklu ieguves plantāciju galvenajām funkcijām ir sēklu ražošana, tomēr līdz ar selekcijas attīstību, arvien lielāka nozīme ir arī pievienotajai vērtībai - ģenētiskajam ieguvumam. Sēklu plantācijās iegūtās sēklas ir nozīmīgs resurss meža ilgtspējas nodrošināšanai cīņā ar globālo sasilšanu. Pēdējās desmitgadēs ir uzkrāta jauna pieredze un zināšanas sēklu plantāciju apsaimniekošanā.

Parastās egles ziedēšana ir atkarīga no laika apstākļiem, kādi valda periodā no jūnija vidus līdz jūlija vidum, jo šajā laikā, beidzoties dzinumu augšanai garumā, veidojas nākamā gada pumpuri. Ja minētajā

laika periodā ir karsts un sauss laiks, tad veidojas ģeneratīvie pumpuri (ziedpumpuri), ja vēss un mitrs, tad veģetatīvie pumpuri. Parasti dabā laika apstākļi ģeneratīvo pumpuru veidošanai ir labvēlīgi 1 reizi 5-7 gados (Preshler, 2013). Sēklu ražu periodiskuma cēlonis egles sēklu plantācijās ir vairāku faktoru mijiedarbība, kuru izzināšana dod apsaimniekotājam iespēju zināmā mērā ietekmēt šo procesu sev vēlamajā virzienā.

**Ziedēšanas stimulēšanas mērķi un metodes.** Ziedēšanas stimulēšanas mērķi ir: 1) saīsināt juvenīlo augšanas fāzi un panākt agrīnu ziedēšanu vēl nenobriedušiem kokiem, kas dotu priekšrocības selekcijā un sēklu ražošanā (dabiski sēklu ražošana eglei sākas 20-25 gadu veciem, briedumu sasniegušiem kokiem; 2) veicināt lielāku skaitu ģeneratīvo pumpuru veidošanos jau reproduktīvi nobriedušiem kokiem, lai palielinātu elites sēklu ražu.

Tradicionālās metodes sēklu ražas uzlabošanai ietver apstrādes procedūras, kuras ļauj manipulēt ar vecāku koku fizioloģisko stāvokli un ar kuru palīdzību uzlabojas ziedēšana. Pastiprināta ziedēšana tiek sasniegta radot kokiem fizisku stresu - izmainot koka barošanās apstākļus, pielietojot dažādus neorganiskos mēslojumus vai pielietojot augšanas regulatorus, piemēram, giberelīnu. Koku fiziskai apstrādei tiek pakļauti stumbrs un zari (galotņu griešana, gredzenošana - izdarot iegriezumus, gredzenošana ar stiepli,) vai saknes (apgriešana, ierobežošana, strūklveida laistīšana). Kombinēta metožu pielietošana uzlabo katras atsevišķās metodes iedarbības efektu. Skujkokiem visefektīvākā ir augšanas regulatoru pielietošana. Augi dzīves laikā neizbēgami ir pakļauti dažādiem nelabvēlīgiem apstākļiem vai stresiem. Visbiežākā auga reakcija uz to - veidot vairāk ziedus un tātad arī vairāk sēklas. Pētījumiem, kuru mērķis veicināt ziedēšanu ir samērā gara vēsture, tomēr centieni radīt universālu ziedēšanu stimulējošu mehānismu .vai substanci nav bijuši sekmīgi. Koku ziedēšanas process ir komplekss, kuru iespējams kontrolēt vairāki faktori. Augšanas hormoniem ir svarīga loma ziedēšanu iniciējošo faktoru radīšanā vai to līdzsvarošanā ilgtermiņā (Kong, Aderkas, 2004).

Eksogēno augu hormonu vai augšanas regulatoru pielietošana ziedēšanas stimulēšanā skujkoku sugām aizsākās 1950. gadu vidū, kad čiekuru inducēšanai *Cupressaceae* un *Taxodiaceae* dzimtas augiem sekmīgi tika izmantots giberilīns GA<sub>3</sub>. Pēc tam ziedēšanas veicināšanai giberelīni tika izmēģināti jau daudzām skujkoku sugām. Zināmus, tomēr ierobežotus sasniegumus devuši arī citi augšanas stimulatori, pielietojot tos atsevišķi vai izmantojot kombinēti. Ir pieci galvenie augšanas hormonu tipi: giberelīni, citokinīni, auksīni, abscisskābe un etilēns.

Giberelīni ir augu hormonu grupa, kas regulē augšanu un ietekmē dažādus auga attīstības procesus – sēklu dīgšanu, auga augšanu garumā, miera periodu, ziedēšanu, ziedu dzimumu, enzīmu veidošanos, lapu un augļu novecošanu. Ir atklāti vairāk kā 110 giberelīni, kuri atšķiras pēc to radītajiem bioloģiskajiem efektiem. Giberelīni GA<sub>4</sub>, GA<sub>7</sub> un GA<sub>9</sub> izrādījušies visefektīvākie ziedēšanas stimulēšanā *Pinaceae* dzimtas sugām (Pharis, 1991). Viena vai otra giberelīna priekšroka pielietošanai kādai noteiktai dzimtai nav atkarīga tikai no giberelīna stabilitātes, bet arī no giberelīna aprites ātruma auga audos notiekošajos metabolisma procesos. Giberelīnus var pielietot dažādi – apsmidzinot koka mizu, apstrādājot pumpurus, izdarot injekcijas pumpuru pamatnē, izdarot injekcijas stumbrā. Katrai koku sugai ir kāda vispiemērotākā metode, kura dod vislabāko efektu. Parastai eglei tā ir giberelīna GA<sub>4/7</sub> injicēšana stumbrā, kas veicina sievišķo ziedu veidošanos lielākā skaitā, bet vīrišķo ziedu daudzumu neietekmē (Fogal et al, 1996).

Citokinīni ir fitohormoni, kam ir svarīga nozīme auga šūnas cikla regulēšanā un attīstībā, tie veicina šūnas dalīšanos - citokinēzi, orgānu attīstību, sānu pumpuru veidošanos, kavē novecošanos. Citokinīni ir pārstāvēti visos auga audos, bet lielāka to koncentrācija ir sakņu galos, pumpuros un nenobriedušās sēklās. Ārēja citokinīnu pielietošana rosina pumpuru veidošanos un arī kontrolē pumpuru atvēršanos. Konstatēts, ka ārēji pielietojot citokinīnu, paaugstinās auga iekšējo citokinīnu līmenis. Pavasarī citokinīnu līmenis saknēs pieaug un caur ksilēmu (koksni) tiek transportēts uz atvasēm, un ietekmē auga augšanu. Dažādās auga daļās dominē dažādi citokinīnu savienojumi. Čiekuru inducēšanai citokinīnus var pielietot atsevišķi vai kopā ar citiem augšanas regulatoriem. Smith un Greenwood (1995) konstatējuši, ka atsevišķa sintētiskā citokinīna benzilaminopurīna (BAP) pielietošana agrīnā pumpuru attīstības stadijā devusi drīzāk negatīvu rezultātu – samazinājusi ziedēšanu *Picea mariana*. Parastai eglei citokinīnu pielietošana netiek rekomendēta.

Auksīni - fitohormonu grupa, kas aktivizē šūnu dalīšanos un augšanu (stiepšanos), stimulē sekundāro augšanu, regulē augu atbildes reakciju uz dažādiem kairinājumiem. Skujkoku reakcija uz auksīniem ir atšķirīga dažādām sugām. Pharis et al (1980), atzīmējis viena no auksīnu - naftilēnetiķskābes (NAA) pielietošanu kopā ar giberelīniem, lai uzlabotu giberelīnu iedarbības efektu. Šādā kombinācijā zemas koncentrācijas NAA pielietošana sekmēja sievišķo ziedu veidošanos, bet augstas koncentrācijas NAA – stimulēja vīrišķo ziedu veidošanos duglāzijai. Atsevišķa NAA pielietošana savukārt samazināja sievišķo

ziedu veidošanos *Pinus contorta* un *Pinus tabulaeformis*, bet sekmēja vīrišķo ziedu veidošanos *Pinus tabulaeformis*. Auksīnu pielietošana ziedēšanas stimulēšanai parastai eglei netiek rekomendēta.

**Abcisskābe (ABA)** – sākotnēji tika atklāta tās loma lapu nobiršanā rudenī. ABA ir galvenais regulējošais faktors daudzās fizioloģiskās reakcijās, ieskaitot transpirāciju, reakciju uz stresu, sēklu dīgšanu un embriogēni. ABA ietekmē augu augšanu un attīstību, bet bieži mijiedarbībā ar citiem augu hormoniem. Auga augšanas nodrošināšanai nepieciešams optimāls ABA līmenis, ja tā nav, augšs nīkuļo. ABA darbojas kā starpnieks auga adaptācijai dažādu stresu apstākļos. Fizisks stress ietekmē auga iekšējo ABA koncentrācijas līmeni. Pilate et al (1990) konstatējis, ka duglāzijai ārējā apstrāde ar GA<sub>4/7</sub> sekmē ziedēšanu un apstrādātajiem kokiem iekšējā ABA koncentrācijas dubultošanās, salīdzinājumā ar kontroli. Tomēr plašu pētījumu par ABA lomu ziedēšanas procesā nav, vien daži eksperimenti. Tomsett (1977) konstatējis, ka ārēji pielietota ABA samazināja ziedēšanas efektu Sitkas eglei, kas bija iegūts pielietojot giberelīnu. Rekomendāciju ABA pielietošanai ziedēšanas stimulēšanā parastai eglei nav.

**Etilēns** ir gāzveidīgs augu hormons, kas labi pazīstams pateicoties tā lomai augļu nobriešanas procesā. Etilēna biosintēze notiek augam reaģējot uz ūdens, audu ievainošanas vai augstas temperatūras radītu stresu, kas ir tradicionālās metodes, ko parasti pielieto ziedēšanas stimulēšanai. Nelieli panākumi tikuši sasniegti izmantojot etilēnu *Pinaceae* dzimtas koku sugu čiekuru inducēšanai. 1970. gados veikti testi ar etilēnu dažādām sugām. Parastai eglei izdevies panākt sievišķo čiekuru skaita dubultošanos, bet duglāzijai nav sasniegts gaidītais efekts (Kong, Aderkas, 2004).

**Fizioloģisko procesu ietekme uz ziedu dzimumu.** Lai arī augšanas regulatoru pielietošana ziedēšanas stimulēšanā skujkokiem ir devusi labus rezultātus, tomēr, lai sekmīgi to izmantotu plantāciju sēklu ražas veidošanā un apsaimniekošanā, ļoti svarīgi ir saprast koka iekšējo fizioloģisko procesu, kuri regulē noteikta ziedu dzimuma izpausmi, nozīmi. Skujkoku vainagā un arī atsevišķi tā zaros ir labi pamanāms ziedu dzimuma zonējums, kas visticamāk ir saistīts ar iekšējo hormonālo un barības vielu līmeni. Apstrāde ar giberelīniem vai auksīniem, vai noteikti kopšanas pasākumi, kas paši par sevi jau ietekmē koka iekšējo hormonu līmeni un arī ir primārie, kas nosaka (ietekmē) vīrišķo vai sievišķo ziedēšanu, atkarībā no apstrādātā zara atrašanās vietas koka vainagā un ziedu aizmetņu attīstības stadijas ķīmiskās apstrādes veikšanas laikā, var dot dažādus rezultātus. Eksogēno giberelīnu pielietošanas laiks dzimuma aizmetnī var veicināt vai nu vīrišķo, vai sievišķo ziedēšanu, vai arī turpinātu veģetatīvo attīstību. Konstatēta arī fotoperioda nozīme – īsākas dienas sekmē sievišķo, bet garākas – vīrišķo ziedu veidošanos, tomēr tas nav viennozīmīgi attiecināms uz visām skujkoku sugām (Ross, Pharis, 1987).

Skujkokiem sievišķo un vīrišķo ziedu veidošanās vietas tendences vainagā ir atkarīgas no koka vecuma un ir līdzīgas lielākai daļai skuju koku. Kokam pieaugot un nobriestot, sievišķie strobili vispirms diferencējas uz galvenajiem zariem (pamatzariem) vainaga augšdaļā. *Picea* un *Pseudotsuga* dzimtām raksturīgi, ka sievišķie strobili pirmām kārtām veidojas uz galveno zaru tekošā gada dzimuma mazāk spēcīgiem sānu zariem un uz galotnes dzimuma pretēji novietotiem pirmās pakāpes sānu zariem. Vecumam palielinoties, sievišķās ziedēšanas zona vainagā paplašinās uz leju un uz iekšpusi, ietverot spēcīgākos pamata zaru sānzarus. Tomēr koka vecumam vēl pieaugot, sievišķās ziedēšanas zona atkal pārvietojas uz vainaga ārpusi un aptver vien dažus spēcīgākos zarus. Vīrišķo strobilu zonas izmaiņas vainagā, pieaugot koka vecumam, ir pretējas. Jaunākiem kokiem vīrišķie strobili veidojas mazāk spēcīgo apakšējo zaru daļā tālāk no stumbra. Pieaugot vecumam, vīrišķo strobilu veidošanās aptver vainagu augstāk un dziļāk, visbiežāk beidzoties vainaga vidusdaļā. Vainagā parasti ir t.s. pārejas zona, kurā uz viena un tā paša zara ir abu dzimumu strobili, tikai sievišķie strobili ir izvietoti tālāk no stumbra – zaru galos. Dzimumu zonējums spilgti izteikts galvenokārt vāji ziedošiem indivīdiem vājas ziedēšanas gados. Labas ziedēšanas gados, kā arī sekmīgas ziedēšanas stimulēšanas gadījumos, sievišķās ziedēšanas zona paplašinās uz vainaga leju un uz iekšu, bet vīrišķā – uz augšu un uz āru (Ross, Pharis, 1987). Parastai eglei abu dzimumu strobili parādās aptuveni vienā un tajā pašā zaru dzimumu attīstības stadijā. Neskatoties uz to, vīrišķās ziedēšanas stimulēšanai optimālais laiks iestājas agrāk kā sievišķās ziedēšanas stimulēšanai. To pamato tā, ka vīrišķie strobili biežāk diferencējas uz vājākiem sānzariem vainaga lejasdaļā, kuri savu attīstību augšanas sezonas laikā beidz agrāk kā spēcīgie vainaga augšdaļas dzimumi, uz kuriem raksturīga sievišķo strobilu diferencēšanās (Ross, Pharis, 1987).

**Ziedēšanas hormonālais mehānisms.** Izmantojot dažādas augu augšanas regulatoru kombinācijas, selektīvu vainaga retināšanu, apstrādes laika un/vai foto perioda kontroli iespējams manipulēt ar ziedu dzimuma izpausmi (sex expression). Spektrometrijas metodes deva iespēju izpētīt augu endogēno hormonu darbību un skujkoku fizioloģijas īpatnējo raksturu. Giberelīnu induktīvā loma skujkokiem ir unikāla (Kong, Aderkas, 2004), līdz ar to, tikai ar praktiskiem eksperimentiem var virzīties uz gaidīto rezultātu, jo izmantot pieredzi, kas iegūta pētīt giberelīnu ietekmi uz citām koku sugām, piemēram, apsēm vai bērziem,

nav iespējams. Tas tāpēc, ka segsēkļiem giberelīns darbojas kā inhibitors, kas ir gluži pretēji kā skuju kokiem (kailsēkļiem). Tomēr arī katrai skujkoku dzimtai ir „savi” giberelīni, uz kuriem tā reaģē vislabāk – *Pinaceae* tas ir GA<sub>4/7</sub>, bet *Taxodiaceae* un *Cupressaceae* – GA<sub>3</sub>. Giberelīnu sīkāka izpēte atklāja, ka atšķirības starp vāji ziedošiem un labi ziedošiem kloniem korelē ar atšķirībām endogēno giberelīnu metabolismā: labajiem kloniem trūkst GA<sub>1</sub>, bet vāji ziedošajiem kloniem savukārt ir GA<sub>3</sub> pārpilnība, tāpat konstatēts, ka GA<sub>9</sub> un GA<sub>1</sub> proporcija labi ziedošajiem ir apmēram 10 reizes augstāka kā vāji ziedošajiem (Kong, Aderkas, 2004). Pastāv dažādas hipotēzes par to, kādi endogēnie procesi regulē čiekuru veidošanos, bet nepietiekama lielākās daļas hormonu izpēte neļauj izdarīt viennozīmīgus secinājumus, kā katras atšķirīgās klases hormoni – citokinīni, augsni, abscisskābe un etilēns, mijiedarbojas ar dažādiem giberelīniem. Ilgs izmēģinājumu periods bija nepieciešams, līdz noskaidrojās BAP ietekme uz ziedpumpuru veidošanos un spēju izraisīt to dzimuma maiņu. Tas savukārt bija par pamatu hipotēzei, ka proporcija starp citokinīniem un augsni ziedpumpuru diferencēšanās laikā var ietekmēt ziedu dzimumu, t.i. proporcionāli lielāka sievišķo un mazāka vīrišķo ziedu skaita veidošanos. Turklāt konstatēts, ka sievišķo strobilu skaits negatīvi korelē ar veģetatīvo dzinumumu garumu *Picea sitchensis*, *Pinus caribaea*, *Pinus radiata* un *Pinus contorta*. Lielāks dzinumumu garums iespējams ir lielākas endogēno augsni koncentrācijas rezultāts. Ja tā, tad samazinoties citokinīnu/augsni proporcijai tiek apspiesta (apslāpēta) sievišķo ziedu veidošanās, taču šāda hipotēze vēl eksperimentāli jāapstiprina (Kong, Aderkas, 2004).

Būtiski, ka stimulējot sievišķo vai vīrišķo ziedu diferencēšanos, svarīgs ir ne tikai apstrādes veids, bet arī pumpuru attīstības pakāpe apstrādes veikšanas laikā. Pielietojot vienu un to pašu augu augšanas regulatoru, iespējams sasniegt dažādus rezultātus dažādos pumpuru attīstības periodos, tāpēc nepieciešams noteikt pumpura attīstības stadijas, kurās tie ir visjutīgākie attiecībā uz augšanas regulatoru pielietošanu. Reakcija uz stimulēšanas procedūrām ir atšķirīga gan starp sugām, gan pielietotajiem augšanas regulatoriem. Giberelīnus pielieto pirms vai arī ziedpumpuru iniciācijas fāzes laikā, ar mērķi palielināt ziedēšanu, kamēr citokinīnus, kā BAP, lieto ziedu diferencēšanās stadijā, lai izmainītu dzimuma ekspresiju no vīrišķās uz sievišķo. Ja BAP augiem pielieto pirms vai iniciācijas stadijas laikā, tas neietekmē dzimumu, bet veicina veģetatīvo augšanu. Ja BAP pielieto pārāk vēlu, t.i. pēc diferencēšanās stadijas, tad netiek panākts vispār nekāds efekts. Kong un Aderkas (2004) uzsver, ka pareizi izvēlēts apstrādes laiks ir pat svarīgāks kā apstrādes ar augšanas regulatoru pielietošanas biežums.

**Fenoloģisko novērojumu nozīme.** Liels skaits pētījumu liecina, ka sievišķās un vīrišķās ziedēšanas asinhronitāte (ne vienlaicīgums) ir nopietna problēma vairākām mērenās joslas skuju koku sugām – *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco; *Picea sitchensis* (Bong.) Carr.; *Pinus radiata* D. Don; *Pinus taeda* un *Pinus nigra* Arnold (Nikkanen, 2001), arī *Picea abies* (L.) Karst. Sekmīgai ziedēšanas stimulēšanai ir svarīgi prognozēt laiku (datumu), kad, atkarībā no mērķa, tiks sasniegta apstrādei vispiemērotākā auga attīstības fāze. Šādu informāciju dod fenoloģiskie novērojumi. Reproductīvās fenoloģijas pētījumu parastai eglei nav īpaši daudz. Somijā Sarvas (1968) pētījis ziedēšanu un sēklu ražošanu mežaudzēs, Erikson et al (1973) – ziedēšanu 4 gadus vecā klonu izmēģinājumu stādījumā un Luomajoki (1993) – egles piemērošanos klimata izmaiņām Somijā, bet trūkst ziedēšanas fenoloģijas pētījumu egles sēklu ieguves plantācijās (Nikkanen, 2001). Laika apstākļi var gan veicināt, gan kavēt auga attīstības procesus. Noteiktas attīstības stadijas sasniegšanai nepieciešama attiecīgas aktīvo temperatūru summas sasniegšana (iestāšanās), bet tās iestāšanās pa gadiem ir atšķirīga. Nikkanen (2001) izvērtējot 12 gadu ilgu novērojumu datus egles sēklu plantācijā Heināmāki Somijā (ierīkota 1968. gadā, pārstāvēti 67 kloni, kuru izcelsme ir Ziemeļsomijā no 64- 67°N, platība 13,2 ha), izslēdzot gadus, kuros bijusi ļoti vāja apputeksnēšanās, pēc septiņu atlikušo gadu datiem konstatē, ka ziedēšanas maksimums pa gadiem svārstās laikā no 15. maija līdz 6. jūnijam, kad efektīvo temperatūru summa savukārt ir no 122 – 159° C, vidēji 141° C. Tādejādi sievišķās un vīrišķās ziedēšanas sinhronitāte (vienlaicīgums) variē pa gadiem. Atkarībā no laika apstākļiem – tā var būt pilnīgi vienlaicīga ļoti siltos laika apstākļos, kad ziedēšana ir īsa un atšķirības starp dažādiem kloniem ļoti nelielas. Citu gadu ziedēšana ir ilgāka un atšķirības starp kloniem ir lielākas, un sievišķie strobili spēju uztvert putekšņus (receptivitāti) sasniedz straujāk nekā sākas putekšņu izlidošana. Piemēram, Nikkanen (2001) konstatē, ka 1993. gadā Heināmāki egles sēklu plantācijā atsevišķiem kloniem receptivitāte beidzās vēl pirms dažiem kloniem vispār sākās putekšņu izlidošana. Tas nozīmē, ka arī klonu skaits, kas piedalās ražas veidošanā plantācijā ir atšķirīgs pa ražas gadiem. Nejauši izvēlētiem kloniem, kuru rameti auga pēc reljefa un augsnes atšķirīgās Heināmāki sēklu plantācijas daļās, būtiskākas atšķirības ziedēšanas fenoloģijā novērotas vīrišķajiem nekā sievišķajiem strobiliem, tātad vides faktors spēcīgāk ietekmē vīrišķo nekā sievišķo fenoloģiju. Netika konstatētas korelatīvas sakarības starp klonu sievišķo un vīrišķo ziedu fenoloģiskajiem novērojumiem un ģeogrāfisko izcelsmi, bet statistiski būtiska korelācija konstatēta starp potējumu vainaga lielumu (apjomu) un apputeksnēšanās sākuma laiku ( $r = 0,52$ ,  $p = 0,016$ ) - kloniem ar

lielu vainagu ziedēšana sākas vēlāk. Putekšņu izlidošana vainaga augšējās daļas (> 4 m) strobiliem sākas agrāk nekā no vainaga zemākās daļas. Bez tam, apakšējās vainaga daļas strobilus ietekmē arī vainaga ekspozīcija (Nikkanen, 2004). Pētījumā Heinämäki plantācijā konstatēts, ka lielāks attālums starp potējumiem veicina agrāku putekšņu izlidošanu, arī potējumiem, kas auga nogāzes dienvidu pusē ir līdzīgs efekts un saīsinās atšķirības laikā starp putekšņu izlidošanu un to uztveršanas spēju. Pakkanen et al (2000) konstatējis, ka putekšņu piesārņojums plantācijas retinātajā daļā ir zemāks kā neretinātajā. Tas liek secināt, ka egles sēklu plantācijās ir būtiski svarīgi, lai potējumiem būtu iespēja saņemt vairāk saules radiāciju un labāku ventilāciju vainaga apakšējai daļai. Atbilstoša retināšana var tikt pielietota agrākas putekšņu izlidošanas veicināšanai un putekšņu piesārņojuma samazināšanai, tādējādi sekmējot reproduktīvo sinhronizāciju un paaugstinot sēklu plantācijas ģenētisko efektivitāti. Viss pasākumu komplekss - savlaicīga plantācijas kopšana, ja nepieciešams - retināšana, mēslošana un paralēla ziedēšanas stimulēšana ar ķīmiskām (giberelīni) un arī mehāniskām (galotņu apgriešana, sakņu apgriešana, stumbra gredzenošana) metodēm paaugstina sēklu plantācijas ražību.

**Citu valstu pieredze ziedēšanas stimulēšanā.** Augšanas regulatoru pielietošanas metodes ir dažādas – izsmidzināšana uz lapām, apstrāde ar pastām, pumpuru injekcijas, stumbra injekcijas un parasti kādas no tām pielietošana tiek kombinēta ar citām metodēm - kā gredzenošana, apgriešana, sausums un/vai mēslošana. Piemēram, Pharis (1976) un Bhumibhamon (1978) atzīst, ka iespējams vienlaicīgi izmantot augsnes gatavošanu un mēslošanu, kas labvēlīgi ietekmē potējumu attīstību, un arī augšanas hormonu pielietošanu. No augšanas hormoniem, kuri tiek lietoti skuju koku ziedēšanas veicināšanai, par „viscerīgākajiem” uzskatāmi giberelīni. Lai gan dažādu orgānu diferencēšanos un augšanu skuju kokiem veicina augsni, apstrāde ar eksogēnajiem augsniem (tādiem kā indoliletīkskābe (IES), naftiletīkskābe (NES) izrādījās rezultatīva un deva nozīmīgu ziedu veidošanās efektu vienīgi tad, ja tos lietoja kopā ar giberilīniem (Pharis 1976). Arī augšanas inhibitori, tādi kā dihloretīlēns, ir efektīvi ziedēšanas veicinātāji skujkoku sugām, tikai, ja lietoti pēc giberelīna pielietošanas (Bleymüller, 1978). Giberelīnu lomu veģetatīvās un reproduktīvās augšanas veicināšanā skujkokiem detalizēti pētījuši Pharis un Kuo (1977) un secinājuši, ka katrā ziņā visiem pētītajiem skujkokiem endogēnie giberelīni kontrolē dzinumus augšanu, bet nav atrasta tieša saistība starp endogēno giberelīnu līmeni un kambija augšanas aktivitāti.

**Francijā** laikā no 1985. – 2002. gadam sēklu plantācijās veikti vairāk kā 80 ziedēšanas stimulēšanas izmēģinājumi, ar mērķi - novērtēt dažādu stimulēšanas tehniku efektivitāti vainagā, izkopt vislabāko no tām, tālāk noteikt tās ietekmi uz sēklu ģenētisko kvalitāti un ražošanas izmaksām (Philippe, 2004). Mērķa sugas: *Pseudotsuga menziesii*, *Larix decidua* un *Larix Kaempferi*, *Pinus pinaster* un *Picea abies*. Konstatēts, ka vislabāko efektu dod kombinēta metožu pielietošana. Salīdzinot metodes, kurās ievēroti dažādi atšķirīgi nosacījumi, izstrādātas rekomendācijas attiecībā uz metodes lietošanas laiku, tehniku un lietojamās aktīvās vielas daudzumu. Pētījumi liecina, ka apstrāde 2 reizes gadā varētu nebūt savienojama ar ilgtspējīgu ražošanu, īpaši lapeglei un duglāzijai, tāpēc iesaka vienus un tos pašus kokus plantācijā apstrādāt tikai katru trešo gadu. Parastai eglei rekomendēts pielietot gredzenošana trīs nedēļas pirms veģetatīvo pumpuru plaukšanas, kombinējot ar GA<sub>4/7</sub> injekcijām vienu nedēļu pēc plaukšanas. Gredzenošana iesaka izdarīt ar zāģi veicot pāris iegriezumus mizā 1/2 no stumbra apkārtmēra, bet ne visapkārt stumbram. Ieteiktā giberelīna deva ir 10 mg uz 1 stumbra augstuma metru (0,5 mg/cm<sup>2</sup> stumbra šķērslaukuma 15 gadus veciem kokiem) (Philippe, 2004). Novērots arī, ka apstrādātajiem kokiem ir tendence veidot mazāka izmēra čiekurus nekā kontroles kokiem, kas samazina potenciālo sēklu ražu no čiekura, tomēr tiek uzskatīts, ka čiekuri ir mazāki, jo pēc apstrādes to ir vairāk un, ka tas nav uzskatāms par tiešo apstrādes izraisīto efektu. Philippe (2004) arī uzsver, ka sēklu plantācijas tiek veidotas ar mērķi ražot sēklas ar augstu ģenētisko vērtību un, vai ir iespējams šo kvalitāti savienot ar kvantitāti, tas ir diskutabls jautājums. No vienas puses tiek uzskatīts, ka stimulēšanas pasākumi veicina panmiksiju (visas iespējamās krustojumu kombinācijas var notikt ar vienādu varbūtību.), jo palielinās ziedošo koku skaits, līdz ar to arī vecāku koku skaits, kas iesaistīti sēklu ražas veidošanā (Wheeler et al, 1985). No otras puses, Sweet un Krugman (1977) pētījumos konstatēts, ka ziedēšanas stimulēšana īpaši veicina genotipus, kuriem jau piemīt labas ziedēšanas spējas. Tādā gadījumā pastāv risks, ka stimulēšana izjauc vecāku koku līdzsvaru un samazina panmiksiju. Apstrādes ietekmi uz iegūto sēklu ģenētisko kvalitāti raksturo atšķirības starp genotipu skaitu stimulētajās un kontroles populācijās, kas salīdzinātas izmantojot ražības indeksu - neradniecīgo un neradniecīgi krustojušos vecāku koku skaits, izteikts % no kopējā vecāku koku skaita:

$$F\% = F \cdot 100 / N = (1/S P_1^2) \cdot 100 / N, \text{ kur}$$

$P_1 = i$  vecāka gametu ( $\sigma + \rho$ ) dalība (kontribūcija);  $N$  = vecāku skaits populācijā.

$F\%$  variē no 0% līdz 100%, jo tas ir augstāks, jo viendabīgāka vecāku koku dalība apputeksnēšanā. Konstatēts, ka parastai eglei šis indekss vienmēr ir augstāks ar GA stimulētajās populācijās nekā kontroles

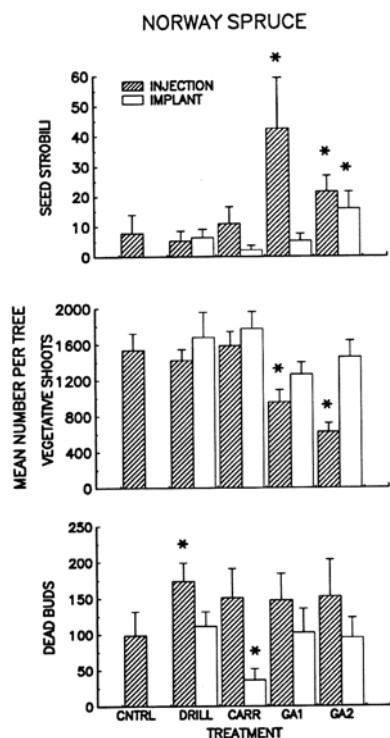
populācijās. Tas apstiprinājies gan vājas, vidējas, gan bagātas ziedēšanas gados (Philippe, 2004). Iespēja, ka ziedošie kloni savstarpēji krustosies ir atkarīga no vairākiem faktoriem – klona fenoloģijas, attāluma starp kloniem, apputeksnēšanās efektivitātes, kas savukārt atkarīgi no apstrādes metodes un iespējami viendabīgākas gametu līdzdalības, lai varētu notikt panmiksija. Bez tam, stimulēšanā panāktajai pastiprinātai putekšņu ražošanai jābūt tik lielai, lai samazinātu gan svešapputes, gan arī pašapputes iespēju. Tādejādi ziedēšanas stimulēšanas pasākumi plantācijas apsaimniekotājam nodrošinās lielāku iespēju iegūt gaidīto ģenētisko ieguvumu, respektējot pieņēmumus, kas iegūti no teorētiskajiem ģenētiskā ieguvuma aprēķiniem. Philippe (2004) secina, ka ziedēšanas stimulēšanas izmēģinājumos iegūtie rezultāti apstiprina, ka nav konflikta starp sēklu ražošanu, sēklu ģenētisko kvalitāti un izmaksu efektivitāti, un plantācijas apsaimniekotājam vajadzētu būt ieinteresētam ziedēšanas stimulēšanas pasākumu pielietošanā.

**Kanādā** veikti izmēģinājumi vairākām skujuķoku sugām reproduktīvās attīstības stimulēšanai ar giberelīniem: *Picea glauca* (Moench) Voss; *Picea abies* (L.) Karst un *Pinus banksiana* Lamb. Egles tika apstrādātas ar GA<sub>4/7</sub> 60:40, lietojot 1,53 mg GA<sub>4/7</sub> uz 1cm<sup>2</sup> stumbra šķērslaukuma krūšu augstumā dzinumu augšanas beigu fāzē (19. un 20. jūnijā), stumbrā injicējot šķidrums, vai ievadot GA<sub>4/7</sub> kapsulu implantus. Vienas injekcijas kapsulas sastāvs – 20 mg GA<sub>4/7</sub> un 3 ml patentēta šķīdinātāja; implantu kapsulas pildītas ar 22 mg GA<sub>4/7</sub> aktīvās vielas un 78 mg kukurūzas cietes. Caurumi abu veidu kapsulu ievadīšanai tika ieburti tieši virs sakņu kakla, bet potējumiem – zem potējuma vietas. Ievadīto injekciju vai kapsulu skaits atkarīgs no koka izmēriem un attiecīgi nepieciešamā GA<sub>4/7</sub> daudzuma. Izmantotas divas dažādas giberelīna devas – 0,76 un 1,53 mg uz 1cm<sup>2</sup> stumbra šķērslaukuma krūšu augstumā. Lai noteiktu vajadzīgās GA<sub>4/7</sub> devas kokam, tiek izmantots šķērslaukums krūšu augstumā, bet ne koku diametrs. Tas ļauj drošāk izvairīties no iespējas pārdozēt devu mazākiem kokiem, vai noteikt nepietiekamu lielākiem kokiem (Fogal et al, 1996). Parastās egles stādījumā, kas ierīkots 1970. gadā lēzenā (7°) austrumu nogāzē ar 3 gadīgiem sējeņiem, stādīšanas attālumi 1,8 x 1,8 m, audzes vainagi saslēgušies un stumbri atzarojušies līdz 2 m augstumam. 1989. gadā tika atlasīti 80 labi augoši, labas formas koki, to vidējais augstums un krūša augstuma caurmērs 19 gadu vecumā bija attiecīgi 10,7±0,4 m un 13,9 ± 0,7 cm. 16 pēc nejaušības principa izvēlēti koki (8 koki katrā variantā) tika atstāti kontrolei – netika apstrādāti, pārējie, kad 70-80% no vainaga vidusdaļas zaru galotnes dzinumiem bija sasnieguši augšanas garumā beigu fāzi (19. un 20. jūnijā), apstrādāti ar GA<sub>4/7</sub>. Bez apstrādes ar stimulatoriem viena parastā egle ražoja 8 ± 6 sievišķos un 59 ± 22 vīrišķos strobilus, kas ir relatīvi ievērojams vīrišķo strobilu pārsvars. Apstrādes rezultātā: statistiski būtiski (P < 0.05) pieauga sievišķo strobilu skaits pielietojot gan mazāko (0,76 mg GA<sub>4/7</sub>/cm<sup>2</sup>) gan lielāko (1,53 mg GA<sub>4/7</sub>/cm<sup>2</sup>) preparāta devu. Pielietojot injekcijas stumbrā, sievišķo strobilu skaits vidēji pieauga līdz 42 ± 17 ar zemāko preparāta devu, ar lielāko devu – vidēji līdz 21 ± 5 sievišķajiem strobiliem uz 1 koku. Implantu ar 1,53 mg GA<sub>4/7</sub>/cm<sup>2</sup> lielu giberelīna devu būtiski (P < 0.05) palielināja sievišķo strobilu skaitu – 16 ± 6 vienam kokam. Vidējais vīrišķo strobilu skaits pieaugums bija statistiski nebūtisks (P > 0.05). Veģetatīvo dzinumu attīstība (skaits) ievērojami samazinājās gan ar zemāko, gan augstāko GA<sub>4/7</sub> injekcijas devu: no 1537 ± 186 uz attiecīgi 955 ± 135 un 623 ± 99, bet ar implantiem - nē. Nedzīvo pumpuru skaita ievērojams pieaugums no 98 ± 34 neapstrādātajiem kontroles kokiem, līdz 174 ± 25 kokiem, kuriem izdarītas injekcijas un būtiski samazinājās no 37 ± 15 kokiem, kuriem ievietoti implantu (6.1. attēls). Nevienā eksperimenta variantā netika novērota skuju atmiršana vai hloroze (Fogal et al, 1996).

Šo eksperimentu rezultāti ļauj secināt, ka vienreizēja, pareizā laikā izdarīta stumbra injekciju procedūra, kas veikta dzinumu augšanas beigu fāzē, var statistiski būtiski palielināt sēklu, nevis putekšņu strobilu skaitu Kanādas un parastai eglei. Stimulēšanai optimālais laiks parastai eglei ar injekcijām ir 1 vai 2 nedēļas pirms dzinumu augšanas pārtraukšanās, kad 80% sānu dzinumu augšana ir beigusies (Dunnberg et al, 1983). Novērots, ka implantu pielietošana parastai eglei izrādījās efektīva vienīgi ar augstāko preparāta devu, bet ne Kanādas egles (*Picea glauca* (Moench) Voss ) potējumiem. To izskaidro ar iespējamām transporta funkciju anomālijām, jo urbūmi implantu ievietošanai tika izdarīti zem potējuma vietas.

Vislielākā praktiskā pieredze giberelīnu pielietošanā ziedēšanas stimulēšanai šobrīd ir zināma Zviedrijā. Dunberg (1980) veiktajos ziedēšanas stimulēšanas izmēģinājumos ar GA<sub>4</sub>, GA<sub>7</sub>, GA<sub>3</sub>, GA<sub>9</sub> un sintētisko augsni naftiletiķskābi konstatēts, ka novērojamas lielas atšķirības starp kloniem pa gadiem un arī pa gadiem klonu robežās, kā arī klonu reakcijā uz pielietotajiem preparātiem. Visefektīvākā izrādījusies apstrāde ar GA<sub>4</sub> un GA<sub>7</sub> maisījumu, bet ar GA<sub>3</sub> un GA<sub>9</sub> neefektīga. Naftiletiķskābes izmantošana nav devusi rezultātus. Uz šo pētījumu pamata izstrādātas pirmās rekomendācijas giberelīnu pielietošanai ziedēšanas stimulēšanai egles sēklu plantācijās, gan uzsverot, ka pozitīvu efektu visiem kloniem pielietotā metode nedod. Metodes praktiska pielietošana uzsākta 2005. gadā, veicot stimulēšanas izmēģinājumus 4 egles sēklu plantācijās Zviedrijas dienvidos (Almqvist, 2007) (6.2. attēls). Divas no izvēlētajām

plantācijām bija tuvu ekspluatācijas laika beigām, divas - sēkļu ražošanas sākuma fāzē. Sēkļu plantāciju raksturojums un izmēģinājumos iekļauto potējumu skaits apkopots 6.1.tabulā (Almqvist 2007).



**Fig. 3.** Mean number ( $\pm$ SE) of seed strobili, vegetative shoots, and dead buds in relation to treatments for Norway spruce. CNTRL, control; DRILL, drill control; CARR, GA<sub>4/7</sub> carrier control; GA1, GA<sub>4/7</sub> at 0.76 mg/cm<sup>2</sup>; GA2, GA<sub>4/7</sub> at 1.53 mg/cm<sup>2</sup>; \*Significantly different from CNTRL at  $P \leq 0.05$  (least significant difference test).

6.1. attēls no Fogal et al (1996).

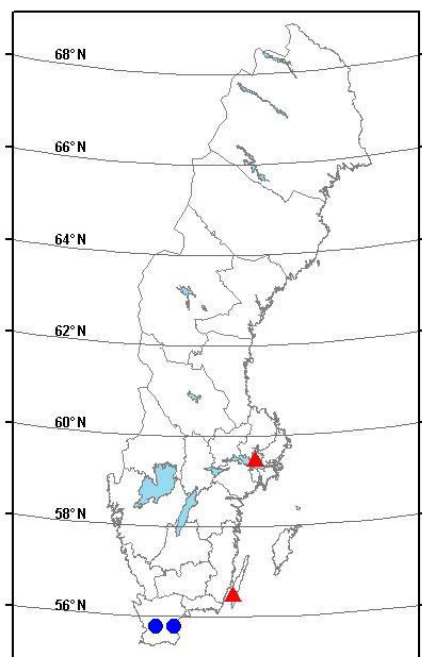


Figure 1. Locations of the seed orchards. Blue circles show the locations of the two old orchards: 52 Maglehem and 68 Slogstorp. Red triangles show the locations of the two young orchards: 501 Bredeinge on the island of Öland and 504 Ålbrunna, outside Stockholm.

6.2. attēls no Almqvist (2007). Eksperimentā iekļauto sēkļu plantāciju atrašanās vietas.

Izmēģinājumos ar GA<sub>4/7</sub> iekļauto sēklu plantāciju raksturojums, apstrādes laiks 2005. gadā un pētījumā

iekļauto potējumu un paraugu skaits.

	504 Ālbrunna	501 Bredeinge	52 Maglehem	68 Slogstorp
Established Ierīkošanas gads	1984	1983	1958	1965
Seed orchard managers Sēklu plantācijas apsaimniekotājs	Bergvik Skog AB	Södra Odlarna AB	Svenska skogsplantor AB	Svenska skogsplantor AB
Size (ha) Platība (ha)	25	26	5	19
Number of clones Klonu skaits	137	100	36	45
Spacing (m) Stādīšanas shēma	7 × 4	7 × 3.5	5 × 5	7 × 3.5
GA <sub>4/7</sub> treatment dates in 2005 Apstrādes laiks 2005. gadā	July 6–8	June 30 –July 2	July 7	July 4–5
No. grafts, flower score Potējumu skaits, kuriem uzskaitīti ziedi	1600	243	363	400
No. grafts, cone count Potējumu skaits, kuriem uzskaitīti čiekuri	210	99	100	-
No. samples, seed quality Paraugu skaits sēklu kvalitātes vērtēšanai	9	4	2	-
DBH (mm) of grafts in cone count. Min – mean – max Potējumu, kuriem uzskaitīti čiekuri, krūšaugstuma caurmērs: min – vid. - max	73 – 171 – 278	126 – 185 – 298	111 – 290 – 445	-

Katrs potējums rindā apstrādāts ar GA<sub>4/7</sub> devu (6.2. tabula), kas aprēķināta ņemot vērā stumbra diametru krūšu augstumā. Katra otrā potējumu rinda atstāta neapstrādāta – kontrolei. Apstrādē izmantota GA<sub>4/7</sub> pielietošanas standartmetode – izdarot iurbumu koksnei un tad ar mikropipeti ievadot GA<sub>4/7</sub> šķīdumu. Plantācijā 504 Ālbrunna lietota standartmetode un arī GA<sub>4/7</sub> ievadīšana izmantojot ArborSystem (6.3.attēls).



6.3. attēls no Almqvist (2007). The Wedge™ Direct-Inject™ tree injection unit from ArborSystems (Omaha, USA) tested in 504 Ālbrunna.

Vīrišķo un sievišķo ziedu uzskaitē izvēlētiem paraugkokiem veikta 2006. gadā, ziedēšanas laikā uzskaitot ziedus visās četrās plantācijās. Ziedēšana vērtēta 10 ballu sistēmā, no 0 (nav ziedu) līdz 9 ballēm, atbilstoši ziedēšanas intensitātei katrā no plantācijām. 2006. gada rudenī veikta čiekuru uzskaitē trijās plantācijās. Katra klona visiem potējumiem (rametiem) nolasīti visi (gan vitālie, gan kaitēkļu bojātie) čiekuri, lai novērtētu koka sēklu ražošanas potenciālu. Jaunākajās plantācijās vērtēta arī sēklu kvalitāte, paraugam ņemot sēklas no 30 čiekuriem. Almqvist (2007) konstatē būtiski pozitīvu GA<sub>4/7</sub> pielietošanas



efektu vīrišķās ziedēšanas palielināšanā jaunajās plantācijās, bet ne vecajās. Sievišķo ziedu uzskaitē liecina par būtiski pozitīvu efektu GA<sub>4/7</sub> pielietošanai 3 no 4 izmēģinājumā iekļautajām plantācijām. Potējumiem, kuri bija apstrādāti ar GA<sub>4/7</sub>, nosakot 1000 sēkļu svaru, konstatēts, ka sēklas ir nedaudz vieglākas salīdzinājumā ar neapstrādāto potējumu sēklām, bet konstatētās atšķirības nebija statistiski būtiskas. Almqvist (2007) secina, ka parastās egles apstrāde ar GA<sub>4/7</sub> palielina gan sēkļu ražas apjomu, gan tās ģenētisko daudzveidību sēkļu plantācijās un ekonomiskie aprēķini liecina, ka šī metode uzskatāma par lētu un izdevīgu paņēmieni egles plantāciju ražas palielināšanai pat tad, ja tikai viena no 7 izdarītām stimulēšanas procedūrām izrādās veiksmīga. Tomēr līdz 2012. gadam Zviedrijā egles plantāciju stimulēšana izmantota vien selekcijas programmās, bet ne kā standarta procedūra sēkļu plantāciju apsaimniekošanā, jo GA<sub>4/7</sub> nebija reģistrēts un apstiprināts lietošanai sēkļu plantācijās (Almqvist, 2012). Selekcijas programmu ietvaros izmantoja pašu gatavotu GA<sub>4/7</sub> pulvera šķīdumu spirtā (~ 150 mg/ml). Kopš 2012. gadā ir reģistrēts un Zviedrijā atļauts lietot preparātu Gibb Plus Forest (koncentrācija ir 10 mg/ml, analogs tam, ko izmanto augļu dārzos ābeļu un bumbieru ražas stimulēšanai), SKOGFORSK uzsācis tā plašāku izmantošanu. Preparāta Gibb Plus Forest lietošana šobrīd ir atļauta līdz 2019. gadam. Almqvist (2013) iesaka paralēli giberelīnu pielietošanai veikt arī sakņu apgriešanu, kas eglēm plantācijā rada sausuma stresu un pastiprina giberelīnu radīto efektu.

6.2. tabula no Almqvist (2007)

Apstrādes ar GA<sub>4/7</sub> punktu skaits un GA<sub>4/7</sub> devas katram potējumam sēkļu plantācijā

Graft diameter at breast height (cm) Potējuma diametrs krūšaugstumā (cm)	GA <sub>4/7</sub> dose (mg/graft) GA <sub>4/7</sub> deva mg/1 potējumu	Number of application points (drilled holes using the standard method or injection points using the injection method) Ķīmiskās apstrādes ar GA <sub>4/7</sub> punktu skaits
< 7	15	1
7–15	30	2
15–20	45	3
20–25	60	4
> 25	100	5

Uzņēmums SVENSKA SKOGSPLANTOR 2011. un 2012. gadā egles plantāciju ziedēšanas stimulēšanā strādāja ar komandām 2 cilvēku sastāvā un organizēja darbu secīgi: 1) novērtē koka diametru, lai noteiktu preparāta devu, 2) atzaro stumbra daļu, kurā paredzēts injicēt preparātu. 3) injicē preparātu GA<sub>4/7</sub> stumbrā vairākās vietās krūšu augstumā, iepriekš izdarītā urbūmā. Praktiskā pieredze liecināja, ka šādi iespējams apstrādāt 50-60 kokus stundā. 2013. gadā plānoja izmēģināt arī komandas 3 cilvēku sastāvā, kur viens sagatavo koku, otrs injicē preparātu, trešais izņem injekcijas adatas, šāda komanda var apstrādāt ap 90 kokiem stundā. Preparāta devas nosaka atbilstoši koka diametram krūšu augstumā (6.3. tabula), giberelīna GA<sub>4/7</sub> cena Zviedrijā ir 230 € par 1 litru. 2013. gadā SVENSKA SKOGSPLANTOR laikā no 24. jūnija līdz 5. jūlijam plānoja ar GA<sub>4/7</sub> apstrādāt 145 ha egles plantāciju, strādājot 15 trīs cilvēku brigādēm. Ja pēc izvērtēšanas šāds 3 cilvēku komandās organizēts darbs izrādīsies efektīvs, tad plānots to pieņemt par standarta procedūru egles plantāciju apsaimniekošanā (Presher, 2013).

6.3. tabula

Preparāta Gibb Plus Forest devas un izmaksas (Presher, 2013)

Tree diameter, cm Koka diametrs, cm	Dose, ml Preparāta deva, ml	Cost/tree, € 1 koka apstrādes izmaksas, €
7 - 15	2	0,46
15 - 20	4	0,92
20 - 25	6	1,38
25 - 30	8	1,84
etc, utt.	etc, utt.	etc, utt.

Zviedrijas kompānijas Skogsplantor AB sēkļu un kvalitātes pārvaldnieks Dr. Finvid Presher (2013) uzskata, ka sēkļu plantācijas ir izmaksu visefektīvākais ceļš meža produktivitātes palielināšanai nākotnē. Plantācijas ierīkošanas izmaksas Zviedrijā ir 25 tūkst.€/ha, 1 ha plantācijas apstrādes ar GA<sub>4/7</sub> izmaksas ir:

490 koki/ha → vidēji 5,2 ml/koku → 0,23 €/koku → 586 €/ha. Stimulēšana ļauj iegūt 22 kg sēklu/ha, sēklu cena 49 €/kg. Salīdzinājumam: ja plantācija ražo 1x 3 gadus, tad sēklas izmaksā 147 €/kg;

1x 5 gadus, 245 €/kg;

1x 7 gadus, 343 €/kg (Presher, 2013).

Iespējamie riski: pārāk liela preparāta deva var izraisīt koka bojāeju (Presher, 2013); savukārt gredzenošana, ievainojot koka mizu, veicina tā nolūšanu, tāpēc plantācijās to izmantot tomēr neiesaka (Almqvist, 2013).

#### Literatūra:

**Almqvist, C.** (2007) Practical use of GA<sub>4/7</sub> to stimulate flower production in *Picea abies* seed orchards in Sweden. Proceedings of the TREEBREDEX conference on Seed Orchards, Umeå, Sweden, 26-28 September, 2007. pp. 16-24.

**Almqvist, C.** (2013) Methods to stimulate flowering and seed production in spruce seed orchards. Presentation in workshop Improving seed production from forest seed orchards in the Baltic Sea region countries- establishment, flowering stimulation and protection, April 5, Riga, Latvia.

**Chalupka, W.** (1991) Usefulness of hormonal stimulation in the production of genetically improved seeds. *Silva Fennica*, 25 (4), pp. 235-240.

**Dunberg, A.** (1980) Stimulation of flowering in *Picea abies* by gibberellins. *Silvae Genetica* 29(2), pp. 51-53.

**Dunberg, A., Malmberg, G., Sassa, T., Pharis, R.P.** (1983) Metabolism of Tritiated Gibberellins A<sub>4</sub> and A<sub>9</sub> in Norway Spruce, *Picea abies* (L.) Karst. *Plant Physiol.*, 71, pp. 257-262.

**Fogal, W H. Jobin, G. Schooley, H O. Coleman, S J. Wolynetz, M S.** (1996) Stem incorporation of gibberellins to promote sexual development of white spruce, Norway spruce, and jack pine. *Can. J. For. Res.* 26, pp. 186-195.

**Kong, L., von Aderkas, P.** (2007) Plant growth regulators and cone induction in *Pinaceae*. Centre for Forest Biology, Department of Biology, University of Victoria, 3800 Finnerty Rd., Victoria, BC V8W 3N5 Canada, p.27

**Luukkanen, O., Johansson, S.** (1980) Flower induction by exogenous plant hormones in Scots pine and Norway spruce grafts. *Silva Fennica*, 14 (1), pp. 95-105.

**Nikkanen, T.** (2001) Reproductive Phenology in a Norway spruce Seed Orchard. *Silva Fennica*, 35 (1), pp. 39-53.

**Nikkanen, T., Pakkanen, A., Heinonen, J.** (2002) Temporal and spatial variation in airborne pollen and quality of seed crop in a Norway spruce seed orchard. *Forest Genetics* 9(3), pp. 243-255.

**Nikkanen, T., Routsalainen, S.** (2000) Variation in flowering abundance and its impact on the genetic diversity of the seed crop in a Norway spruce seed orchard. *Silva Fennica*, 34(3), pp. 205-222.

**Nikkanen, T., Routsalainen, S., Haapanen, M.** (2004) Relation between flowering of seed orchard clones and field-test performance of their open-pollinated offspring in Norway spruce. In: B. Li, S. McKend (eds.) *Forest Genetics and Tree Breeding in the Age of Genomics - Progress and Future: proceeding of IUFRO Joint Conference of Division 2, November 1-5, 2004, Charleston, South Carolina, USA*, pp. 225-227.

**Philippe, G.** (2004) Flower Stimulation Helps to Produce More Seeds of Better Genetic Quality at a Lower Cost. In: B. Li, S. McKend (eds.) *Forest Genetics and Tree Breeding in the Age of Genomics - Progress and Future: proceeding of IUFRO Joint Conference of Division 2, November 1-5, 2004, Charleston, South Carolina, USA*, pp. 218-220.

**Prescher, F.** (2013) Flower stimulation in seed orchards – now a standard procedure in Sweden? Presentation in International Conference of the European Seed kilns, 4-7 June 2013, Bernkastel-Kues, Germany.

**Ross, S. D., Pharis, R. P.** (1987) Control of sex expression in conifers. *Plant Growth Regulation*, 6, pp. 37-60.

## 7. Pamatojuma sagatavošana augstvērtīgu meža reproduktīvā materiāla ieguves avotu atestācijai

### 7.1. Klonu raksturošana, vērtēšana un identifikācija sēklu plantācijā „Misa”, „Brenčuļi”, „Liuza”

Pārskata periodā veikta saskaņā ar projektu, ievērojot atbilstošos klonu izvietojuma principus, ierīkotu sēklu plantāciju „Misa”, „Brenčuļi”, „Liuza” sastāvdaļu – klonu raksturošana ar molekulārās pasportizācijas metodi (2.3. nodaļa). Kloni šo plantāciju ierīkošanai atlasīti saskaņā ar tradicionālajā mežsaimniecībā lietotajiem pluskoku atlasē principiem un tajās iegūtais meža reproduktīvais materiāls būs piemērots izmantošanai tradicionālajā mežsaimniecībā. Plantāciju izcelsme – vietējā. Plantācijā „Misa” un „Brenčuļi” iegūtais reproduktīvais materiāls ir piemērots meža atjaunošanai un ieaudzēšanai parastās priedes Austrumu ieguves apgabālā, bet nepieciešamības gadījumā lietojams arī Rietumu ieguves apgabālā. Plantācijā „Liuza” iegūtais reproduktīvais materiāls ir piemērots meža atjaunošanai un ieaudzēšanai parastās egles Austrumu ieguves apgabālā, bet nepieciešamības gadījumā lietojams arī Centrālajā un Rietumu ieguves apgabālā.

Parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) sēklu plantācija „Misa” Ķekavas novada Ķekavas pagastā (kadastra Nr. 80700160065, platība 5,45 ha) ierīkota 1998. gadā. Plantācijā pārstāvēti 133 kloni, pluskoki atlasīti ģenētisko resursu mežaudzē Misas priede gan pēc fenotipa, gan pēcnācēju pārbaužu rezultātiem. 2013. gadā veikta klonu identifikācija ar molekulārās pasportizācijas metodi, lai nodrošinātu šajā plantācijā iegūtā meža reproduktīvā materiāla identifikāciju jebkurā tā ražošanas, tirdzniecības vai izmantošanas stadijā. Genotipēšanai ievākti 512 paraugi. Kloni 513 un 530 plantācijā pārstāvēti tikai ar 1 rametu, klona 513 genotipēšanas rezultāts neveiksmīgs. Kopā identificēti 467 rameti, kas bija pietiekami 131 klona molekulārās pases sastādīšanai.

Parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) sēklu plantācija „Brenčuļi” Beverīnas novada Brenčuļu pagastā (kadastra Nr. 9484009012; 96460080132, kopējā platība 26,83). Plantācijas atjaunošana uzsākta 2001. gadā izmantojot Sāvienas priežu sēklu plantācijas Smiltenes bloka klonus. Visu plantācijā augošo 88 klonu genotipēšanai kopā ievākti 380 paraugi. Identificēti 325 rameti, kas bija pietiekami 84 klonu identifikācijai un molekulārās pases sastādīšanai. Analizējot DNS paraugus, izdalīti 4 klonu pāri ar savstarpēji vienādu genotipu: Sm 1=Sm 4; Sm 25=Sm 28; Sm 101=Sm 108; Cpop16=CPop 8 (7.5. pielikums). Šo klonu paraugi papildus analizēti ar vēl 6 mikrosatelītu kodola DNS praimeriem, kuri tāpat neuzrādīja atšķirības klonu pāros. Iegūtie rezultāti salīdzināti ar attiecīgo klonu genotipēšanas rezultātiem Sāvienas priežu sēklu plantācijā. Konstatētās atšķirības klonu genotipos starp plantācijām liecina, ka plantācijā „Brenčuļi” klonu skaits varētu būt samazinājies par 4 kloniem (5%) (spriežot pēc genotipēto rametu rezultātiem) un šobrīd plantācijā **nav** pārstāvēti kloni: Sm 4, Sm 28, Sm 101 un Cpop. 16. Šo klonu genotipētie rameti turpmāk attiecīgi uzskatāmi par Sm 1, Sm 25, Sm 108, Cpop. 8.

Parastās egles (*Picea abies* (L.) Karst.) sēklu plantācijas „Liuza” Rēzeknes novada Lendžu pagastā (kadastra Nr. 78660010121, 78660010131, 78660010120, 78660010102, 78660010154, platība 20,78 ha) ierīkošana uzsākta 2003. gadā. Saskaņā ar 2013. gadā veikto inventarizāciju, plantācijā pārstāvēti 216 kloni ar atšķirīgu īpatsvaru (no 0,03 % līdz 0,81 %), t.sk. 125 Rēzeknes, 86 Maltas un 3 Rušonas kloni, pluskoki atlasīti ģenētisko resursu mežaudzēs Rēzeknes egles un Maltas egles. 2013. gadā veikta plantācijā pārstāvēto klonu identifikācija ar molekulārās pasportizācijas metodi, lai nodrošinātu šajā plantācijā iegūtā meža reproduktīvā materiāla identifikāciju jebkurā tā ražošanas, tirdzniecības vai izmantošanas stadijā. Genotipēšanai ievākti 1211 paraugi, t.sk. 164 paraugi (42 kloni) no Vecumu plantācijas klonu identitātes salīdzināšanai starp plantācijām. Iegūtie rezultāti bija pietiekami 208 klonu identifikācijai un molekulārās pases sastādīšanai. 5 kloni, kas sākotnēji pārstāvēti ar 1 rametu - gājuši bojā un šobrīd plantācijā **nav** pārstāvēti.

Ievērojot iepriekš veiktos pētījumus un klonu atlasē principus, parastās priedes sēklu plantācijas „Misa” un „Brenčuļi” atbilst ieguves avota atestācijas prasībām kategorijas „pārāks”, bet parastās egles sēklu plantācija „Liuza” – kategorijas „uzlabots” reproduktīvā materiāla ieguvei.

Genotipēšanas rezultāti:

Priedes sēklu plantācijas „Misa” identificēto klonu molekulārā pase (7.1. pielikums);

Priedes sēklu plantācijas „Misa” identificēto klonu rametu saraksts (7.2. pielikums);

Priedes sēklu plantācijas „Misa” identificēto klonu rametu izvietojuma shēma (7.1. pielikums, elektroniski);

Priedes sēklu plantācijas „Brenčuļi” identificēto klonu molekulārā pase (7.3. pielikums);

Priedes sēklu plantācijas „Brenčuļi” identificēto rametu saraksts (7.4. pielikums);  
Priedes sēklu plantācijas „Brenčuļi” savstarpēji sakrītošo klonu saraksts (7.5. pielikums);  
Priedes sēklu plantācijas „Brenčuļi” identificēto klonu rametu izvietojuma shēma;  
Egles sēklu plantācijas „Liuza” identificēto klonu molekulārā pase un identificēto rametu saraksts (7.6. pielikums);  
Egles sēklu plantācijas „Liuza” identificēto klonu rametu izvietojuma shēma.

## **7.2. Pasūtītāja iesniegto skuju paraugu no identificēto klonu rametiem sēklu plantācijās „Brenčuļi”, „Misa” un „Liuza” pārbaude ĢRC**

Plantāciju klonu genotipēšanas metodes pārbaude - tika analizēti paraugi no trim plantācijām – Brenčuļu priedes sēklu plantācija (32 paraugi); Misas priedes sēklu plantācija (32 paraugi); Liuzas egles sēklu plantācija (48 paraugi). Priedes paraugi tika analizēti ar trim marķieriem, egles paraugi ar četriem marķieriem. Papildus marķieri netika izmantoti. Paraugi tika analizēti izmantojot agrāk aprakstīto metodiku. Iegūtie genotipi tika salīdzināti ar plantācijas klonu ģenētiskām pasēm. Rezultātā tika atlasīti viens vai vairāki kloni, ar kuriem pārbaudes paraugi sakrita (7.7.; 7.8.; 7.9. pielikums).

Kopsavilkums:

Brenčuļu priedes sēklu plantācija. Analizēti 32 pārbaudes paraugi. 17 paraugiem pareizi identificēts viens klons, 8 paraugiem identificēti vairāki iespējamie kloni, no kuriem viens bija pareizais klons. 7 paraugiem tika nepareizi identificēti kloni. Analizējot nepareizi identificētos klonus, secināts, ka 1 gadījumā klonam (Sm15) bija klonu pasē ierakstīts 158/166 (marķieris 3107), bet paraugam (4.) bija 158/158, un tad tas pilnībā sakrita ar klonu Sm153. Citiem nepareizi identificētiem kloniem tika atrastas atšķirīgas alēles klonu pasēs un pārbaudes paraugu genotipos. Šajos gadījumos būtu nepieciešams precizēt klonu pases un/vai pārbaudes paraugus. Iespējam, ka 2 pārbaudes paraugi (2. un 5.) nepareizi atšifrēti, jo 2. pārbaudes paraugs pēc genotipa sakrita ar Sm122, bet pēc saraksta tam vajadzēja būt Sm134. 5. pārbaudes paraugs pēc genotipa sakrita ar Sm134, tāpēc sarakstā tam vajadzēja būt Sm122.

Misas priedes sēklu plantācija. Analizēti 32 pārbaudes paraugi. 22 paraugiem pareizi identificēts viens klons, 3 paraugiem identificēti vairāki iespējamie kloni, no kuriem viens bija pareizais klons. 7 paraugiem tika nepareizi identificēti kloni. Analizējot nepareizi identificētos klonus, secināts, ka 5 gadījumos nesakrītības bija skaidrojamas ar hetero- vai homozigotiskiem genotipiem klonu pasēs vai pārbaudes paraugos. Diviem nepareizi identificētiem kloniem tika atrastas atšķirīgas alēles klonu pasēs un pārbaudes paraugu genotipos. Šajos gadījumos būtu nepieciešams precizēt klonu pases un/vai pārbaudes paraugus.

Liuzas egles sēklu plantācija. Analizēti 48 pārbaudes paraugi. 28 paraugiem pareizi identificēts viens klons, 10 paraugiem identificēti vairāki iespējamie kloni, no kuriem viens bija pareizais klons. 10 paraugiem tika nepareizi identificēti kloni. Analizējot nepareizi identificētos klonus, secināts, ka visiem nepareizi identificētiem kloniem tika atrastas atšķirīgas alēles klonu pasēs un pārbaudes paraugu genotipos. Šajos gadījumos būtu nepieciešams precizēt klonu pases un/vai pārbaudes paraugus.

Secinājumi:

Izmantojot papildus marķierus būtu palielinātas iespēja atlasīt pareizos klonus, tādus gadījumos, kad nepareizās identifikācijas bija skaidrojamas ar hetero- vai homozigotiskiem genotipiem klonu pasēs vai pārbaudes paraugos. Citos gadījumos būtu nepieciešams precizēt klonu pases un/vai pārbaudes paraugus.

## 8. Secinājumi un rekomendācijas

1. Veicot parastās priedes selekcijas materiāla kontrolēto krustošanu konstatēts, ka vidēji gadā iegūstamo (4 gadu periodā) sekmīgo kombināciju skaits ir nedaudz mazāks nekā plānots. Selekcijas programmas izpildei 2014. gadā nolemts krustošanā palielināt kombināciju skaitu, veikt krustošanai nepieciešamo klonu, kuru krustošana dažādu iemeslu dēļ nav iespējama vai lietderīga sēklu plantācijā, potēšanu bagātīgi ziedošu klonu vainagos vienā sēklu plantācijā, dažu gadu laikā panākot to ziedēšanu un dalību krustošanā.
2. Veicot parastās egles pēcnācēju pārbaužu vērtēšanas rezultātu analīzi precizēts klonu kandidātu (atlases intensitāte 5 – 10%) saraksts Rietumu provenienču reģionam piemērotas sēklu plantācijas ierīkošanai un sagatavots klonu saraksts Centrālajam provenienču reģionam piemērotas sēklu plantācijas ierīkošanai. Rekomendēts sēklu plantāciju ierīkošanai izmantot 30 klonus apvienojot augstvērtīgāko 2. un 3. kārtas materiālu un plānojot to proporcionālu pārstāvniecību. Atlasīti augstvērtīgi, veģetatīvajai pavairošanai piemēroti kloni (21).
3. Veicot kārpainā bērza pēcnācēju pārbaužu vērtēšanas rezultātu analīzi sagatavoti klonu saraksti Rietumu un Austrumu provenienču reģionam piemērotu 3. kārtas sēklu plantāciju ierīkošanai. Atlasīti 150 kandidāti turpmākajam selekcijas darbam selekcijas populāciju veidošanai.
4. Sagatavots rūpnieciskajai pavairošanai reģistrēto apšu hibrīdu klonu produktivitātes un kvalitātes salīdzinošs raksturojums, rekomendēti augstvērtīgākie kloni rūpnieciskajai pavairošanai un sagatavoti priekšlikumi Meža reproduktīvā materiāla ieguves avotu reģistra aktualizācijai.
5. Apkopota informācija par parastās egles augstvērtīgu klonu veģetatīvo pavairošanu ar spraudņiem un sēklu ražošanas stimulēšanu sēklu plantācijās.

Sagatavota atestācijai nepieciešamā informācija par sēklu plantāciju „Misa”, „Brenčuļi”, „Liuza” ierīkošanu un to sastāvdaļu identitāti.



### 3.1. pielikums

Priedes plantācijās identificētie kloni kontrolēto krustojumu veikšanai

klons	sēklu plantācija																			identificēto klona rametu skaits	pavisam ievāktu paraugu skaits	analizēto plantāciju skaits	
	Kurmale	Dravas	Valdemārpils	Ozolkalni	Ziemeļi	Avotkalns	Salaca	Garozā	Allaži	Mežole	Jugla	Ranka	Inčukalns	Sāviena	Iedzēni	Katvari	Klabīši	Īle	Amula				Ziņģeri
	Plantācijā identificēto rametu skaits																						
Ai 2	2		2	4																	8	8	3
Al 12					3																3	7	1
Al 15					3																3	7	1
Als 25	2																				2	2	1
Ba 11		2	3																		5	7	2
Ba 15	3					1															4	10	2
Ba 17						4	3														7	10	2
Ba 28	7																				7	7	1
Ba 29		5																			5	6	1
Cē 17	4								2	3											9	18	5
Do 8																					6	9	2
Do 19						5					4										9	9	2
Du 19		5																			5	7	1
Du 20	4	3					4														11	13	3
Du 7		4			3																7	8	2
Du 9		6																			6	8	1
Gu 14											3	3									6	10	2
Gu 3												6									6	7	1
In 14						5	2														9	10	3
In 2											2										8	8	2
Jel 11								5													5	7	1
Jel 2													3								3	7	1
Jel 4													7								7	7	1

klons	sēklu plantācija																			identificēto kлона rametu skaits	pavisam ievākt paraugu skaits	analizēto plantāciju skaits	
	Kurmale	Dravas	Valdemārpils	Ozolkalni	Ziemeļi	Avotkalns	Salaca	Garoza	Allaži	Mežole	Jugla	Ranka	Inčukalns	Sāviena	Iedzēni	Katvari	Klabīši	Īle	Amula				Ziņģeri
	Plantācijā identificēto rametu skaits																						
Ja 11				5										3							8	11	2
Ja 14				6										3							9	10	2
Ja 16				4										4							8	8	2
Ja 18			4											4							8	8	2
Ja 19														5							5	5	1
Ja 30	3		1											3							7	9	3
Ja 8	1													4							5	6	2
Jel 14							3														3	7	1
Jē 11														4	4						8	9	2
Jē 15							2				6										8	9	2
Jē 18														7							7	8	1
Jē 19	3									1											4	6	2
Jē 9										2				4							6	9	3
Ka 12	4					3								7							7	10	2
Ka 17	1		3			4					3										11	16	4
Ka 18						4								3							7	9	2
Ka 23	3					4															7	9	2
Ka 27			4				1				2										7	10	3
Ka 28	3						2														5	7	2
Ka 5	3						2							3							8	8	3
Ko 12	3									2						4					9	13	3
Ko 6											7										7	7	1
Ko 8	4					4															8	8	2
Ku 15	3	3																			6	8	2
Ku 7	4	3																			7	7	2
Ku 21	4	4																			8	8	2
Lub 18	5																				5	6	1



klons	sēklu plantācija																			identificēto kлона rametu skaits	pavisam ievāktu paraugu skaits	analizēto plantāciju skaits	
	Kurmale	Dravas	Valdemārpils	Ozolkalni	Ziemeļi	Avotkalns	Salaca	Garozā	Allaži	Mežole	Jugla	Ranka	Inčukalns	Sāviena	Iedzēni	Katvari	Klabīši	Īle	Amula				Ziņģeri
	Plantācijā identificēto rametu skaits																						
Lub 23	6																				6	7	1
Lub 28	4					4															8	9	2
Ma 16	3						3														6	8	2
Ma 18						4	4														8	11	2
Ma 22											3					4					7	8	2
Ma 6						4			3			4									11	13	3
RJ 11		4					4														8	8	2
RJ 12	4	3					1														8	9	3
RJ 33		3				5															9	11	3
RJ 31										2		4									6	12	2
RJ 6		2				6															8	10	2
Sm 11		6												4							10	10	2
Sm 14														4							4	4	1
Sm 17														5							5	7	1
Sm 20														3							3	4	1
Sm 26														3							3	4	1
Str 13															1		5	3			9	12	3
Str 17																	6				6	7	1
Str 18															3				4		7	9	2
Str 2																					7	7	1
Str 29																					4	7	1
Ta 1			6																		6	9	1
Ta 14			5																		5	7	1
Ta 22			3							3											6	8	2
Tu 9		3																			7	13	3
Tu 10		4																			8	8	2
Tu 12		2											3								6	9	3

klons	sēklu plantācija																			identificēto kлона rametu skaits	pavisam ievāktu paraugu skaits	analizēto plantāciju skaits		
	Kurmale	Dravas	Valdemārpils	Ozolkalni	Ziemeļi	Avotkalns	Salaca	Garoza	Allaži	Mežole	Jugla	Ranka	Inčukalns	Sāviena	Iedzēni	Katvari	Klabīši	Īle	Amula				Ziņģeri	
Plantācijā identificēto rametu skaits																								
Tu 13		3																			3	6	2	
Tu 14		3											1								3	9	3	
Tu 15		3											2								1	9	3	
Tu 16		4																			2	7	2	
Tu 18							3														2	11	2	
Tu 21		3																			2	8	2	
Tu 22																					5	6	1	
Tu 25																					7	7	1	
Ug 2	4		2																			6	7	2
Ug 9	3								2													5	6	2
Ve 4																					6	7	1	
Ve 25																					5	7	1	
Ve 28																					4	7	1	
kopā																				580				

### 3.2. pielikums

Klonu genotipu atšķirības starp sēkļu plantācijām\*

klons	Sēkļu plantācija																						
	Ziemeļi	Jugla	Dravas	Katvari	Kurmale	Ranka	Klīve	Taigas	Avotkalns	Garozā	Salaca	Allaži	Inču- kalns	Sāviens	Ozol- kalni	Valdemārpils	Iedzēni	Mežole	Tadaine	Klabīši	Ile	Armūla	
Al 12	3 2																						
Al 15	3 2																						
Al 16	4 3																						
Al 5	2 1	2	1																				
Al 7	1 1 1 1 1																						
Als 13			5 2 1																				
Als 18				4	4																		
Als 21					4	2 1																	
Ba 1							2 5	1 3															
Ba 20										2 2 5													
Ba 26	1 1										1 1 1 1 1												
Ba 5											3 1												
Ba 6			2						6		2 2												
Do 8						6				2 1	2 2												
Du 16			4		5						3												
Du 8			2 2 5																				
In 15		4 1											3										
In 5		3											4										
In 6		1 2										2	2										
Ja 12					3									3	3								
Ja 25															1	2 3 1 1							
Ja 9					3			5															
Jē 1					2 4									3									
Jē 10				4													3 3	2 1	1 1 1 1				
Jē 2		1 1			1						1 1			2									
Jē 5		4									1			3									
Jē 7																				2 1 1			
Ka 14	4				3				2														
Ka 19			1 1	3												1				3			
Ka 3			2	3	1										2 2							1	
Ku 13			4	2 1 1	1 1 1 1																		
Lub 4							4	4															
RJ 4		2 2							4		1 2												
RJ 5			4						3 2														
Sm 24			3 1											4 2									
Sm 25			3											3									
Sm 7			3								3			4									
Str 28		2 2			2 1 1																		3
Tu 1			3 1 1		4						1												3
Tu 3				3			4																
Tu 28			3											3 1									2
Tu 9			3											2									4
Ug 13					4																		4
Ug 8															7								3

\* klona robežās vienā krāsā iekrāsotie lodziņi apzīmē savstarpēji sakrītošo genotipu skaitu dažādās plantācijās. Krāsojums starp kloniem nav salīdzinām

## Priedes sēklu plantācijās „Misa” identificēto klonu molekulārā pase\*

N. p. k.	Klons	Markieri											
		PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		SPAC 11.6		SPAC12.5		PtTX2146	
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle
1	44	158	164	216	216	262	267	147	147	148	148	220	220
2	52	158	164	216	218	262	267			150	160	192	192
3	55	164	164	216	218	262	280						
4	62	158	160	206	216	262	262						
5	63	156	162	220	226	262	262						
6	106	164	164	218	220	260	262						
7	108	158	164	216	216	262	262	151	167	150	170	183	220
8	131	162	166	206	216	260	267						
9	146	158	164	216	216	262	262	151	151	146	146	183	193
10	158	164	164	206	218	262	262						
11	196	158	158	216	220	262	267						
12	198	164	164	206	216	262	267						
13	202	164	164	218	218	262	267	161	161	146	164	195	220
14	401	152	158	200	218	262	262						
15	402	152	152	206	210	262	262						
16	403	152	152	206	216	262	267	161	161	150	172	220	234
17	404	164	164	206	206	262	267						
18	405	152	152	216	216	262	262	171	171	143	162	192	220
19	406	152	152	206	216	262	262	171	171	148	168	192	192
20	407	160	164	200	218	262	264						
21	408	158	158	206	218	262	267			134	155	183	220
22	409	164	164	206	216	262	280			150	160	183	220
23	410	160	164	216	218	260	260	149	149	144	174	183	220
24	411	158	158	216	218	262	262	155	155	144	146	220	226
25	412	158	158	206	218	262	262	153	153	148	170	183	200
26	413	152	152	206	216	262	267	155	155	164	164	183	183
27	414	158	158	216	218	262	267	151	151	155	170	194	194
28	415	158	164	206	216	262	262						
29	416	158	166	214	216	267	280						
30	417	158	158	210	218	260	262						
31	418	164	164	216	216	262	264						
32	419	164	164	218	218	262	267	183	183	146	164	195	220
33	420	152	164	216	216	262	262						
34	421	158	172	216	218	267	267						
35	422	152	152	214	216	262	267						
36	423	158	164	216	216	262	262	159	161	155	160	226	232
37	424	158	158	216	218	267	267	161	183	158	160	183	220
38	425	158	158	202	218	262	280						
39	426	160	164	206	206	262	262						
40	427	166	166	206	216	262	267	147	147	160	182	193	193
41	428	152	152	214	218	262	262						
42	429	164	164	216	216	264	264						
43	430	164	164	204	216	262	267						
44	431	160	160	216	218	267	267						
45	432	156	158	214	216	262	267						
46	433	172	172	206	216	262	262						

N. p. k.	Klons	Marķieri											
		PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		SPAC 11.6		SPAC12.5		PtTX2146	
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle
47	434	164	164	206	216	262	262			153	164	142	204
48	435	158	164	216	216	267	267	165	165	150	168	220	220
49	436	152	166	216	218	262	267						
50	437	166	166	218	224	262	262						
51	438	158	164	216	226	262	262	147	153	155	166	183	193
52	439	152	152	216	228	262	264						
53	440	152	158	206	216	262	267						
54	441	152	158	206	216	262	262						
55	442	154	166	218	218	262	267						
56	443	152	158	202	218	262	262						
57	444	152	154	206	218	260	262						
58	445	164	170	206	216	262	262						
59	446	164	172	216	216	262	267						
60	447	152	158	214	218	260	262						
61	448	164	164	218	222	262	262						
62	449	152	172	216	218	262	262						
63	450	158	164	216	222	262	267						
64	451	166	166	216	218	260	262	147	153	155	167	220	220
65	452	158	164	206	218	262	280						
66	453	164	164	206	214	262	267						
67	454	158	170	206	216	262	264						
68	455	158	158	218	218	262	264						
69	456	164	166	216	216	260	262	147	153	150	172	192	220
70	457	158	158	206	218	262	267			148	168	183	193
71	458	164	166	216	218	262	262	153	157	162	180	183	220
72	459	160	164	214	218	262	262						
73	460	158	164	206	218	262	262						
74	461	158	166	214	218	262	267						
75	462	158	158	214	216	262	267	153	161	150	150	183	220
76	463	164	166	216	218	262	262	171	171	148	172	220	247
77	464	154	154	214	216	262	267						
78	465	158	164	216	216	260	264						
79	466	166	170	206	216	262	262			150	155	202	220
80	467	158	160	216	216	260	262						
81	468	154	154	206	216	262	267						
82	469	166	166	206	216	262	267	153	153	150	168	220	220
83	470	152	158	200	216	262	262						
84	471	164	164	206	216	260	262						
85	472	164	172	216	218	262	267						
86	473	164	170	206	216	262	280						
87	474	152	164	216	216	267	267						
88	475	158	164	206	214	262	262						
89	476	152	152	218	218	262	280						
90	477	158	164	216	216	262	262	151	151	164	168	193	226
91	478	166	166	216	218	260	260	147	147	155	167	220	220
92	479	154	158	218	224	267	267						
93	480	160	160	214	218	262	262						
94	481	164	164	204	216	260	262						
95	482	152	166	218	218	262	262						

N. p. k.	Klons	Marķieri											
		PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		SPAC 11.6		SPAC12.5		PtTX2146	
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle
96	483	158	164	218	226	262	280						
97	484	158	158	216	216	260	262						
98	485	158	158	216	218	260	262	155	155	146	164	179	183
99	486	158	158	216	216	262	262	153	157	152	164	183	194
100	487	164	164	216	216	262	267	169	169	146	160	185	202
101	488	158	166	216	226	262	267						
102	489	158	158	206	216	262	262						
103	490	158	158	206	218	260	262	151	167	148	182	183	226
104	491	166	166	214	216	262	262						
105	492	152	160	202	216	262	267						
106	493	160	166	216	216	260	262						
107	494	170	170	206	216	262	267			158	170	194	220
108	495	158	164	216	226	260	262	147	147	150	164	183	193
109	496	158	164	216	216	260	267						
110	497	164	166	216	218	267	267			134	146	183	220
111	498	152	164	204	218	262	267						
112	499	158	160	206	218	262	262						
113	500	164	170	218	226	262	262						
114	501	164	164	206	218	262	267	155	175	125	146	181	192
115	502	158	164	214	216	262	262						
116	503	152	164	204	216	267	267						
117	504	154	158	216	216	262	262						
118	505	166	166	202	216	262	262						
119	506	164	164	216	216	262	267	165	165	170	179	183	194
120	507	158	158	206	218	262	280						
121	508	152	158	216	226	260	267						
122	509	154	170	216	222	262	264						
123	510	164	164	216	224	262	267						
124	511	160	164	216	218	260	260	173	173	134	170	183	183
125	512	150	152	216	218	260	262	146	171	156	178	192	202
126	514	172	172	216	218	262	264						
127	515	152	152	216	218	262	267						
128	516	158	158	214	216	262	262	147	165	170	182	220	220
129	517	158	166	206	218	262	280						
130	518	158	172	216	218	262	267						
131	519	158	158	216	218	262	280						

\* - alēles var būt gan homozigotā, gan heterozigotā stāvoklī

## Priedes sēklu plantācijās „Misa” identificēto klonu rāmetu saraksts

Klons	stādvieta bloks									
	1. stādv. nr.*	2. stādv. nr.	3. stādv. nr.	4. stādv. nr.	5. stādv. nr.	6. stādv. nr.	7. stādv. nr.	8. stādv. nr.	9. stādv. nr.	10. stādv. nr.
44			1115	1815	1125	2425			1141	
52	1210		1220	2414		2530				
55			1215		1225			2535		
62	1305		1315				1335			
63			1320		1330	2630				
106		1505		1515	0225		0235			
108		1605		1615	0325					
131	0505	2405			0525					
146			0615							1941
158	0705	2005				2025; 2729				
196					0825		1240			
198	0905		0915		0925			2235		
202	1005	2305	1015					2335		
401	1001		1415		1425		1435			
402		1501	0211		0221		0231			
403			0311		0321			1631		
404			0411			1721	0431	1731		
405	0501					1821	0531			
406		1901	0611	1911		1921	0631			
407			0711		0721	2021				
408	0801		0811	2111		2121				
409			0911	2211	0121		0931			
410			1011	2311				2331		
411		2401			1121					
412				2511		2521		2531		
413	1301		1311				1331			
414			1411				1431	2731		
415	0202	1502		1512						
416	0302		0312		0322			1632		
417							0432		0443	1743
418	0502	1802	0512				0532			
419					0622	1922	0632	1932		
420		2002	0712	2012				2032		
421	0802				0822	2122		2132		
422	0902		0912		0922			2232		
423	1002		1012		1022	2322				
424	1102		1112	2412	1122					
425			1212		1222		1232			
426	1302		1312					2632		
427					1422	2722		2732		
428	0203	1503	0213							
429				1613	0323		0333			
430				2620						
431				1713	0423	1723				
432						1823	0533	1833		

Klons	stādvieta bloks									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	stādv. nr.*	stādv. nr.	stādv. nr.	stādv. nr.	stādv. nr.	stādv. nr.	stādv. nr.	stādv. nr.	stādv. nr.	stādv. nr.
433	0603	1903	0613	1913						
434				2013	0723	2023				
435	0803	2103		2113				2133		
436	0903			2213	0923	2223				
437	1003		1013	2313						
438			1113		1123		1133			
439			1213			2523	1233			
440	1303			2613				2633		
441	1403		1413		1423			2733		
442				1514		1524	0234			
443	0304		0314					1634		
444		1704		1714		1724		1734		
445				1814	0524	1824	0534			
446			0614	1914				1934		
447				2014	0724	2024		2034		
448	0804		0814			2124				
449	0904		0914		0924					
450	1004	2304			1024	2324				
451	1104				0126	2824		2434		2445
452			1214		1224			2534		
453	1304		1314			2624				
454			1414					2734	1445	
455	0206	1506				1526		1536		
456		2510			1125					
457		1606	0316		0326	1626				
458	0406	1706	0416							
459	0506	1806	0516		0526					
460	0606	1906		1916			0636			
461		2006					0736	2036		
462		2106		2116	0826	2126				
463	0906			2216		2226	0936			
464					1026	2326	1036			
465	1106		1116		1126		1136			
466			1216		1226	2526	1236			
467	1306	2606	1316		1326					
468	1406	2803			1426					
469		1507			0227		0237	1537		
470		1607	0317		0327					
471	0407	1707	0417		0427					
472			0517				0537		0547	1847
473	0607	1907			0627					
474		2007				2027	0737			
475	0807	2107	0817	2117				2137		
476		2207	0917	2217	0927		0937			
477	1007	2307		2317						
478			1117				1137	2437		
479	1207				1227			2537		
480	1307		1317		1327		1337		1347	
481					1427		1437	2737		



Klons	stādvieta bloks									
	1. stādv. nr.*	2. stādv. nr.	3. stādv. nr.	4. stādv. nr.	5. stādv. nr.	6. stādv. nr.	7. stādv. nr.	8. stādv. nr.	9. stādv. nr.	10. stādv. nr.
482				1518	0228		0238	1538		
483		1608	0318		0328	1628				
484	0103; 1105		0119							
485	0408			1718	0428		0438			
486	0105		0518			1828	0538	1838		
487	0608	1908		1918			0638			
488		2008				2028	0738	2038		
489	0808	2108	0818			2128				
490	0908	2208			0928		0938			
491		2308				2328		2338		
492		2408					1138	2438		
493		2508	1218				1238	2538		
494	1308	2608	1318		1328					
495		2708					1438			
496					0229	1529	0239			
497	0309	1609	0319		0329	1629				
498	0409	1709	0419		0429					
499		1809	0519		0529	1829	0539			
500		1909	0619	1919		1929				
501			0719	2019	0729	2029				
502				2119	0829	2129				
503	0909	2209	0919			2229				
504	1009	2309	1019							
505	1109				1129	2429		2439		
506	1209		1219	2519			1239			
507	1309	2609	1319							
508	1410		1420			2730		2740		
509	0209	1510	0220					1540		
510		1610	0320					1640		
511	0410	1710			0430					
512	0510	1810	0520							
514	0610	1910	0620		0630					
515	0710	2010	0720	2020	0730		0740			
516		2110	0820		0830					
517	0910	2210	0920				0940			
518	1010	2310	1020			2330	1040			
519	1110	2410		2420	1130	2430	1140			

\* stādvieta nr. pirmie divi cipari – rindas nr., otrie divi cipari – kolonnas nr. plantācijas klonu izvietojuma shēmā (7.1. pielikums, elektroniski). Piemēram, 0910 nozīmē – devītā rinda desmitā kolonna.

## 7.3. pielikums

Priedes sēklu plantācijas „Brenčuļi” identificēto klonu molekulārā pase \*

N. p. k.	Klons	Markieri																	
		PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		SPAC11.6		SPAC12.5		PtTX2146		PtTX3116		SPAG7.14		PtTX2123	
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle
1	Cpop 16**	152	158	206	216	262	267	220	220	155	158	161	161	161	174	207	227	190	190
2	Cpop 2	164	166	216	218	262	264												
3	Cpop 8**	152	158	206	216	262	267	220	220	155	158	161	161	161	174	207	227	190	190
4	Pop 11	152	158	206	216	260	267			155	155	220	220						
5	Pop 12	158	158	216	216	262	262	132	149	168	170	220	220						
6	Pop 15	158	162	218	220	260	260												
7	Pop 2	164	164	216	216	260	262												
8	Pop 21	170	170	206	214	262	280												
9	Pop 22	152	170	202	216	260	262												
10	Pop 5	158	164	216	218	260	262												
11	Sm 1**	158	158	206	218	260	260			134	168	220	220	161	165	194	223	194	194
12	Sm 2	164	166	216	216	267	280												
13	Sm 3	158	170	216	216	260	260												
14	Sm 4**	158	158	206	218	260	260			134	168	220	220	161	165	194	223	194	194
15	Sm 6	152	164	216	220	262	262												
16	Sm 7	152	152	200	228	262	262												
17	Sm 8	166	170	216	216	262	262												
18	Sm 9	166	166	202	216	262	267												
19	Sm 10	164	164	216	224	260	262												
20	Sm 11	164	164	216	218	262	267			129	148	202	220						
21	Sm 12	158	166	202	216	262	267												
22	Sm 13	162	164	216	216	262	262												
23	Sm 14	158	170	206	218	260	262	155	161	148	155	185	220						
24	Sm 15	158	166	216	218	262	267			150	160	183	220						
25	Sm 17	166	176	206	216	260	262												
26	Sm 20	152	152	216	218	267	267												
27	Sm 24	164	166	216	224	262	264												
28	Sm 25**	158	158	202	226	260	262	167	177	125	150	183	220	161	168	194	218	194	194

N. p. k.	Klons	Marķieri																	
		PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		SPAC11.6		SPAC12.5		PtTX2146		PtTX3116		SPAG7.14		PtTX2123	
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle
29	Sm 26	152	152	206	216	262	262												
30	Sm 28**	158	158	202	226	260	262	167	177	125	150	183	220	161	168	194	218	194	194
31	Sm 30	158	164	218	218	262	262												
32	Sm 101**	160	164	216	218	262	262	165	173	146	160	183	183	155	155	218	227	190	194
33	Sm 102	158	166	202	206	260	264												
34	Sm 103	152	164	216	216	260	267												
35	Sm 104	158	158	206	216	267	280												
36	Sm 105	164	166	216	218	260	262												
37	Sm 106	152	164	216	218	262	267												
38	Sm 107	158	158	206	218	262	264	169	169	158	164	224	224						
39	Sm 108**	160	164	216	218	262	262	165	173	146	160	183	183	155	155	218	227	190	194
40	Sm 109	152	168	206	206	260	262			158	164	183	193						
41	Sm 110	160	164	216	216	262	262			146	150	183	220						
42	Sm 111	164	164	214	216	262	267												
43	Sm 112	152	152	204	206	260	260												
44	Sm 113	164	164	216	218	267	267												
45	Sm 114	158	160	216	216	262	262												
46	Sm 115	152	158	214	216	267	267												
47	Sm 116	158	166	200	206	262	262												
48	Sm 117	164	164	216	218	264	264												
49	Sm 118	164	164	216	218	262	267			146	158	192	220						
50	Sm 119	164	164	216	216	262	264												
51	Sm 120	160	164	216	216	267	267												
52	Sm 121	152	152	216	224	262	262												
53	Sm 122	160	164	216	216	260	262			160	160	220	220						
54	Sm 123	164	164	206	218	262	267												
55	Sm 124	158	160	206	216	260	262												
56	Sm 125	166	166	202	228	260	260												
57	Sm 126	164	164	218	226	260	264												
58	Sm 127	158	164	216	216	262	267			148	150	182	202						
59	Sm 128	158	158	216	222	262	267												

N. p. k.	Klons	Marķieri																	
		PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		SPAC11.6		SPAC12.5		PtTX2146		PtTX3116		SPAG7.14		PtTX2123	
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle
60	Sm 129	158	170	206	218	262	262	169	175	162	164	220	220						
61	Sm 130	152	158	216	218	260	267												
62	Sm 131	164	166	202	218	260	267												
63	Sm 132	158	158	216	216	260	262			150	158	202	224						
64	Sm 133	158	158	216	216	262	262	132	153	150	158	220	220						
65	Sm 134	158	166	206	216	262	262												
66	Sm 135	154	166	202	218	264	267												
67	Sm 136	158	158	200	218	267	267												
68	Sm 137	158	158	206	218	262	262	155	179	150	162	192	192						
69	Sm 138	158	158	202	216	260	260												
70	Sm 139	156	156	216	216	262	262												
71	Sm 140	158	158	218	218	260	262												
72	Sm 141	164	164	206	220	260	267												
73	Sm 142	170	170	200	218	260	262												
74	Sm 143	156	166	206	216	262	262												
75	Sm 144	166	166	206	216	234	262												
76	Sm 145	152	154	216	216	260	262												
77	Sm 146	152	158	214	216	262	264												
78	Sm 147	152	164	218	218	262	262												
79	Sm 148	158	158	216	218	260	262												
80	Sm 149	152	154	202	218	262	267												
81	Sm 150	158	166	206	214	260	262												
82	Sm 151	158	170	216	226	262	262												
83	Sm 152	152	166	216	216	262	267			130	160	130	160						
84	Sm 153	158	158	216	218	262	267			154	158	220	220						
85	Sm 154	160	166	216	218	267	267												
86	Sm 155	154	166	216	216	260	262												
87	Sm 156	156	158	200	216	260	262												
88	Sm 157	164	164	216	216	267	267			146	146	182	182						

\* - alēles var būt gan homozigotā, gan heterozigotā stāvoklī; \*\* - kloni ar savstarpēji vienādiem genotipiem (sk. 7.5. pielikumu)

## Priedes sēklu plantācijas „Brenģuļi” identificēto klonu rametu saraksts

Klons	Identificēto rametu atrašanās vieta plantācijas shēmā***
Cpop 16**	18; 26; 27; 28
Cpop 2	14; 15; 16; 18
Cpop 8**	25; 26; 27; 28
Pop 11	51; 53; 54
Pop 12	25; 26; 28
Pop 15	26; 27; 28
Pop 2	25; 26; 27; 28
Pop 21	52; 52-1; 53; 53-1
Pop 22	26; 27; 28
Pop 5	18; 27; 28; 51
Sm 1**	52; 53; 54; 63
Sm 2	23; 24; 25; 26
Sm 3	26; 27; 28; 54
Sm 4**	25; 27; 28
Sm 6	26; 51; 52
Sm 7	16; 17; 18; 52
Sm 8	52; 53; 54
Sm 9	52; 53; 54
Sm 10	18; 51; 53; 54
Sm 11	16; 17; 51
Sm 12	16; 51; 52
Sm 13	16; 18; 52; 53
Sm 14	17; 52; 54
Sm 15	16; 17; 18; 53
Sm 17	25; 26; 27; 28
Sm 20	26; 27; 28
Sm 24	17; 18; 53; 54
Sm 25**	23; 24; 25; 27
Sm 26	25; 26; 27; 28
Sm 28**	25; 26; 27; 28
Sm 30	26; 27; 28; 51
Sm 101**	17; 18; 27
Sm 102	25; 26; 27; 28
Sm 103	25; 26; 27 ;28
Sm 104	23; 24; 25; 26; 27; 28
Sm 105	51; 52; 53
Sm 106	25; 26; 27; 28
Sm 107	25; 26; 27; 28
Sm 108**	25; 26; 27
Sm 109	27; 28; 53
Sm 110	27; 28; 52; 53
Sm 111	25; 26; 27; 51
Sm 112	25; 27; 28; 52
Sm 113	25; 26; 27; 28

Klons	Identificēto rametu atrašanās vieta plantācijas shēmā***
Sm 114	26; 27; 28
Sm 115	25; 26; 27
Sm 116	23; 24; 25; 27; 28
Sm 117	25; 26; 27; 28
Sm 118	25; 26; 27; 28
Sm 119	25; 26; 27; 51; 53; 54
Sm 120	52; 54; 64
Sm 121	25; 27; 28
Sm 122	25; 27; 28
Sm 123	18; 26; 27; 28
Sm 124	25; 26; 27; 51; 54; 61
Sm 125	16; 17; 18; 27; 28
Sm 126	25; 26; 27; 28
Sm 127	18; 25; 53; 54
Sm 128	17; 26; 27
Sm 129	23; 24; 26
Sm 130	25; 26; 27; 28
Sm 131	25; 26; 27; 28
Sm 132	26; 27; 28
Sm 133	25; 26; 27; 28
Sm 134	17; 18; 25; 27
Sm 135	16; 53; 54
Sm 136	25; 26; 27; 28
Sm 137	27; 51
Sm 138	26; 27; 28
Sm 139	25; 26; 27; 28
Sm 140	25; 26; 27; 28
Sm 141	16; 26; 27; 28
Sm 142	26; 27; 28
Sm 143	25; 26; 28; 51
Sm 144	25; 26; 27; 28
Sm 145	16; 18; 53
Sm 146	26; 27; 28
Sm 147	25; 26; 27; 28
Sm 148	27; 51; 53
Sm 149	25; 26; 27; 28
Sm 150	25; 26; 27; 28
Sm 151	25; 26; 27; 28
Sm 152	25; 27; 51
Sm 153	14; 15; 16; 17; 25
Sm 154	25; 26; 28
Sm 155	18; 52; 53
Sm 156	25; 26; 27; 51
Sm 157	17; 24; 28

\*\*\* vietas numura pirmais cipars – atkārtojuma nr.; otrais cipars – bloka numurs. Piemēram, 25 nozīmē otrā atkārtojuma piektais bloks. Plantācijas shēma 7.2. pielikums, elektroniski.

\*\* - kloni ar savstarpēji vienādiem genotipiem (sk. 7.5. pielikumu)

## Priedes sēklu plantācijas „Brenģuļi” savstarpēji sakrītošo klonu saraksts

Klons	Marķieri																		Identificēto rametu atrašanās vieta plantācijas shēmā <sup>1</sup>
	PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		SPAC11.6		SPAC12.5		PtTX2146		PtTX3116		SPAG7.14		PtTX2123		
	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	
<b>Cpop 16</b>	152	158	206	216	262	267	220	220	155	158	161	161	161	174	207	227	190	190	18; 26; 27; 28
<b>Cpop 8</b>	152	158	206	216	262	267	220	220	155	158	161	161	161	174	207	227	190	190	25; 26; 27; 28 *
<b>Sm 1</b>	158	158	206	218	260	260			134	168	220	220	161	165	194	223	194	194	52; 53; 54; 63
<b>Sm 4</b>	158	158	206	218	260	260			134	168	220	220	161	165	194	223	194	194	25; 27; 28 **
<b>Sm 25</b>	158	158	202	226	260	262	167	177	125	150	183	220	161	168	194	218	194	194	23; 24; 25; 27
<b>Sm 28</b>	158	158	202	226	260	262	167	177	125	150	183	220	161	168	194	218	194	194	25; 26; 27; 28 ***
<b>Sm 101</b>	160	164	216	218	262	262	165	173	146	160	183	183	155	155	218	227	190	194	17; 18; 27
<b>Sm 108</b>	160	164	216	218	262	262	165	173	146	160	183	183	155	155	218	227	190	194	25; 26; 27 ****

\* šie uzskaitītie rameti identificēti kā Cpop 16; \*\* - šie uzskaitītie rameti identificēti kā Sm 1; \*\*\* - šie uzskaitītie rameti identificēti kā Sm 25; \*\*\*\* - šie uzskaitītie rameti identificēti kā Sm 101; <sup>1</sup> - vietas numura pirmais cipars – atkārtojuma nr.; otrais cipars – bloka numurs. Piemēram, 25 nozīmē otrā atkārtojuma piektais bloks. Plantācijas shēma 7.2. pielikums, elektroniski.

7.6. pielikums

Egļu sēkļu plantācijas „Liuza” identificēto klonu molekulārā pase\* un identificēto klonu rametu saraksts

N. p. k.	Klons	Marķieris												Identificēto rametu stādvieta nr. plantācijas shēmā <sup>1</sup>
		UAPgAG150F		UAPgAG150R		WS0033.A18FR		WS0022.B15FR		PAAC17FR		paGB3FR		
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	
1	M 1	125	125	149	149	168	168	179	191					1146;1222; 2422; 2734
2	M 10	125	125	141	147	164	166	200	204					1152; 1540; 2740; 3120; 1564
3	M 101	125	125	143	145	174	174	190	204					3420; 0448
4	M 103	125	125	143	147	166	166	202	206					3421; 0449
5	M 104	125	127	145	153	168	168	206	206					3213;3516;1767
6	M 107	125	131	151	151	162	166	204	206					3517;3626;2320
7	M 109	125	131	145	151	168	168	179	179					3518;3809;1083
8	M 11	125	131	147	149	168	172	194	198					1153; 1541; 2741; 3011; 3121
9	M 12	125	125	141	149	164	176	202	202					1154; 1542; 3012
10	M 113	125	125	149	151	168	168	194	200					1721; 2015; 3627; 3819; 4220;
11	M 114	125	125	145	147	168	168	200	206					3520; 0377; 0541
12	M 116	125	131	147	147	164	166	179	202					1554; 1630; 1942; 3142; 3412; 3521
13	M 117	125	125	145	151	168	168	191	191					3908; 1386; 0794; 2074
14	M 118	125	131	149	149	168	168	179	202					0543; 0475
15	M 119	125	127	149	153	164	164	191	191					1555; 1943; 3413; 3143
16	M 120	125	127	145	147	164	164	202	210					1944; 3144; 3416;3617
17	M 122	125	125	147	147	166	168	202	204	150	150	113	117	1557; 1633; 1945; 2833; 3145; 3618
18	M 123	125	125	149	151	168	176	179	208					1722; 1746; 2034; 2922; 3234; 3620
19	M 125	125	125	141	147	166	166	194	194					1723; 1747; 2035; 2923; 3235; 3505
20	M 127	125	131	145	147	168	168	179	202					1817**; 2417; 3621; 3728
21	M 13	125	131	145	147	164	166	191	200					1155; 1543; 2743**; 3013
22	M 130	125	125	145	145	168	168	186	202					1818; 2418; 3724
23	M 132	125	125	145	147	168	168	196	210					3717; 0547; 0574
24	M 134	125	125	147	151	166	166	179	191					1819; 3730; 4221**; 4230
25	M 137	127	131	145	147	168	168	181	202					3718; 0380; 0548; 0576
26	M 14	125	125	147	149	166	166	191	194					1156; 1544; 2744; 3014; 3302
27	M 140	125	127	143	145	168	168	194	194					3504; 0778; 1670
28	M 143	125	125	145	147	164	168	179	191					2645; 4115; 3719; 3533
29	M 144	125	125	145	151	166	174	191	196					3721; 0550

N. p. k.	Klons	Markieris												Identificēto rāmetu stādvieta nr. plantācijas shēmā <sup>1</sup>
		UAPgAG150F		UAPgAG150R		WS0033.A18FR		WS0022.B15FR		PAAC17FR		paGB3FR		
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	
30	M 145	125	125	147	149	166	168	191	206					3105; 1271; 1659
31	M 146	125	127	145	147	168	168	204	206					1820; 2420; 3149; 3726; 3731
32	M 147	125	129	143	143	168	168	186	191					3209; 1375; 0483
33	M 15	125	131	145	147	162	172	200	202					1545; 2357; 2745; 3303
34	M 150	125	131	147	149	168	168	202	206					1821; 2421; 2708; 3727; 3732; 3916
35	M 16	125	127	143	145	168	168	179	206					1246; 1322; 2834; 2522
36	M 17	125	125	145	149	168	168	191	202					1247; 1323; 1635; 2523; 2835
37	M 18	127	127	147	149	164	166	196	212					1636; 2548; 2836
38	M 19	125	131	147	149	168	168	179	196					1249; 1637; 2525; 2837; 3107
39	M 2	125	131	145	145	164	166	208	214					1147; 1535; 2735; 3117; 3622
40	M 20	125	125	143	145	168	168	179	194					1250; 1326; 1638; 2838; 3108; 3501
41	M 21	125	125	145	147	168	168	191	202					1251; 1327; 1639; 2527; 2839; 3109; 3502
42	M 22	125	125	149	151	166	166	181	194					2528; 2552; 3110; 1328; 2840; 1640
43	M 23	125	125	147	147	168	168	202	204	139	147	113	117	1253; 1329; 1641; 2529; 2841; 3111; 3503
44	M 24	125	131	145	147	166	166	188	202					1330; 1642; 2842; 3112; 1254
45	M 25	125	125	147	151	166	168	200	204					1255; 1331; 1643; 2531; 2843**; 3113
46	M 26	125	127	145	147	168	168	179	194					1256; 1332; 1644; 2844
47	M 27	125	125	147	153	168	168	188	191					1257; 1333; 1645**; 2533; 2845; 3115; 3821**
48	M 28	125	127	145	145	168	168	179	191					1346; 2934; 3204; 3701; 1734
49	M 29	125	125	145	147	166	164	194	200					1423; 1735; 2623; 2935; 3205; 1347
50	M 3	125	127	145	147	164	168	191	191	158	158	113	115	1717; 2012; 2317; 3623; 3628; 4217
51	M 30	125	127	143	147	174	174	179	208					1736; 2936; 3206; 3703
52	M 31	125	127	149	149	168	168	179	194					1349; 1737; 2937; 3207
53	M 32	125	125	143	153	164	166	179	200					1350; 1738; 2938**; 3208
54	M 33	129	131	145	147	164	168	179	181					1351; 1427; 2627; 2651; 2939
55	M 34	125	131	143	145	168	176	200	208					1352; 1428; 174; 2628; 2652; 2940; 3210
56	M 35	125	131	145	147	164	168	179	179					1353; 1429; 1741; 2629; 2941; 3211
57	M 36	125	127	145	149	166	168	191	191	137	155	113	117	1354; 1430; 1742; 2630; 2942; 3212
58	M 37	125	131	149	151	166	168	194	198					1355; 1431; 1743; 2631; 2943
59	M 38	125	125	145	145	166	166	200	204					1356; 1432; 2944; 3214; 3902
60	M 39	125	125	145	153	168	168	191	198					1357; 1433; 1745; 2633; 2945; 3215; 3903
61	M 4	125	125	143	145	164	168	191	191					1148; 1224; 1536; 2424; 2448; 2736; 3006
62	M 40	125	125	147	151	168	166	200	208					1522; 1546; 1834; 2722; 3034; 3304



N. p. k.	Klons	Markieris												Identificēto rāmetu stādvieta nr. plantācijas shēmā <sup>1</sup>
		UAPgAG150F		UAPgAG150R		WS0033.A18FR		WS0022.B15FR		PAAC17FR		paGB3FR		
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	
63	M 41	125	127	197	163	182	182	198	202					3625; 3630; 3818; 4228**
64	M 42	125	125	147	149	168	166	186	204					1447; 1523; 1835; 2723; 3035; 3305
65	M 43	125	131	147	149	166	166	196	202					1448; 1524; 1836; 3036
66	M 44	125	125	143	145	168	168	202	206					1525; 2725; 3037; 3216; 3307
67	M 45	129	131	141	143	168	170	202	212					1450; 1526; 2726; 3218**; 3308
68	M 46	127	127	149	149	168	168	188	194					1451; 3039; 3219; 3309; 3822
69	M 47	125	127	145	149	168	168	191	191	157	157	113	117	1528; 1840; 2728; 2752
70	M 49	125	125	143	149	168	168	191	202					1454; 1530; 1842; 3042; 3221; 3312
71	M 5	125	125	151	151	166	172	181	181					1149; 1537; 2737; 3007; 3816
72	M 50	125	125	145	147	168	168	191	210					1455; 1531; 1843; 2731; 3313; 3316
73	M 51	125	127	145	147	168	168	186	196					1532; 1844; 3044; 3314; 3318
74	M 52	125	129	145	145	166	166	200	206					1457; 1533; 1845; 3045; 3315; 3319
75	M 53	125	129	147	151	168	168	181	202					1622; 1646; 1934; 3134; 3320; 3404
76	M 54	125	125	143	151	166	166	191	200					1647; 1935; 3135; 3321; 3405
77	M 55	125	127	145	147	168	168	188	202	141	150	112	116	1548; 1936; 2824; 3136; 3406; 3416
78	M 56	125	127	145	147	168	168	202	208					1549; 1625; 1937; 2825; 3407; 3417
79	M 57	125	127	145	147	164	168	186	200					1550; 1626; 3138
80	M 58	125	125	143	145	168	168	188	191					1627; 1939; 2827; 2851; 3139; 3409
81	M 59	125	131	145	153	168	168	191	194					1552; 1628; 1940**; 3140; 3410
82	M 6	125	125	143	149	168	168	181	208					1718; 3624; 3629; 3817; 4218; 4227**
83	M 60	125	127	145	153	168	168	179	188					1553; 1629; 3141; 3411; 3419
84	M 7	125	127	143	151	164	166	200	200					2738; 3008; 1538; 3118
85	M 8	125	127	149	157	164	168	181	194					3053; 3119; 1171; 1559
86	M 9	125	127	147	149	168	168	191	198					1151; 1539; 2739
87	R 1	125	131	145	145	164	168	191	204					1748; 2036; 2924; 3236; 3506; 4121
88	R 10	125	131	147	151	162	168	194	196					1918; 2113; 2518**; 2709; 3824; 3829; 3917
89	R 100	127	131	141	143	168	168	204	206					2326; 2350; 2638; 3526
90	R 101	125	125	147	147	164	168	194	204					1047; 2327; 2351; 2639; 3527; 4109
91	R 102	125	127	147	149	162	166	191	191					4010; 0896
92	R 103	127	131	145	145	168	168	179	188					2351; 2640; 3528; 4110
93	R 104	125	125	147	149	166	168	202	216					2641**; 2715; 3529
94	R 105	125	125	145	151	168	168	179	181					2330; 2354; 2642; 2716; 3530; 4112
95	R 106	125	125	145	151	164	166	179	210					2311; 2721; 4027; 4032; 4116

N. p. k.	Klons	Markieris												Identificēto rametu stādvieta nr. plantācijas shēmā <sup>1</sup>
		UAPgAG150F		UAPgAG150R		WS0033.A18FR		WS0022.B15FR		PAAC17FR		paGB3FR		
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	
96	R 107	125	125	145	145	166	166	181	204					2255; 2331; 3531; 4113
97	R 11	125	131	145	145	168	168	181	191					3825; 3830; 1919; 3918
98	<b>Ru 11</b>	125	125	145	147	168	168	206	206					4111; 4120
99	R 12	125	125	145	147	164	166	191	200					1732; 2932; 3514; 4216
100	R 13	125	125	143	145	168	170	196	200					0933; 1920; 2520; 2711; 3826; 3831
101	R 14	125	131	145	151	166	168	179	181					1028; 1921; 2116; 2712; 3832; 3920
102	R 15	125	131	145	147	166	166	200	202					2933; 3245; 3515
103	R 16	125	125	149	153	168	168	179	179					1822; 3022; 3334
104	R 17	125	125	145	153	164	168	181	198					2617; 3923; 3928
105	R 18	125	125	147	151	174	174	181	191					1186; 0982; 1874
106	R 19	125	125	143	145	164	166	191	194					2135; 3023; 3335
107	<b>Ru 19</b>	125	125	143	147	168	168	191	202					4131; 4119; 2911; 2220
108	R 2	125	131	145	147	168	168	186	198					1725; 2037; 2925; 3237
109	R 20	125	125	145	147	164	168	181	204					1033; 2018**; 3924; 3929
110	R 201	125	131	143	147	164	168	181	191					3827
111	R 204	125	131	145	145	168	168	191	191					2217; 2313; 4117; 4123; 4128**
112	R 205	125	127	145	145	168	168	181	204					2813; 2818; 3639; 3647; 4129
113	R 207	125	127	143	145	164	166	204	208					2910; 4118; 4125**; 4130
114	R 208	125	131	145	147	168	168	194	198					3644; 2814
115	R 209	125	131	149	151	162	166	191	198					4014; 1492
116	<b>Ru 21</b>	127	131	147	147	168	168	188	200					2221; 2316; 4127
117	R 21	125	127	141	145	168	168	196	200					2619; 3925; 3930; 2019
118	R 213	127	127	143	145	166	166	198	202					2913
119	R 217	127	131	143	147	168	168	191	208					2914
120	R 219	125	125	145	149	166	166	198	208					2644**; 3532; 4114
121	R 22	125	127	145	147	166	168	181	210					1124; 3509; 4224**
122	R 223	125	125	143	145	168	168	198	200					2916; 3646
123	R 226	125	125	143	145	168	168	194	204					2917
124	R 229	125	131	141	143	168	168	191	202					2918; 3704
125	R 23	125	125	145	147	166	166	181	191					1824; 2136; 3024; 3336; 3606**
126	R 232	125	125	145	145	168	168	206	206					2920; 3648
127	R 234	125	125	143	145	162	176	191	206					3017; 3605
128	R 239	125	127	147	149	168	168	191	194					3114; 3650**

N. p. k.	Klons	Markieris												Identificēto rametu stādvieta nr. plantācijas shēmā <sup>1</sup>
		UAPgAG150F		UAPgAG150R		WS0033.A18FR		WS0022.B15FR		PAAC17FR		paGB3FR		
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	
129	R 24	125	125	159	163	168	168	181	212					1126; 2020; 2213; 2620; 3926; 4017; 3931
130	R 25	125	127	145	147	168	168	179	186					1127; 4322; 0841
131	R 26	125	125	149	149	166	178	181	188					2137; 3025; 3337; 3607**, 4021
132	R 27	125	125	145	147	164	168	200	210					1128; 1826; 2138; 3026; 3338; 3608
133	R 28	125	127	145	147	168	168	188	191					1751; 1827; 3027; 3339; 3609
134	R 29	125	127	145	147	168	168	179	202					1129; 2021; 2214; 3927; 3932; 4018
135	R 3	125	125	143	151	164	168	198	206					1650; 1726; 2926
136	R 30	125	127	145	147	164	166	181	204					1752; 2140; 3340; 3610
137	R 31	125	127	145	145	168	166	194	198					1829; 2141; 3029; 3341; 3611
138	R 32	125	125	145	147	166	168	191	204					1830; 3030; 3342; 3612
139	R 33	127	131	145	147	166	166	188	212					1755; 2143; 3031; 3343
140	R 34	125	131	145	147	164	164	198	212					1756**, 2144; 3032; 3614
141	R 35	125	131	149	151	166	166	191	194					1757; 3033; 3615
142	R 36	125	127	147	151	166	166	181	204					1946; 2234; 3122; 3434
143	R 37	125	125	143	147	178	180	194	204					1923; 1947; 2235; 3123; 3435; 3705
144	R 38	125	127	143	151	166	166	206	212					1948; 2236; 3436; 3124; 3706
145	R 39	125	127	147	151	164	164	186	208					1949; 2237; 3125; 3437; 3707
146	R 4	127	125	143	145	166	168	202	210					0833; 1651; 1727; 2927; 3239
147	R 40	125	125	145	149	168	168	191	208					1420; 2117; 2215; 4019; 4023; 4028; 2717
148	R 41	125	125	143	147	166	174	181	202					1421
149	R 42	125	125	143	145	170	170	191	200					1519; 4523
150	R 43	125	127	147	147	166	166	188	191					1926; 1950; 3126; 3438
151	R 44	125	127	145	147	168	166	181	191					1520; 1927; 2239; 3127; 3439; 3709
152	R 45	125	125	145	151	166	166	202	208					1852; 3440; 3710
153	R 46	125	129	147	153	168	168	191	194					1853; 1929; 2241; 3129; 3441; 3711
154	R 47	125	127	143	145	168	168	191	191					1854; 2242; 3130; 3442; 3712
155	R 48	125	131	145	147	166	166	179	200					1855; 3443; 0987; 2067; 1931
156	R 49	125	127	145	151	166	166	200	202					1619; 1856; 1932; 2244; 3132; 3444; 3714
157	R 5	125	125	143	145	168	168	191	198					0929; 1652; 2040; 2928; 3240
158	R 50	125	125	143	145	168	168	191	194					2118; 2718; 4024; 4029
159	R 51	125	127	145	147	168	168	191	200					1621; 1857; 1933; 2245; 3715; 4621**, 1341
160	R 52	125	131	145	147	168	170	194	194					2022; 2046; 2334; 3222; 3804
161	R 53	125	127	143	145	168	166	188	202					2023; 2047; 2335; 3223

N. p. k.	Klons	Markieris												Identificēto rametu stādvietas nr. plantācijas shēmā <sup>1</sup>
		UAPgAG150F		UAPgAG150R		WS0033.A18FR		WS0022.B15FR		PAAC17FR		paGB3FR		
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	
162	R 55	125	125	141	143	172	172	179	181					2119; 2719; 4025
163	R 56	125	127	145	147	168	168	202	202	150	164	112	118	2336; 3224; 3806
164	R 57	125	125	145	147	168	168	179	191					2025; 2049; 2337; 3225
165	R 58	125	125	143	145	162	164	181	200					2338; 3226; 3808
166	R 59	125	127	145	147	164	168	191	191	174	174	113	115	1914; 2027; 2339; 3227
167	R 6	125	125	143	143	168	168	204	208					1653; 2041; 2929; 3241
168	R 60	125	127	145	151	168	172	191	202					1915; 1952; 2028; 2340; 3228; 3810
169	R 61	125	127	145	147	166	166	181	202					1916; 1953; 3229; 3811
170	R 62	125	125	149	151	166	168	191	202					1954; 2342; 3230; 3812
171	R 64	125	125	145	147	168	168	194	202					1955; 2031; 2110; 2343; 3231; 3813
172	R 65	125	125	145	151	168	168	191	191					1956; 2032; 2210; 2344; 3232; 4628
173	R 66	125	125	147	147	166	168	181	191					1957; 2033; 3815**; 4629
174	R 68	125	127	145	151	164	168	179	191	135	135	111	117	2122; 2146; 2310; 2434; 3904; 4721**
175	R 69	125	125	147	147	164	172	186	194					2147; 2435; 3323; 3905
176	R 7	127	131	145	151	162	166	181	206					1654; 2042; 3242; 3512
177	R 70	125	131	145	151	168	168	191	210					2124; 2148; 2436; 3324; 3906
178	R 71	125	127	147	151	168	168	181	204					2125; 2149; 2410; 2437; 3325; 3907
179	R 72	125	131	143	145	168	168	191	200					2126; 2438; 2150; 2411; 3326
180	R 73	125	125	143	143	166	166	179	181					2413; 4725**
181	R 74	125	131	145	147	166	168	191	208					2127; 2151; 2414; 2439; 3327; 3909
182	R 75	125	131	147	159	166	166	181	202					2128; 2152; 2415; 2440; 3328; 3910
183	R 76	127	125	145	147	164	166	191	206					2129; 2441; 3329; 3911
184	R 77	125	127	147	151	164	176	204	204					2130; 2416; 3330
185	R 78	125	127	145	147	162	164	186	208					2055; 2443; 3331; 3913
186	R 79	125	131	147	147	168	168	179	204					52121; 69136; 70121; 1676
187	R 8	125	127	145	149	166	166	186	200					1655; 2043; 3243; 3513
188	R 80	125	131	145	147	164	166	194	206					2056; 2444; 3332
189	R 81	125	131	147	151	168	174	206	208					3915**; 0853; 2133
190	R 82	125	125	147	153	164	168	179	196					2222; 2246; 2534; 3422; 4004; 2508
191	R 83	125	125	141	147	168	166	191	208					2223; 2247; 2535; 3423; 4005
192	R 84	125	127	159	159	162	166	191	206					2224; 2248; 3424; 4006
193	R 85	125	125	147	149	166	166	179	202					2249; 2537; 3425; 4007
194	R 86	127	129	149	151	164	166	179	200					2250; 2510; 2538; 3426; 4008

N. p. k.	Klons	Markieris												Identificēto rametu stādvieta nr. plantācijas shēmā <sup>1</sup>
		UAPgAG150F		UAPgAG150R		WS0033.A18FR		WS0022.B15FR		PAAC17FR		paGB3FR		
		1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	1. alēle	2. alēle	
195	R 87	127	131	145	151	168	174	200	210					2227; 2251**; 2511; 2539; 3427
196	R 88	125	129	145	149	166	166	196	196					2228; 2252; 2540; 3428
197	R 89	125	129	147	151	166	166	191	204					2253; 3429; 4011
198	R 9	127	131	145	147	168	174	181	202					0931; 1917**; 3246; 3823; 3828; 4215
199	R 90	127	127	147	147	166	174	181	204					2230; 3430; 4012
200	R 91	129	125	145	147	166	166	191	194					2155; 2231; 2514; 2543
201	R 92	125	125	145	147	166	166	196	198					2156; 2232; 2544; 3432
202	R 93	125	127	143	151	168	168	204	210					2157; 2233; 2516; 2545**; 3433; 4015**
203	R 94	125	127	143	147	162	166	186	204					2322; 2346; 2615; 2634; 3522; 4104
204	R 95	125	131	145	145	164	166	186	198					2323; 2347; 2616; 2635; 3523; 4105
205	R 96	127	129	147	151	168	178	191	204					2324; 2348; 2636; 3524; 4106
206	R 97	125	125	145	149	168	168	179	204					2637; 3525
207	R 98	125	127	145	149	168	166	202	204					2120; 2216**; 2707; 2720**; 4020**; 4031
208	R 99	125	125	145	145	168	168	188	200					1581; 0689

\* - alēles var būt gan homozigotā, gan heterozigotā stāvoklī

\*\*rameti, kas identificēti, bet gājuši bojā 2013. gada vasarā

<sup>1</sup> – stādvieta numura pirmie divi cipari – rindas numurs, otrie divi cipari – kolonnas numurs (sēklu plantācijas „Liuza” shēma)

## Sēklu plantācijas „Brenčuļi” pārbaudes materiāla analīzes rezultāti

pārbaudes paraugs	sakritība ar pasēm	Markieri						piezīmes
		PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		
		1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	
1	1	154	166	216	216	260	262	pareizs
1	Sm 155	154	166	216	216	260	262	
2	2	160	164	216	216	260	262	nepareizs
2	Sm 122	160	164	216	216	260	262	
5?	5?	158	166	206	216	262	262	
2	Sm 134	158	166	206	216	262	262	
3	23	152	158	206	216	262	267	vairāki, bet pareizs
3	Cpop 8	152	158	206	216	262	267	
3	Cpop 16	152	158	206	216	262	267	
4	4	158	158	216	218	262	267	nepareizs
4	Sm 153	158	158	216	218	262	267	
4	Sm 15	158	166	216	218	262	267	
5	5	158	166	206	216	262	262	nepareizs
5	Sm 134	158	166	206	216	262	262	
2?	2?	160	164	216	216	260	262	
5	Sm 122	160	164	216	216	260	262	
6	6	164	164	216	218	262	267	
6	Sm 118	164	164	216	218	262	267	vairāki, bet pareizs
6	Sm 11	164	164	216	218	262	267	
6	Cpop 2	164	164	216	218	262	267	
7	7	152	152	204	206	262	262	
7	Sm 26	152	152	206	216	262	262	vairāki, bet pareizs
7	Pop 11	152	158	206	216	262	262	
7	Sm 109	152	168	206	218	262	262	
7	Sm 112	152	152	204	206	260	260	
7	Sm 134	158	166	206	216	262	262	
8	8	158	170	216	216	260	260	
8	Sm 3	158	170	216	216	260	260	
9	9	164	164	214	216	262	267	pareizs
9	Sm 111	164	164	214	216	262	267	
10	10	158	158	218	218	260	262	pareizs
10	Sm 140	158	158	218	218	260	262	
10	16	158	158	218	218	260	262	
11	11	158	158	202	218	267	267	pareizs
11	Sm 136	158	158	200	218	267	267	
12	12	158	166	202	206	262	262	pareizs
12	Sm 116	158	166	200	206	262	262	
13	13	164	164	206	218	262	267	pareizs
13	Sm 123	164	164	206	218	262	267	
14	14	158	158	216	216	262	262	pareizs
14	Sm 131	164	166	202	218	260	267	
15	15	166	166	206	216	234	262	pareizs
15	Sm 144	166	166	206	216	234	262	
16	16	158	158	218	218	260	262	pareizs
16	Sm 140	158	158	218	218	260	262	
16	10	158	158	218	218	260	262	
17	17	158	166	206	214	260	262	pareizs

pārbaudes paraugs	sakarītība ar pasēm	Marķieri						piezīmes
		PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		
		1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	
17	Sm 150	158	166	206	214	260	262	
18	18	152	164	202	218	262	267	vairāki, bet pareizs
18	Sm 149	152	154	202	218	262	267	
18	Sm 106	152	164	216	218	262	267	
19	19	150	164	218	218	262	262	pareizs
19	Sm 147	152	164	218	218	262	262	
20	20	158	158	216	216	262	262	vairāki, bet pareizs
20	Sm 133	158	158	216	216	262	262	
20	Pop 12	158	158	216	216	262	262	
20	33	158	158	216	216	262	262	
20	22	158	158	216	216	262	262	
21	21	158	170	216	226	262	262	pareizs
21	Sm 151	158	170	216	226	262	262	
22	22	158	158	216	216	262	262	nepareizs
22	Sm 133	158	158	216	216	262	262	
22	Pop 12	158	158	216	216	262	262	
22	33	158	158	216	216	262	262	
22	Sm 139	150	156	216	216	262	262	
23	23	166	166	202	228	260	260	pareizs
23	Sm 125	166	166	202	228	260	260	
24	24	152	158	214	216	264	267	nepareizs
24	Sm 115	152	158	214	216	267	267	
24	Sm 146	152	158	214	216	262	264	
25	25	170	170	202	218	260	262	vairāki, bet pareizs
25	Sm 142	170	170	200	218	260	262	
25	Pop 22	152	170	202	216	260	262	
27	27	158	158	206	218	260	260	vairāki, bet pareizs
27	Sm 4	158	158	206	218	260	260	
27	Sm 1	158	158	206	218	260	260	
28	28	158	164	218	218	262	262	pareizs
28	Sm 30	158	164	218	218	262	262	
29	29	152	158	216	218	260	267	nepareizs
29	Sm 130	152	158	216	218	260	267	
29	Sm 28	158	158	202	226	260	262	
30	30	160	166	216	218	267	267	pareizs
30	Sm 154	160	160	216	218	267	267	
31	31	164	164	206	220	260	267	pareizs
31	Sm 141	164	164	206	220	260	267	
32	32	158	164	216	226	262	262	nepareizs
32	Sm 127	158	164	216	216	262	267	
32	Pop 5	158	164	216	218	260	262	
32	Sm 17	166	176	206	216	260	262	
33	33	158	158	216	216	262	262	vairāki, bet pareizs
33	Sm 133	158	158	216	216	262	262	
33	Pop 12	158	158	216	216	262	262	
33	20	158	158	216	216	262	262	
33	22	158	158	216	216	262	262	

pārbaudes paraugs	sakritība ar pasēm	Marķieri						piezīmes
		PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		
		1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	
8	vairāki, bet pareizs	78%						
7	nepareizs	22%						



Sēklu plantācijas „Misa” pārbaudes materiāla analīzes rezultāti

pārbaudes paraugs	sakrītība ar pasēm	Marķieri						piezīmes
		PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		
		1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	
1	415	158	164	206	216	262	262	pareizs
1	1	158	164	206	216	262	262	
2	428	152	152	214	218	262	262	pareizs
2	2	152	152	214	218	262	262	
3	443	152	158	202	218	262	262	pareizs
3	3	152	158	202	218	0	0	
4	433	172	172	206	216	262	262	pareizs
4	4	172	172	206	216	262	262	
5	448	164	164	218	222	262	262	pareizs
5	5	164	164	218	222	0	0	
6	496	158	164	216	216	260	267	nepareizs
6	465	158	164	216	216	260	264	
6	435	158	164	216	216	267	267	
6	6	158	164	216	216	260	260	
8	437	166	166	218	224	260	262	pareizs
8	8	166	166	218	224	0	0	
9	478	166	166	216	218	260	260	nepareizs
9	451	166	166	216	218	260	262	
9	9	166	166	216	218	260	260	
10	202	164	164	218	218	262	267	pareizs
10	10	164	164	218	218	262	267	
11	484	158	158	216	216	260	262	pareizs
11	11	158	158	216	216	260	260	
12	62	158	160	206	216	262	262	pareizs
12	12	160	160	206	216	262	262	
13	464	154	154	214	216	262	267	nepareizs
13	468	154	154	206	216	262	267	
13	13	154	154	214	216	262	267	
14	480	160	160	214	218	262	262	pareizs
14	14	160	160	214	218	262	262	
15	465	158	164	216	216	260	264	pareizs
15	15	158	164	216	216	260	264	
16	438	164	164	216	216	262	262	nepareizs
16	487	164	164	216	216	262	267	
16	506	164	164	216	216	262	267	
16	418	164	164	216	216	262	264	
16	429	164	164	216	216	262	264	
16	477	158	164	216	216	262	262	
16	16	164	164	216	216	0	0	
17	497	164	166	216	218	267	267	vairāki, bet pareizs
17	458	164	166	216	218	262	262	
17	463	164	166	216	218	262	262	
17	17	164	166	216	218	262	267	
18	475	158	158	206	214	262	262	pareizs
18	18	158	158	206	214	262	262	
19	473	164	170	216	216	262	280	

pārbaudes paraugs	sakritība ar pasēm	Marķieri						piezīmes
		PtTX3107		PtTX4001		PtTX4011		
		1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	
19	19	164	170	216	216	264	280	pareizs
20	459	160	164	214	218	262	262	pareizs
20	20	160	164	214	218	262	262	
21	471	164	164	206	216	260	262	pareizs
21	21	164	164	206	216	260	262	
22	484	158	158	216	216	260	262	nepareizs
22	490	158	158	206	218	260	262	
22	417	158	158	210	218	260	262	
22	485	158	158	216	218	262	262	
22	22	158	158	216	218	260	260	
23	497	164	166	216	218	267	267	pareizs
23	23	162	166	216	218	267	267	
24	511	160	164	216	218	260	260	pareizs
24	24	160	164	216	218	260	260	
25	518	158	172	216	218	262	267	nepareizs
25	514	172	172	216	218	262	262	
25	25	158	172	216	218	262	264	
26	407	160	164	200	218	262	264	pareizs
26	26	160	164	200	218	262	264	
27	490	158	158	206	218	260	262	vairāki, bet pareizs
27	517	158	166	206	218	262	280	
27	27	158	166	206	218	260	262	
28	410	160	164	216	218	260	260	pareizs
28	28	160	164	216	218	260	260	
29	424	158	158	216	218	267	267	pareizs
29	29	158	158	216	218	267	267	
30	426	160	164	206	206	262	262	pareizs
30	30	160	164	206	206	262	262	
31	424	158	158	216	218	267	267	nepareizs
31	414	158	158	216	218	262	267	
31	31	158	158	216	218	267	267	
32	490	158	158	206	218	260	262	vairāki, bet pareizs
32	507	158	158	206	218	262	280	
32	452	158	164	206	218	262	280	
32	517	158	166	206	218	262	280	
32	32	158	158	206	218	260	280	
33	519	158	158	216	218	262	280	pareizs
33	33	154	158	216	218	262	280	

22 pareizs  
vairāki, bet  
3 pareizs            78%  
7 nepareizs        22%

## 7.9. pielikums

Sēklu plantācijas „Liuza” pārbaudes materiāla analīzes rezultāti

Pārbaudes paraugs	Sakrītība ar pasēm	Markieri								Piezīmes
		UAPgAG150F		UAPgAG150R		WS0033.A18F R		WS0022.B15F R		
		1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	
1	M 28	125	127	145	145	168	168	179	191	pareizs
1	1	125	127	145	145	168	168	179	191	
2	M 14	125	125	147	149	166	166	191	194	pareizs
2	2	125	127	149	149	166	166	191	194	
3	R 60	125	127	145	151	168	172	191	202	nepareizs
3	M 21	125	125	145	147	168	168	191	202	
3	3	125	127	0	0	168	168	191	202	
4	M 39	125	125	145	153	168	168	191	198	pareizs
4	4	125	127	145	153	168	168	190	198	
5	M 30	125	127	143	147	174	174	179	208	pareizs
5	5	127	129	145	149	174	174	179	208	
6	R 94	125	127	143	147	162	166	186	204	pareizs
6	6	127	127	143	147	162	168	186	204	
7	R 49	125	127	145	151	166	166	200	202	nepareizs
7	M 49	125	125	143	149	168	168	191	202	
7	R 68	125	127	145	151	164	168	179	191	
7	7	127	127	145	151	164	166	0	0	
8	R 229	125	131	143	143	168	168	191	202	pareizs
8	8	125	131	143	143	168	168	191	202	
9	M 140	125	127	143	145	168	168	194	194	vairāki, bet pareizs
9	R 31	125	127	145	145	168	168	194	198	
9	9	125	127	145	145	168	168	194	194	
10	M 40	125	125	147	151	168	168	200	208	pareizs
10	10	125	127	147	151	168	168	200	208	
11	M 145	125	125	147	149	166	168	191	206	pareizs
11	11	125	125	147	149	166	168	191	206	
12	M 42	125	125	147	149	168	166	186	204	pareizs
12	12	125	127	149	149	168	170	186	204	
13	M 125	125	125	141	147	166	166	194	194	pareizs
13	13	125	127	143	149	166	166	194	194	
14	R 37	125	125	143	147	178	180	194	204	pareizs
14	14	125	127	145	145	178	180	194	204	
15	R 69	125	125	147	147	164	172	186	194	pareizs
15	15	125	127	147	147	166	174	186	194	
16	R 95	125	131	145	145	164	166	186	198	pareizs
16	16	127	131	145	145	164	166	186	198	
17	R 1	125	131	145	145	164	168	191	204	nepareizs
17	R 32	125	125	145	147	166	168	191	204	
17	R 96	127	129	147	151	168	178	191	204	
17	17	129	131	147	147	168	168	191	204	
18	R 84	125	127	159	159	162	166	191	206	pareizs
18	18	125	127	159	159	168	168	191	206	
19	M 50	125	125	145	147	168	168	191	210	

Pārbaudes paraugs	Sakritība ar pasēm	Markieri								Piezīmes
		UAPgAG150F		UAPgAG150R		WS0033.A18F R		WS0022.B15F R		
		1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	
19	R 70	125	131	145	151	168	168	191	210	vairāki, bet pareizs
19	19	125	127	145	151	168	168	191	210	
20	R 38*	125	127	143	151	166	166	206	212	vairāki, bet pareizs
20	R 93*	125	127	143	151	168	168	204	210	
20	20	125	127	143	151	168	168	206	212	
21	M 55	125	127	145	147	168	168	188	202	pareizs
21	21	125	127	145	147	168	168	188	202	
22	M 30	125	127	143	147	174	174	179	208	pareizs
22	22	127	127	145	149	174	174	179	208	
23	R 98	125	127	145	149	168	166	202	204	nepareizs
23	23	127	127	147	151	166	166	202	204	
24	R 71	125	127	147	151	168	168	181	204	vairāki, bet pareizs
24	M 5	125	125	151	151	166	172	181	181	
24	24	127	127	151	151	168	168	181	181	
25	M 19	125	131	147	149	168	168	179	196	pareizs
25	25	131	131	149	149	168	168	179	196	
26	M 44	125	125	143	145	168	168	202	206	vairāki, bet pareizs
26	R 56*	125	127	145	147	168	168	202	202	
26	M 104	125	127	145	153	168	168	206	206	
26	26	125	127	145	145	168	168	202	206	
27	M 56	125	127	145	147	168	168	202	208	pareizs
27	27	125	127	147	147	168	168	202	208	
28	R 39	125	127	147	151	164	164	186	208	pareizs
28	28	125	127	145	149	166	166	186	208	
29	R 71	125	127	147	151	168	168	181	204	pareizs
29	29	125	127	147	147	168	168	181	204	
30	R 86	127	129	149	151	164	166	179	200	pareizs
30	30	131	131	151	151	164	166	179	200	
R 68*	R 68	125	127	145	151	164	168	179	191	vairāki, bet pareizs
R 60*	R 60	125	127	145	151	168	172	191	202	
M 117	M 117	125	125	145	151	168	168	191	191	
R 65	R 65	125	125	145	151	168	168	191	191	
31	31	125	127	145	151	168	168	191	191	pareizs
32	R 58*	125	125	143	145	162	164	181	200	nepareizs
32	32	125	127	145	145	164	174	179	202	
33	R 27	125	125	145	147	164	168	200	210	pareizs
33	33	125	125	145	147	164	164	200	210	
34	M 45	129	131	141	143	168	170	202	212	pareizs
34	34	129	131	143	143	170	170	202	212	
35	M 20	125	125	143	145	168	168	179	194	
35	M 26	125	127	145	147	168	168	179	194	

Pārbaudes paraugs	Sakritība ar pasēm	Markieri								Piezīmes
		UAPgAG150F		UAPgAG150R		WS0033.A18F R		WS0022.B15F R		
		1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	1.alēle	2.alēle	
35	35	125	125	145	145	168	168	179	194	vairāki, bet pareizs
36	R 49	125	127	145	151	166	166	200	202	nepareizs
36	M 7	125	127	143	151	164	166	200	200	
36	36	125	127	145	151	166	166	200	202	
37	M 150	125	131	147	149	168	168	202	206	pareizs
37	37	125	131	149	149	168	168	202	206	
38	R 10	125	131	147	151	162	168	194	196	pareizs
38	38	125	131	147	147	168	168	194	196	
39	M 147	125	129	143	143	168	168	186	191	vairāki, bet pareizs
39	R 204	125	131	145	145	168	168	191	191	
39	39	125	131	145	145	168	168	186	191	
40	M 58*	125	125	143	145	168	168	188	191	vairāki, bet pareizs
40	R 28*	125	127	145	147	168	168	188	191	
40	40	125	125	145	145	168	168	188	191	
41	R 22	125	127	145	147	166	168	181	210	pareizs
41	41	125	125	147	147	168	168	181	210	
42	R 23	125	125	145	147	166	166	181	191	nepareizs
42	R 66*	125	125	147	147	166	168	181	191	
42	R 42	125	125	143	145	170	170	191	200	
42	42	125	125	145	147	166	166	181	191	
43	M 109	125	131	145	151	168	168	179	179	pareizs
43	43	125	131	145	151	168	168	179	179	
44	M 28	125	127	145	145	168	168	179	191	vairāki, bet pareizs
44	R 103	127	131	145	145	168	168	179	188	
44	44	127	127	145	145	168	168	179	191	
45	R 107	125	125	145	145	166	166	181	204	nepareizs
45	R 75*	125	131	147	159	166	166	181	202	
45	45	125	125	145	149	166	166	181	202	
46	R 45	125	125	145	151	166	166	202	208	nepareizs
46	46	125	125	145	151	170	170	202	208	
47	R 30*	125	127	145	147	164	166	181	204	pareizs
47	47	125	127	145	149	164	166	181	204	
48	Ru 19*	125	125	143	147	168	168	191	202	nepareizs
48	48	125	127	145	147	166	166	191	202	

28 pareizs  
vairāki, bet

10 pareizs            79%  
10 nepareizs        21%

## II Bērza koksnes iekrāsojuma izpēte molekulāri ģenētiskā līmenī.

### 1. Bērza koksnes iekrāsojuma izpēte molekulāri ģenētiskā līmenī.

Bērzs ir izplatītākā lapu koku suga Latvijā, kas aizņem gandrīz 30% no kopējās mežu platības. Latvijā, strauji attīstoties saplākšņa ražošanai, pieaug arī pieprasījums pēc bērza koksnes. Tā kā saplākšņa kvalitāte ir tieši saistīta ar izejmateriāla - bērza koksnes, īpašībām - koksnes stiprību, iekrāsojumu, krāsu, kā arī bērza stumbra taisnumu un zarainību, tad, atlasot bērza klonus sēklu ieguves plantāciju izveidošanai ar ģenētiski determinētām augstvērtīgām koksnes īpašībām, būtu iespējams palielināt saplākšņa ražošanas pievienoto vērtību, kas ļautu ar saplākšņa kvalitāti sekmīgi konkurēt ārējā tirgū. Lielu pievienoto vērtību saplākšnim piešķir tā krāsa. Jo tā ir gaišāka, jo lielāks saplākšņa pielietojums mēbeļu ražošanā. Saplākšņa ražošanā bērza koksnes iekrāsojums pazemina saplākšņa pievienoto vērtību.

Citām lapu koku sugām, piemēram, dižskābardim, noskaidrots, ka koksnes iekrāsojumu varētu izraisīt dažādas sēņu sugas. Tomēr, šī problēma nav pētīta ar modernākām molekulāri ģenētiskajām metodēm, arī Latvijas bērzu audzēs koksnes iekrāsojuma sastopamība un molekulārā analīze nav veikta, nav arī noskaidroti koksnes iekrāsojuma iespējamie ģenētiskie faktori.

Projekta īstenošanas komandā tika iesaistīti dažādu zinātņu pārstāvji - meža selekcionāri, molekulārās ģenētikas, augu fitopatoloģijas speciālisti, kuru zināšanas un prasmes ir starptautiski atzītas – laba citējamība datu bāzēs. Projekta īstenošanā piedalījās arī SIA Latvijas Finieris „Mežs” pārstāvis.

Projekta izpildei ievākti koksnes paraugi no iekrāsotas un neiekrāsotas bērza koksnes. Pārsvārā, paraugi ievākti no pieaugušiem bērza kokiem ciršanas laikā, sadarbībā ar „Latvijas Finieris” pārstāvi. Paraugi ievākti dažādos Latvijas reģionos, pārsvārā Kurzemē un Latgalē. Sadarbībā ar LVMI „Silava” selekcionāru A. Gaili apsekoti arī 14 gadus veci bērzu koki ģimeņu stādījumā Rembatē. Bērzu stādu ekperimentālai pārbaudei izmantota sēklu partija no zemplēves bērzu plantācijas Kalsnavā. Augošu koku mākslīgai inficēšanai ar sēņu tīrkulturām izmantoti bērzi no privātā īpašuma „Kārlēni” Ikšķiles novadā, pie Tinūžiem. Kopumā ievākti un analizēti aptuveni 1250 bērza koksnes paraugi, ieskaitot pieaugušus kokus, jaunus kokus, kā arī bērzu stādus no stādaudzētavas.

1. tabula

Paraugu ievākšanas vietas.

Vieta	Koordinātes	Koku vecums
Liepājas novads, Mazgramzda	56,618672 21,606766	~20-50 gadi
Rēzeknes novads, Bikava	56,620219 27,613792 56,440007 27,442474 56,784755 27,232189 56,806517 27,060626	~10-30 gadi
Ikšķiles novads, Tinūži	56,878985 24,590315	~10 gadi
Ķeguma novads, Rembate	56,769754 24,799232	~10 gadi

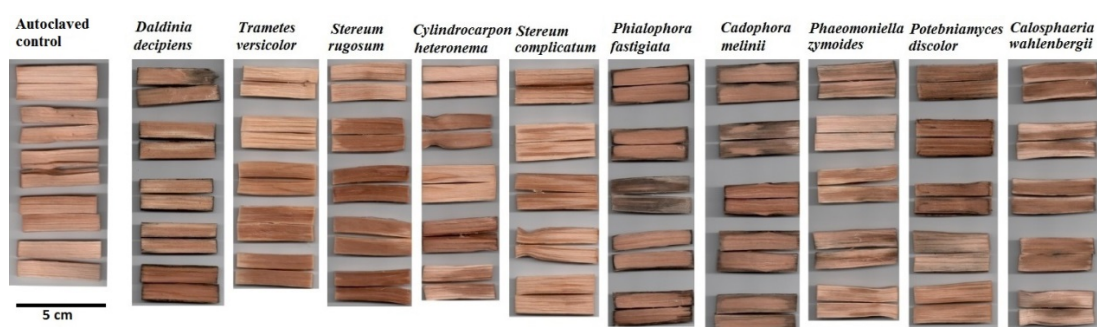
## 2. Sēņu identificēšana iekrāsotā bērza koksne, izmantojot mikrobioloģiskās metodes

Viens no pirmajiem darba posmiem bija mikroorganismu izdalīšana no iekrāsotās bērza koksnes un to identificēšana, izmantojot mikrobioloģiskās metodes. No 63 bojātiem un 5 nebojātiem kokiem ar Preslera urbi ievāca paraugus, no kuriem tālāk apstrādāja tikai daļu – 10 sterilizēja un novietoja uz agarizētas iesala ekstrakta barotnes un no 24 bērza koksnes paraugiem izdalīja kopējo DNS. Paraugus līdz apstrādāšanai uzglabāja 4°C temperatūrā. Paraugi sēņu identificēšanai sastāvēja no diviem atkārtojumiem – viens DNS izdalīšanai, otrs micēlija kultivēšanai.

Kopumā no dažādiem bērza koksnes paraugiem (no Liepājas un Rēzeknes rajoniem) tika izdalītas 18 sēņu kultūras un 46 baktēriju kultūras. Ļoti iespējams, ka daļa no šīm kultūrām ir viena un tā pati vai tuvradniecīga suga. To noskaidrojot, būtu iespējams novērtēt kādas noteiktas sugas vai sugu sabiedrības saistību ar koksnes iekrāsošanos. Tīrkultūras mikroskopējot tika konstatētas šādas sēņu ģintis: *Mucorales*, *Alternaria*, *Cladosporium* (vairākos paraugos). Baktēriju identifikācijai tika izmantoti BBL Crystal komplekti. Rezultātā identificēja šādas sugas: *Pseudomonas aeruginosa*, *Pantoea agglomerans*, *Bacillus brevis*, *Kulyvera cryocrescens*, *Yokenella regensburgei*, *Burkholderia cepacia* (x3), *Klebsiella pneumoniae* spp *ozanaeae*, *Enterobacter cloacae*, *Kulyvera ascorbata*, *Leifsonia aquatica*. Rezultātu ticamība variē no 79% līdz 99%.

## 3. Bērza koksnes klucīšu inokulēšana ar mikroorganismu tīrkultūrām

Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem un literatūras analīzi, kā arī no iekrāsotās bērzu koksnes izdalītās sēņu tīrkultūras, bērza koksnes klucīšu inokulācijai izmantoja no mikroorganismu kolekcijas *Centraalbureau voor Schimmelcultures* (CBS, Utrehta, Nīderlande) pasūtītas 10 sēņu tīrkultūras. Sterilus bērzu koksnes klucīšus novietoja Petri platē uz 1% ūdens-agara slāņa. No katras izdalītās sēņu tīrkultūras, kā arī no 10 pasūtīto sēņu tīrkultūrām izgriezta divus nelielus agara gabalus (4×4×4 mm), no kuriem vienu novietoja uz klucīša, bet otru – sānā uz agara. Pēc 8 nedēļu ilgas sēņu audzēšanas ieguva vizuālu pārskatu par šo sugu ietekmi uz bērza koka klucīšiem pāršķeļot klucīšus un ripas gareniski uz pusēm un novērtējot iekrāsojumu (1. attēls, 2. tabula).



1. attēls. Bērza klucīšu iekrāsojums pēc inokulēšanas ar sēņu tīrkultūrām.

Bērza koksnes iekrāsojums un micēlija izplatība pēc inokulēšanas ar sēņu tīrkultūrām.

Suga	Iekrāsojums						Micēlijs (ballēs no 1 līdz 5)						Micēlijs (cm no urbuma malas)			
	Apdedzinātiem k.		Autoklāvētiem k.				Apdedz. k.		Autokl. k.				Autokl. ripām			
<i>1078. Daldinia decipiens</i>	-	-	?	?	?	-	+	2	2	3	3	3	2	2	1	0.8
<i>1079. Trametes versicolor</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	1	3	2	1	3	3	2.5	2.5
<i>1080. Stereum rugosum</i>	-	-	+	+	+	+	-	1	1	3	4	3	3	2	0.9	1
<i>1081. Cyllindrocarpon heteronema</i>	-	-	-	-	-	+	+	1	1	-	-	1	2	2	1.5	1.5
<i>1082. Stereum complicatum</i>	-	-	+	-	-	-	-	1	-	4	4	4	3	3	1.5	1.5
<i>1083. Phialophora fastigiata</i>	-	-	+	+	+	+	++	-	-	1	2	1	1	1	0.5	0.4
<i>1084. Cadophora melinii</i>	-	-	+	+	+	+	*	-	-	2	1	1	1	1	0.5	0.8
<i>1085. Phaeomoniella zymoides</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	0.1	0.1
<i>1086. Potebniamyces discolor</i>	-	-	-	-	-	+	+	1	-	1	1	1	1	1	0.3	0.4
<i>1087. Calosphaeria wahlenbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	0.1	-

? – koksne ir palikusi sātāka, kā bērza celms 2 nedēļas pēc nozāģēšanas.

\* - grūti spriest, vai iekrāsojums ir virspusējs, sīku sporu radīts, vai tomēr dziļāks, jo vērtēšanas laikā Petri plates neatvēra

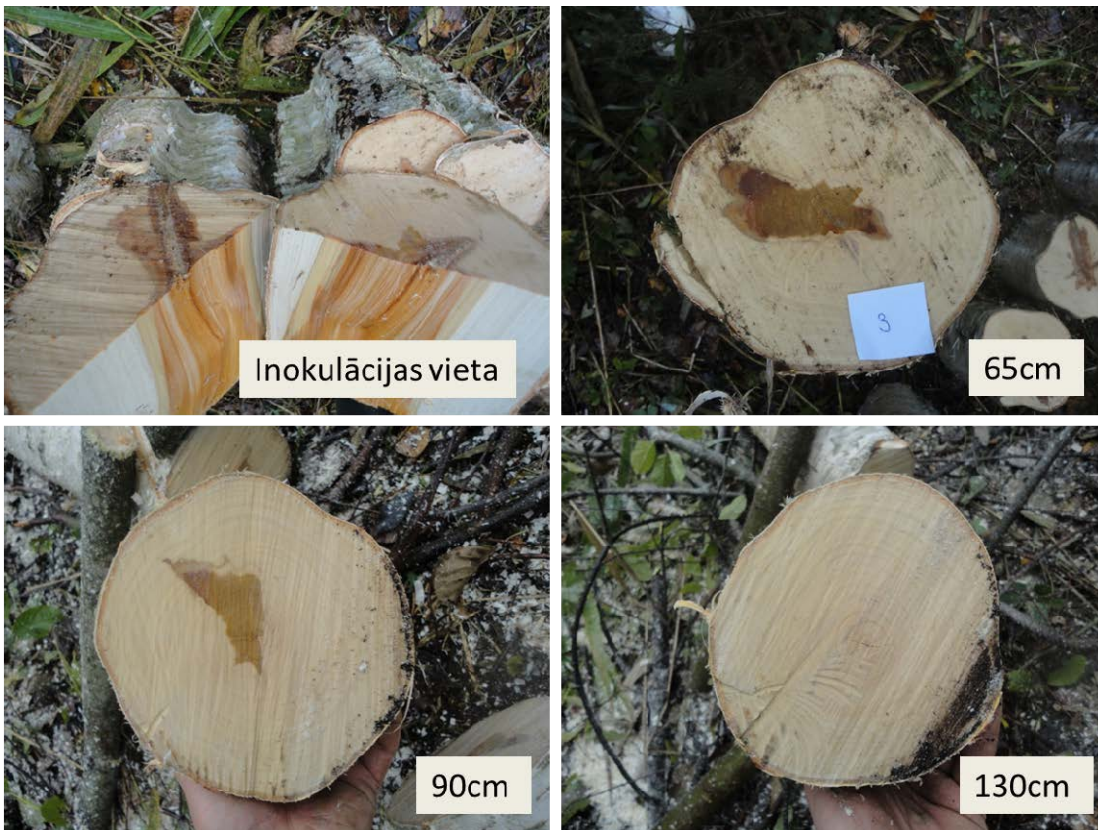


#### 4. Augošu bērza koku inokulēšana ar iekrāsojošo sēņu sporām jeb micēliju un iekrāsojuma veidošanās novērtējums

Ar sēņu un baktēriju tīrkultūrām, kuras ieguva no iekrāsotās un neiekrāsotās koksnes daļas, inficēja sterilus bērza klucīšus, katru ar vienu tīrkultūru. Lai arī dažos paraugos novēroja brūngana iekrāsojuma parādīšanos, vairumā gadījumu konstatēja pelēcīgu iekrāsojumu, kas nav novērots lauka apstākļos. Šis eksperiments liecina, ka eksperimentiem ar tīrkultūrām ir nepieciešami augoši bērzi, jo iekrāsojuma rašanās ir saistāma ar nepārtrauktu bērza un mikroorganismu mijiedarbību. 2012. gada aprīlī bērzus lauka apstākļos inokulēja ar 10 sēņu tīrkultūrām trijos atkārtojumos (tīrkultūras katru atsevišķi ievietoja ar Preslera urbi veiktos urbumos ik pēc 20 cm sākot no koka pamatnes 30 cm augstumā). Bērzus nozāgēja pēc 6 mēnešiem. Sākotnējie rezultāti liecina par tipiska sarkanbrūna iekrāsojuma rašanos no jebkura liela ievainojuma, kurš ir pakļauts iespējamai mikroorganismu invāzijai, jo ne tikai visi ar sēņu tīrkultūrām inficētie urbumi, bet arī negatīvās kontroles (n=3) iniciēja iekrāsojuma veidošanos (2. attēls). Iekrāsojums, sākoties pie apakšējā urbuma, turpinājās tikai uz augšu un summējās ar katru nākamā urbuma iekrāsojumu. Noskaidrots, ka 6 mēnešu laikā, koknes iekrāsojums var izplatīties vairāk kā 90 cm no inokulēšanas vietas (3. attēls). Iespējams, ka iekrāsojumu izraisa koksnes audu enzimatiskas aizsargreakcijas, ko ierosina mikroorganismu un/vai liels skābekļa daudzums bojātos audos.



2. attēls. Koksnes iekrāsojums pēc dzīva koka inokulēšanas ar sēņu tīrkultūrām.



3. attēls. Koksnes iekrāsojuma izplatība 6 mēnešus pēc sēņu tīrkultūras inokulācijas dzīvā bērza kokā.

## 5. Iekrāsojuma izplatība visa bērza stumbra garumā

Dažādos pētījumos ir secināts, ka ārējie faktori var liecināt par iekrāsotu kodolkoksni. Sarkanbrūna, nehomogēna iekrāsojuma izplatība augošā papīra bērzā (*Betula papyrifera* Marsh.) ir saistāma ar koka ārējiem defektiem un īpatnībām, piemēram, zaru žāklēm vai rētām, kas atrodamas tuvāk stumbra pamatnei (Belleville *et al.*, 2011). Hallaksela un Niemisto (1998) secināja, ka galvenais iemesls plantācijās augošu āra bērza (*Betula pendula* Roth.) kodolkoksnes iekrāsojumam bija nolauztie zari un sekojoša mikroorganismu invāzija. Tādējādi varētu secināt, ka iekrāsojumu, visticamāk, ir iniciējis kāds ievainojums un ar to saistītie faktori. Tomēr iekrāsojuma iespējamība tiek saistīta arī ar dažādiem vides faktoriem un koka īpatnībām, piemēram, kokiem, kuri attiecīgajā audzē atrodas dominējošajā stāvā, iekrāsoto daļu apjomi ir mazāki. Lielāks iekrāsotās kodolkoksnes daudzums novērots kokiem, kuri ir vecāki par 40 gadiem ar relatīvi lielu diametru krūšu augstumā un apjomīgu lapotni (Belleville *et al.*, 2011). Dažām sugām kodolkoksne ar tai raksturīgo tumšo iekrāsojumu veidojas koksnes šūnām novecojot un izmainoties to ķīmiskajam sastāvam. Tomēr papīra bērza iekrāsojumu nevarētu uzskatīt par īstu kodolkoksni, jo tā satur barības vielas (ogļhidrātus, piemēram, cieti), kas ir raksturīgas dzīviem, augošiem koksnes audiem (Piispanen, Saranpää, 2001). Lai gan šādu iekrāsojumu saista arī ar trupes sākuma stadiju, tas parasti būtiski neietekmē koksnes mehāniskās īpašības.

Lai novērtētu iekrāsojuma izplatību visa stumbra garumā, nozāģēja trīs 12 gadus vecus āra bērzus. Bērzu aptuvenais augstums bija 17 m, diametrs krūšu augstumā – 15 cm. Iekrāsojums vispirms tika noteikts, izdarot urbumu pie koka pamatnes ar Preslera urbi. Pēc koka nozāģēšanas stumbru sadalīja 1-2 m garos gabalos, lai sākotnēji novērtētu iekrāsojuma sākumu un beigas. Pēc tam attiecīgos stumbra fragmentus ar iekrāsojumu pārzāģēja gareniski. Zāģēšanai izmantoja benzīna motorzāģi ar apm. 5 mm platu zāģa ķēdi.

Izvēlētajiem kokiem iekrāsojums stumbra vidū bija konstatējams jau pie pamatnes, no kurienes tas turpinājās aptuveni 4-5 m augšup. Iekrāsojuma samazināšanās virzienā uz augšu nebija vienmērīga – vietām tas kļuva plašāks, vietām manāmi samazinājās (4. attēls) līdz pakāpeniski izzuda pavisam vai krasi beidzās kādā zara vietā (5. attēls). Rētu, dzīvu un nolauztu (t.i., ieaugušu) zara vietu saistība ar vienmērīgi izplatītu iekrāsojumu bērza stumbra vidū konstatēta lielākajā daļā gadījumu (5. - 8. attēli). Iekrāsojums no zara vietas lokāli nedaudz palielināja iekrāsojuma diametru vidusdaļā. Daļa zara vietu, gan dzīvu, gan ieaugušu, radīja lokālu iekrāsojumu, kas neturpinājās stumbra vidū (9. - 15. attēli).



4. attēls.



5. attēls.



6. attēls.



7. attēls.



8. attēls.



9. attēls.



10. attēls.



11. attēls.



12. attēls.



13. attēls.



14. attēls.



15. attēls.

Vienam no trim bērziem praktiski visi zari pie pamatnes bija ar iekrāsotu vidusdaļu (15. attēls), tomēr vairumā gadījumu iekrāsojums neturpinājās dziļāk stumbrā. Šādi zari lielākoties bija sastopami bērza augšdaļā. Nokaltušu un nolauztu zara vietu, kā arī ieaugušu rētu radītais iekrāsojums dažviet bija lokāls, bet citur – turpināja izplatīties stumbrā (8. attēls) vai bija šķietams iekrāsojuma nobeigums (5. attēls). Šādi rētaudi, kas vietām, iespējams, satur trupējušus koksnes audus, varētu būt viegls ceļš, kā mikroorganismiem iekļūt kokā. Līdz ar mikroorganismiem kokā, iespējams, iekļūst arī papildus skābeklis, kas var veicināt oksidēšanās reakcijas. Tomēr nav skaidri zināmi iemesli, kādēļ viena zara vieta rada nelielu, lokālu iekrāsojumu, bet cita – saplūst ar iekrāsojumu stumbra vidū. Veseli zari, kas ir iekrāsoti pie pamatnes, ir novēroti arī iepriekš. Šo parādību ir grūti izskaidrot, ņemot vērā faktu, ka vizuāli nekas neliecina par būtiskiem bojājumiem. Iespējams, ka tas liecina par trupes sākuma stadiju. Vairākos pētījumos konstatēta specifisku sēņu klātbūtne bērza zaros, kas, iespējams, veicina bērza atzarošanos (Hanso, Drenkhan, 2010). Iespējams, atsevišķos gadījumos, kas varētu būt saistīti ar noteiktām koksnes īpašībām, infekcija no zariem pāriet dziļākos koksnes audos. Vairāki pētījumi mudina domāt, ka segsēkļu nodalījumā visas koku sugas funkcionālajā aplievas koksne vairāk vai mazāk satur trupi izraisošas sēnes latentā stāvoklī, tomēr ne vienmēr tās ir tās pašas, kas pēc tam ir sastopamas trupē. To izplatība viscaur stumbram un zariem var būt vienmērīga. Aktīvus trupes procesus, visticamāk, ierosina nelabvēlīgi vides apstākļi, piemēram, pārmērīgs mitrums (Parfitt *et al.*, 2010).

Jāatzīmē, ka izmantotie bērzi bija salīdzinoši jauni. Lai gan nedaudzajos pieejamajos rakstos stumbra vidusdaļas iekrāsojums ir saistāms ar aptuveni 40 gadus veciem bērziem, iepriekšējos

novērojumos iekrāsojums tika konstatēts arī 8 gadus veciem bērziem (Bitenieks, 2012 (bakalaura darbs), Parfitt *et al.*, 2010). Jauno bērzu izpēte var liecināt par iekrāsojuma iniciācijas vietām.

Iekrāsojuma izplatības izpēti vajadzētu veikt ar lielāku atkārtojumu skaitu; īpaši svarīgi pētīt vecākus bērzus, jo iekrāsojuma struktūra tiem ir izteiktāka nekā jaunajiem kokiem. Lielāku un vecāku bērzu izpēte ir problemātiska, jo pēc stumbra gareniskas pārzāgēšanas, ievērojams daudzums koksnes vairs nav lietojams finiera iegūšanai. Alternatīva varētu būt finierkluča lobīšanas procesa novērošana, tomēr tas ir mehanizēts un ātrs process. Tā laikā iekrāsojuma izplatība samērā īsajos finierklučos ir grūti novērojama, taču zara vietu saistība ar stumbra vidusdaļas iekrāsojumu ir redzama.

## **6.Iekrāsotā koksne atrasto baktēriju lomas noskaidrošana iekrāsojuma veidošanā**

Atsevišķos eksperimentos ar dažādu bērza koku koksnes ekstraktu ietekme uz atsevišķām tīrkultūrām netika novērota. Kultivējot tīrkultūras sterilā bērza sulā, kuru ieguva pavasarī, tikai trijos gadījumos (n=36) novēroja niecīgas, baktēriju tīrkultūru radītas brūnas nogulsnes, kas varētu liecināt par šo tīrkultūru spēju izmantot organiskās vielas bērza sulā, radot galaproduktus brūnā krāsā. Iespējamie blakus pētījumi varētu būt saistīti ar paaugstinātu fenolu klātbūtni iekrāsotā koksne, kas daudzos gadījumos ir saistāma ar koka aizsargmehānismiem pret patogēniem, kā rezultātā var rasties koksnes īpašību izmaiņas, t.sk., krāsas izmaiņas.

### **6.1.Koksnes kopējās un tīrkultūru DNS izdalīšana**

Kopējo DNS no koksnes izdalīja pēc CTAB metodes protokola (ar modifikācijām no Asif, Cannon 2005, Johannesson, Stenlid 1999).

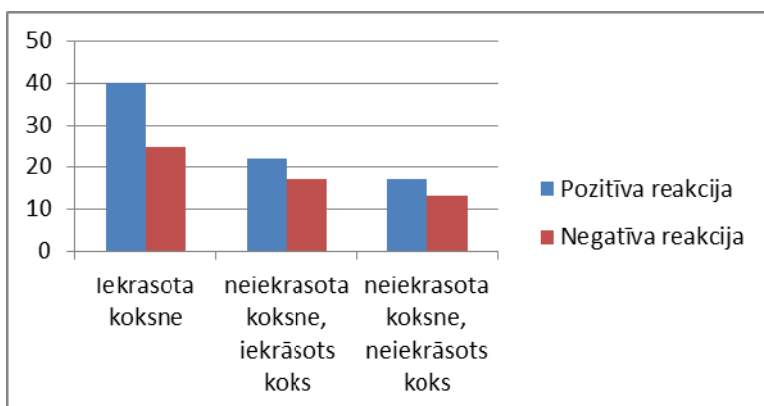
### **6.2.Sēņu sugu specifisku praimeru izstrāde, izmantojot polimorfus sēņu ribosomālo gēnu apgabalu**

Ievākti 117 bērza paraugi no nesen cirstiem bērzu baļķiem un celmiem, dažādos Latvijas reģionos. Katrā audzē ievāca paraugus gan no kokiem bez iekrāsojuma, gan no kokiem ar iekrāsojumu un izdalīja DNS. Sākotnēji sēnes identifikācijai tika izvēlēta DNS sekvenēšanas metode. Atlasīti ribosomālie DNS marķieri, ar kuriem būtu iespējams analizēt visas paraugos esošās sēņu sugas. Ar šiem marķieriem PĶR reakcijās iegūti DNS fragmenti. Iegūtās DNS sekvences salīdzinātas ar NCBI datubāzi, lai noskaidrotu sēņu sugu, kā arī savstarpēji, lai varētu noskaidrot dažādo sēņu sadalījumu iekrāsotā un neiekrāsotā koksne.

No iekrāsotās koksnes izdalīja sēņu tīrkultūras, no kurām izdalīja DNS. Iegūto DNS sekvenēja ar ITS1 un ITS4 praimeriem un ieguva ITS1 un ITS4 nekodējošā rajona sekvences, kā arī 5S kodējošo sekvenci. Izmantojot iegūtās ITS sekvences tika konstruēti specifiski praimeru. Iegūto praimeru specifiskums tika pārbaudīts uz dažādu sēņu tīrkultūrām dažādos reakcijas apstākļos. No izstrādātajiem praimeriem, pēc optimizācijas, par derīgu tika atzīti tikai *Cladosporium* ģintij specifiskie praimeru. Ar šiem praimeriem tika pārbaudīti 65 paraugi no iekrāsotās un 69 paraugi no neiekrāsotās koksnes (gan no iekrāsota koka neiekrāsotās daļas, gan no neiekrāsota koka). Izteikta atšķirība starp iekrāsotu un neiekrāsotu koksni nav konstatēta. Turklāt datu analizēšanu apgrūtina tas, ka *Cladosporium* ģints ir plaša, ar daudz sugām, tāpēc ar šiem praimeriem nevar noteikt, vai paraugos ir viena suga vai vairākas. Ar diviem izstrādātajiem sēņu sugu specifiskajiem PĶR praimeriem tika analizēti 121 bērzu koksnes paraugi, kuri tika ievākti no iekrāsotās un neiekrāsotās koksnes. Papildus tika analizēti 17 paraugi, kuri tika ievākti no bērzu kokaudzētavas 'Zābaki'. Ar praimeru pāri '2.ssp' 41 paraugs no iekrāsotās koksnes arī uzrādīja pozitīvu rezultātu PĶR analizē. 12 neiekrāsoti koksnes paraugi uzrādīja negatīvu rezultātu PĶR



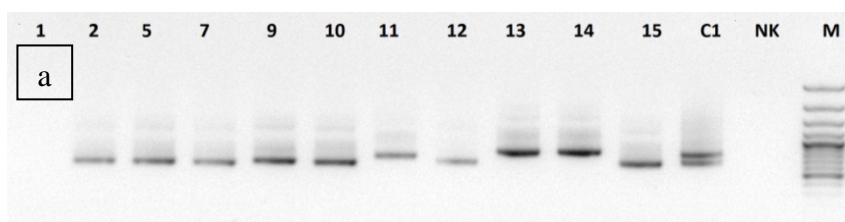
analīzē. Kopumā 68 paraugi bija tādi, kur nesakrita iekrāsojums ar PĶR analīzi. No tiem, 11 neiekrāsotie paraugi uzrādīja pozitīvu PĶR analīzi, un 57 iekrāsotie koksnes paraugi uzrādīja negatīvu PĶR analīzi (16. attēls).

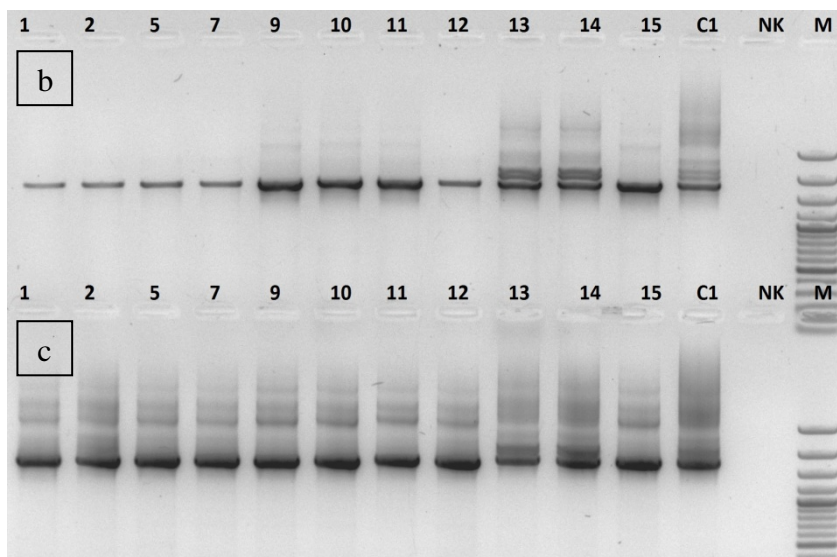


16. attēls. Iekrāsotas un neiekrāsotas koksnes analīze ar sēņu sugu specifisku marķieri

Iepriekšminētās metodes ir piemērotas sugu konstatēšanai, tomēr tās nav statistiski būtiskas un nepierāda identificēto sugu lomu iekrāsošanās procesos, tāpēc, analizējot mikroorganismu sabiedrību pētījumus, nolēma izstrādāt citu uz molekulārajām metodēm balstītu pieeju, kas dotu iespēju vienlaicīgi apskatīt lielāko daļu baktēriju vai mikroskopisko sēņu sabiedrības iekrāsotā bērza koksne un salīdzināt tās savā starpā, kā arī ar neiekrāsotu koksnes mikroorganismu sabiedrībām. Tādēļ tika konstruēti divi praimeru komplekti baktēriju sabiedrību pētījumiem un divi – mikroskopisko sēņu sabiedrību pētījumiem. Tika noteikta mikroorganismu taksonomiskā piederība pēc PĶR-DGGE rezultātiem, lai iegūtu sugu specifiskus praimerus precīziem un ātriem patogēna pētījumiem bērza koksne.

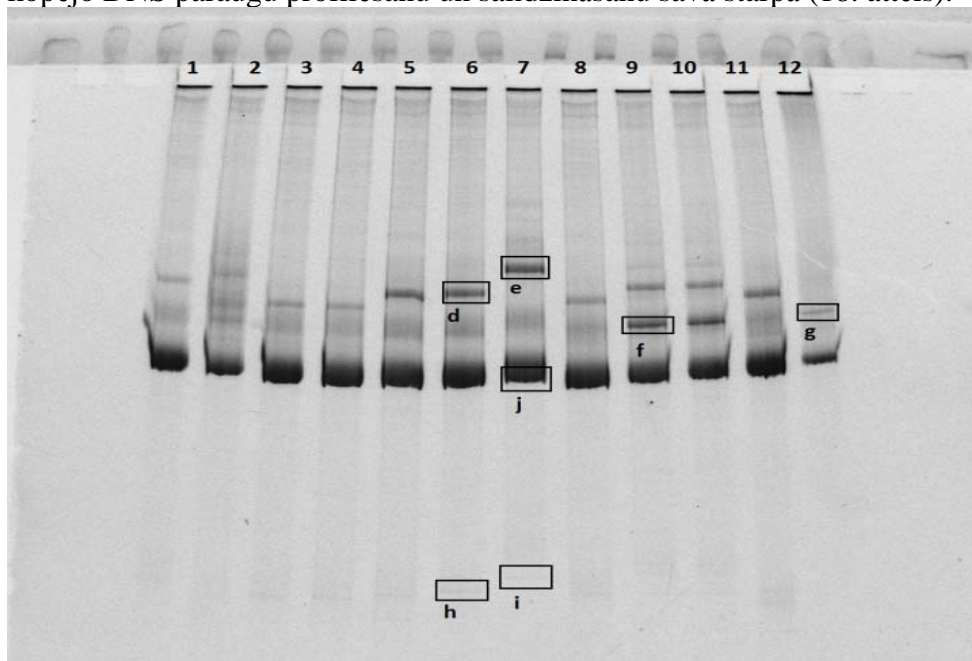
Polimerāzes ķēdes reakcijas pielietoja, lai pavairotu 18S, 5.8S un 28S gēnu fragmentus. Balstoties uz literatūrā minētām praimeru sekvencēm, izveidoja divus praimeru kompleksus baktēriju un sēņu DNS profilēšanai un identificēšanai koksne. Pirmais praimeru komplekts amplificē lielāko daļu no 18S gēna sēnēm (pilns ~1800 bp) ar trim secīgām PĶR – *pirmajā PĶR* (NS1\_F un EF3\_R) reģionu V1-V9 (1711 bp), *otrajā PĶR* (NS1\_F un FR1-GC\_R) reģionu V1-V5 (1648 bp), izmantojot pirmā PĶR produkta DNS. Otrās praimeru komplekts (ITSF-GC\_F un ITS4\_R) amplificēja (secīgi) daļu 18S rDNS, visu 5.8S rDNS un daļu no 28S rDNS gēna rajona sēnēm (kopā ~ 350-880 bp) (17. attēls).





17. attēls. Sēņu tīrkultūru DNS amplifikācijas ar praimeru pāriem (a) ITSF-GC\_F un ITS4\_R, (b) NS1\_F un EF3\_R, (c) NS1\_F un FR1-GC\_R. 'c' rindā esošie paraugi ir *nested*-PĶR produkti no 'b' rindā esošajiem PĶR produktiem.

Tālāk PĶR produktus sadalīja denaturējošā gradienta gēla elektroforēzē, tādējādi veicot dažādu kopējo DNS paraugu profilēšanu un salīdzināšanu savā starpā (18. attēls).



18. attēls. NS1\_F un FR1-GC\_R PĶR produktu DGGE profili.

## 7. Bērza koksnes iekrāsojuma izplatība un dinamika Latvijas bērzu audzēs

Noteikta bērza koksnes iekrāsojuma izplatība un dinamika Latvijas pieaugušās bērzu audzēs ciršanas laikā, kā arī jaunākās audzēs kopšanas cirtes laikā. Noskaidrots, ka bērzu koksnes iekrāsojums ir izplatīts pa visu Latvijas teritoriju, un tas sastopams jau desmit gadus vecos kokos. No iekrāsotās bērzu koksnes izdalītas endofītās sēnes un baktērijas un noteiktas to identitātes, izmantojot ribosomālās DNS sekvenēšanas metodikas.

### **7.1.Cirsmu apsekošana dažādos meža augsnes tipos Latvijas reģionos iekrāsojuma pakāpes noteikšanai**

Laika periodā no 2011. gada septembra līdz 2012. gada augustam bērza koksnes paraugi (kopumā aptuveni 320) tika ievākti šādās vietās:

Liepājas novads, Mazgramzda, 56,618672 N, 21,606766 E, bojāti 13 koki no 16;

Rēzeknes novads, Bikava, četri parauglaukumi: 56,620219 N 27,613792 E; 56,440007 27,442474 E; 56,784755 N 27,232189 E; 56,806517 N 27,060626 E, bojāts 121 koks no 418;

Ikšķiles novads, Tīnūži, 56,878985 N 24,590315;

Ķeguma novads, Rembate, 56,769754 N 24,799232 E, bojāts 121 koks no 418;

Rēzeknes novads, Kuderī, 56,786611 N, 27,203778 E, bojāti 11 koki no 14;

Rēzeknes novads, Gaigalava, 56,77141935 N, 27,10718866 E, bojāts 1 koks;

Rēzeknes novads, Strūžāni, 56,765528 N, 27,157139 E, bojāti 54 koki no 85;

Kuldīgas novads, Laidi, 56,777833 N 21,853722 E, bojāti 11 koki no 15;

Aizputes novads, Kazdanga, 56,74628624321 N, 21,68281173 E, bojāti 10 koki no 19;

Durbes novads, Dunalka, 56,7188756321 N, 21,26919645 E, bojāti 12 koki no 15;

Pāvilostas novads, Ziemeļi, 56,733222 N, 21,089483 E, bojāti 9 koki no 19;

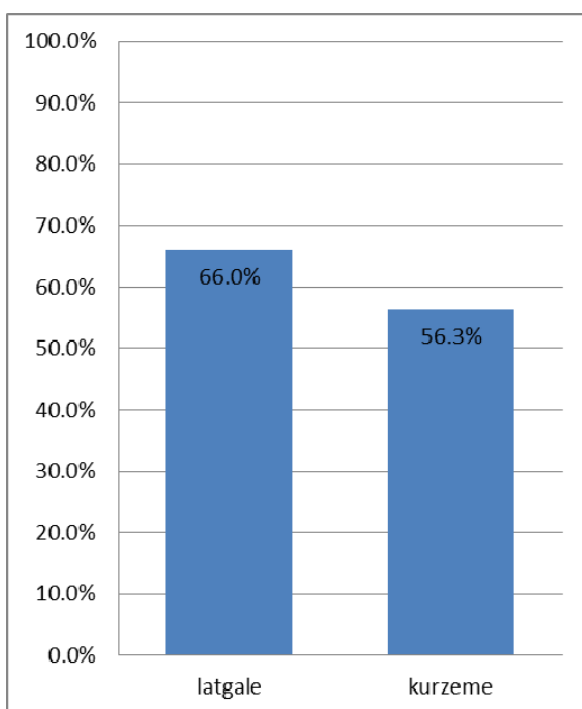
Kandavas novads, Oksle, 57,110889 N 22,812222 E, bojāti 16 koki no 40;

Kandavas novads, Zante, 56,8353792322 N 22,78280958 E, bojāts 31 koks no 50.

## 7.2.Koksnes iekrāsojuma izplatības analīze bērzu plantācijā kopšanas cirtes laikā

Apsekojot iekrāsojuma izplatību, Liepājas rajona Mazgramzdu cirtsmā 57 % (26 no 45) no apskatītajiem aptuveni 30 gadus vecu bērzu celmiem bija ar iekrāsojuma pazīmēm kodolkoksnē apvidū. Kopumā Latgalē un Kurzemē tika konstatēta līdzīga iekrāsojuma sastopamība (66% un 56%) (19. attēls).

2012. gada janvārī, piedaloties bērzu jaunaudzū (14 g.v.) kopšanas cirtē Rembatē (56,769754 N, 24,799232 E), konstatēja, ka 31% (131 kokam no 418) no nozāģētajiem kokiem kodolkoksnē daļa pie pamatnes ir iekrāsota. Iekrāsojuma īpatsvars nebija vienmērīgi izplatīts, bet atšķīrās starp bērzu pēcnācēju ģimenēm. Atsevišķās ģimenēs iekrāsojums praktiski netika novērots, savukārt citās tas bija lielākajai daļai koku. Tiek pieņemts, ka viens no galvenajiem iemesliem ir ģenētiskā variācija starp ģimenēm, kas varētu būt saistīta ar rezistences mehānismiem pret iekrāsojumu vai to izraisošajiem mikroorganismiem. Arī augsnes neviendabīgums eksperimentālajā plantācijā varētu dažādi ietekmēt bērza augšanas procesus. Bērzu sēkļu plantācijā novērots, ka atrodamas atšķirības koksnes iekrāsojuma pakāpē starp atsevišķām ģimenēm, kas liecina par tā ģenētisku pamatu. Bērza koksnes iekrāsojumu izraisošo mikroorganismu noskaidrošana dos iespēju noteikt to izplatību, kā arī izmantot šīs zināšanas, lai atlasītu bērzus ar lielāku noturību pret koksnes iekrāsošanos.



19. attēls. Bērza koku ar iekrāsotu koksni īpatsvars Latgalē un Kurzemē.

## 8.Bērza koksne esošo sēņu kvantitatīvās noteikšanas metodes izstrāde

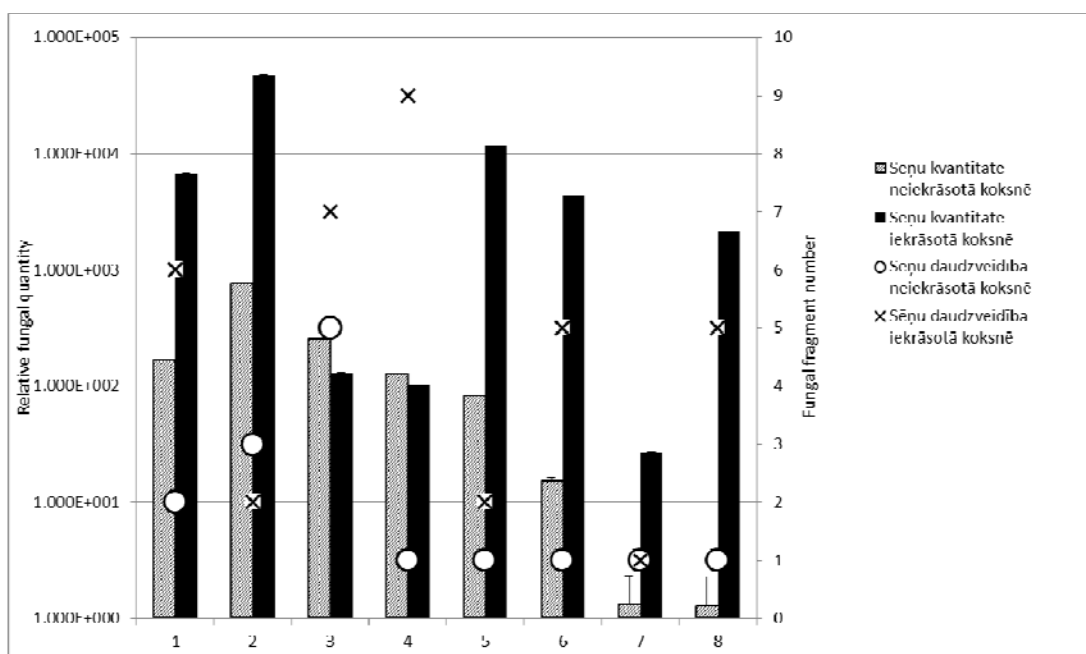
Izmantotas divas metodes sēņu DNS kvantitēšanai un daudzveidības noteikšanai paraugos – reālā laika PĶR (RT – PĶR) un PĶR produkta analīze ar gēnu analizatoru.

*RT – PĶR ir metode*, kas balstās uz to, ka pēc katra cikla PĶR reakcijā tiek detektēts DNS daudzums paraugā. RT – PĶR tika izmantoti ITS1F praimeris, kas ir sēņu specifisks, un ITS4 praimeris. Kontrolei izmantoti bērza *PAL* gēnu kodējoši praimeris. Metode ir ticama un ar augstu

precizitāti. Ar šo metodi ir iespējams noteikt kopējo sēņu kvantitāti DNS paraugā. Analīzei tika izdalīta kopējā DNS no iekrāsotas un neiekrāsotas koksnes un salīdzināta kopējā sēņu kvantitāte. *PQR produkta analīze ar gēnu analizatoru* – šajā metodē PQR reakcijai tika izmantots ITS1F praimeris ar fluoriscento iezīmi (FAM) un ITS4 praimeris. Reakcijas veiktas ar dažādām DNS koncentrācijām no vienas sēnes tīrkultūras, kā arī ar vienādas koncentrācijas DNS no dažādām sēņu tīrkultūrām. Iegūtie PQR produkti analizēti ar gēnu analizatoru. Iegūtā pīķa augstums starp viena parauga tehniskajiem atkārtojumiem ir atšķirīgs un nav novērojama korelācija starp pīķa augstumu un DNS daudzumu PQR reakcijā. Līdz ar to šī metode nav pielietojama kvantitatīvām analizēm. Tā kā ITS fragmenta bp garums starp dažādām sēņu sugām var atšķirties, tad ar šīs metodes palīdzību varētu noteikt paraugā esošo sēņu daudzveidību. Ar šo metodi ir iespējams noteikt kopējo sēņu daudzveidību DNS paraugā. Analīzei tika izdalīta kopējā DNS no iekrāsotas un neiekrāsotas koksnes un salīdzināta kopējā sēņu daudzveidība.

Ar RT-PQR metodi noteica kopējo sēņu kvantitāti. Tika analizēta no 8 bērza koku gan iekrāsotas un neiekrāsotas koksnes (kopā 16 paraugi) izdalīta DNS. Konstatēts, ka vairumā gadījumu, iekrāsotā koksne ir ievērojami lielāka kopējā sēņu daudzveidība. 3. un 4. individuā, sēņu kvantitāte bija mazliet mazāka, tomēr tika konstatēta sēnes klātbūtne iekrāsotā un neiekrāsotā koksne. Netika kvantitatīvi vērtēta koksnes iekrāsojuma pakāpe, un, iespējams, ka šajos analizētajos individuos tikai nesen parādījies koksnes iekrāsojums. Šādu analīzi vajadzētu paplašināt, un analizēt lielāku koku skaitu, tomēr laika un resursu ierobežojuma dēļ, to nebija iespējams veikt šī projekta ietvaros.

Tika analizēta arī sēņu kopējā daudzveidība, izmantojot iepriekš aprakstītos iekrāsotos un neiekrāsotos bērza koksnes paraugus. Analīze liecināja, ka kopējā sēņu daudzveidība ir lielāka iekrāsotos koksnes paraugos, izņemot 7. individuā, kur tā ir vienāda iekrāsotā un neiekrāsotā koksne, un 2. individuā, kur iekrāsotā koksne tika atrasta mazliet zemāka kopējā sēņu daudzveidība nekā neiekrāsotā koksne (20. attēls).

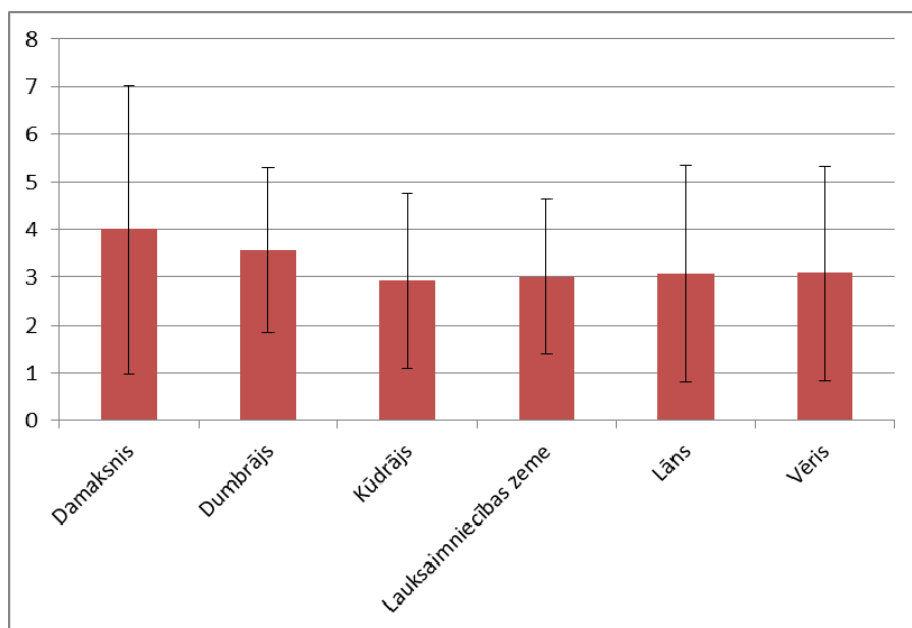


20. attēls.

## 9. Kopējās sēņu daudzveidības analīzes dažādos meža tipos

No bērza kokiem, kurus ievāca no dažādiem meža tipi, tika analizēta koksnes kopējā sēņu daudzveidība, izmantojot iepriekš aprakstīto metodiku. Kopumā tika analizēti 546 koksnes paraugi no dažādiem meža tipi un augšanas apstākļiem (damaksnis, dumbrājs, kūdrājs, lāns, vēris un bijusī lauksaimniecības zeme). Lielākā daļa analizēto koksnes paraugu bija iekrāsoti.

Noteikts, ka nav būtiska atšķirība kopējā sēņu daudzveidībā starp dažādiem meža tipiem un augšanas apstākļiem (21. attēls), tomēr tika apstiprināta lielāka daudzveidība iekrāsotos koksnes paraugos, salīdzinot ar neiekrāsotiem.



21. attēls. Kopējā sēņu daudzveidība iekrāsotā koksņē dažādos meža tipos.

## 10. Dažādas aprites stādu analīze

2011. gada rudenī tika ievākti paraugi no stādaudzētavas „Zābaki”. Ievākti desmit trešās aprites stādi, deviņi pirmās aprites stādi un desmit iepriekšējā gadā sēti un uz lauka augoši stādi. No šo stādu stumbriem izdalīta DNS, kas analizēta ar *Cladosporium* ģintij specifiskiem praimeriem. No 18 analizētajiem paraugiem 12 paraugos bija pozitīva reakcija.

Stādu inficēšanās pārbaudei tika veikts sekojošs eksperiments:

sēklas sterilizēja ar balinātāju ACE, atšķaidot to ar dejonizētu ūdeni attiecībā 1:1, piecas minūtes, pēc tam vairākas reizes skalots ar sterilu dejonizētu ūdeni,

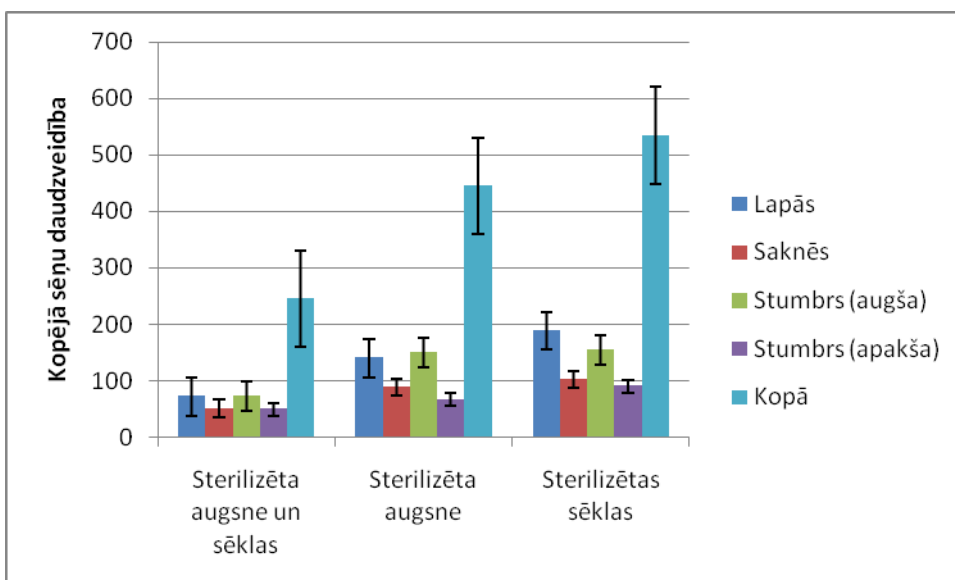
kūdras substrāts tika sterilizēts 140° C temperatūrā 4 stundas. Tomēr eksperimenta gaitā izrādījās, ka šāda sterilizācija ir nepietiekama,

aprobēta DNS izdalīšanas metodika no kūdras substrāta tā sterilitātes kontrolei,

sterilizētas sēklas iesētas gan nepilnīgi sterilā, gan nesterilizētā augsnē, kā arī nesterilizētas sēklas iesētas nepilnīgi sterilā augsnē 2012. gada jūlijā, pēc divām nedēļām izpūktas,

iekrašojošo sēņu pārbaude stādos tika veikta 2013. gada pavasarī izmantojot ITS1F/ITS4 praimeru pāri, nosakot kopējo sēņu daudzveidību analizētajos bērzu stādos (22. attēls).

Secināts, ka lielākā daļa sēņu atrodas vidē (augsnē u.c.), un ka tās nav pārnestas sēklās. Lielākā sēņu daudzveidība atrasta stādu virszemes daļā (lapās un stumbra augšpusē). Tas liecina, ka endofītās sēnes, kuras ir atrodamas bērza koksņē ir kolonizējušas bērza koksni no apkārtējās vides, un ir atrodamas stāda augšdaļā, kā arī saknēs.

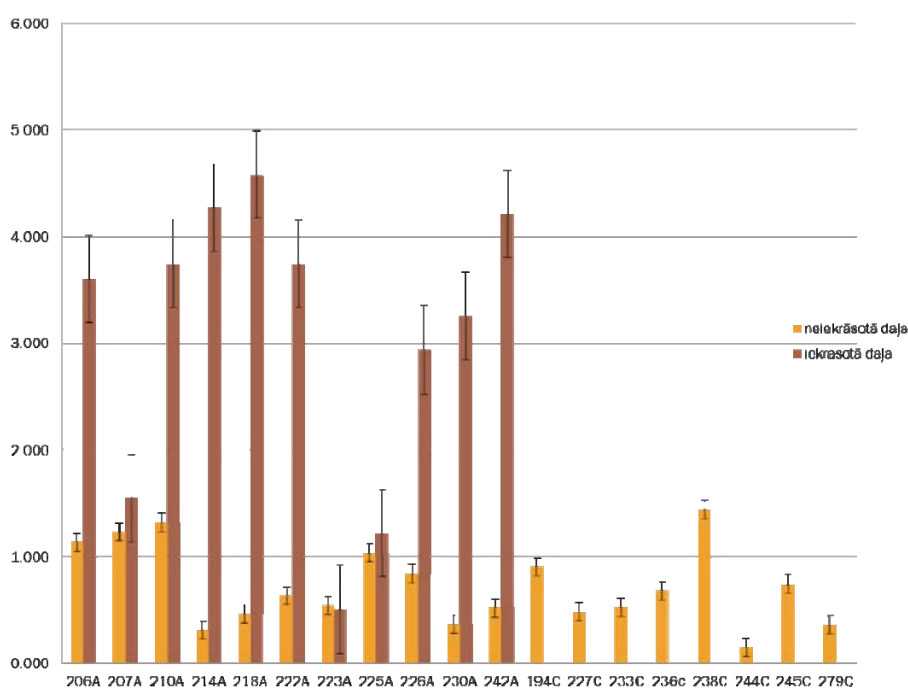


22. attēls. Kopējā sēņu daudzveidība 1 g.v. bērzu stādos.

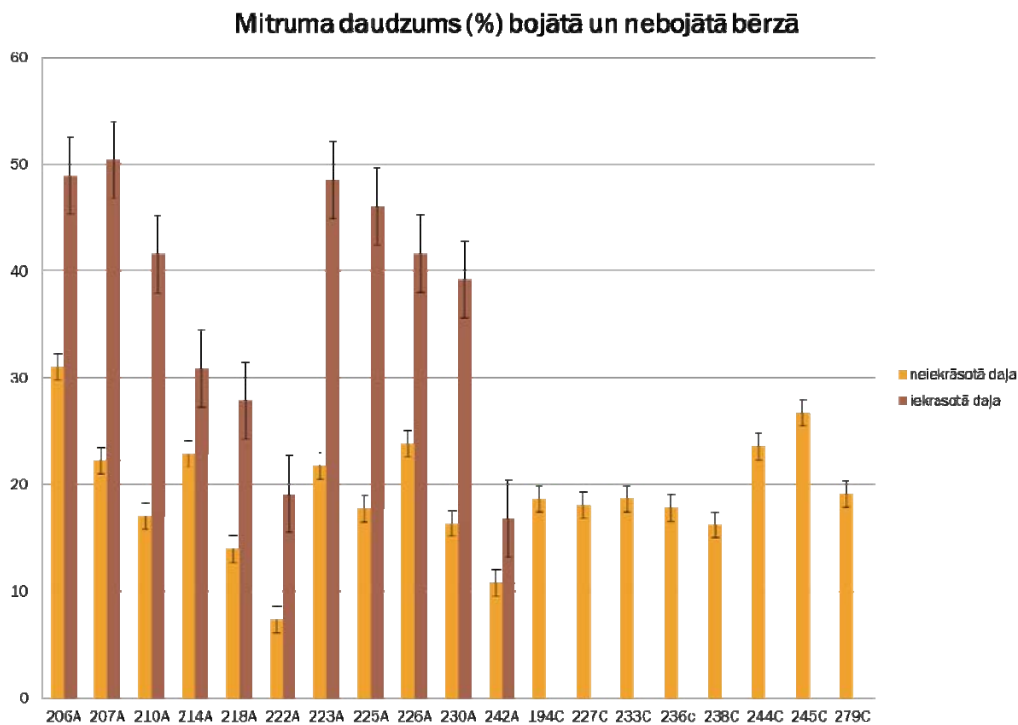
## 11. Kopējā fenolu daudzuma un mitruma noteikšana iekrāsotā un neiekrāsotā koksnē

Fenola savienojumi tika ekstrahēti no bērza koksnes ar 70% etanolu un to daudzums tika noteikts fotometriski pēc Folina-Čikalte metodes nosakot kopējo reducēto fenolu daudzumu. Koksnes mitruma saturs (%) tika noteikts ar mitruma svariem. Tika analizēti koksnes paraugi no 19 bērzu kokiem, analizējot gan iekrāsoto, gan neiekrāsoto koksni, tādos kokos, kuros tika atrasts koksnes iekrāsojums (kopā 30 paraugi). Tika atrasts, ka kopējais fenolu un mitruma saturs ir nozīmīgi paaugstināts iekrāsotā koksnē (23. un 24. attēls).

Fenola savienojumu daudzums (%) bojātā un nebojātā bērzā



23. attēls. Fenola savienojumu daudzums (%) iekrāsotā un neiekrāsotā bērza koksnē.



24. attēls. Mitruma daudzums (%) iekrāsotā un neiekrāsotā bērza koksņē.

## 12. Secinājumi

Visas izpētītās sēņu tīrkultūras izraisīja bērza koksnes iekrāsojumu klucīšos un dzīvos kokos. Koksnes iekrāsojums var izplatīties >90cm 6 mēnešu laikā pēc dzīva koka inokulācijas ar sēņu tīrkultūrām.

Kopējā sēņu daudzveidība un kvantitāte ir palielināta iekrāsotā koksņē.

Meža tips, kurā aug bērzi, būtiski neietekmē kopējo sēņu daudzveidību koksņē.

Visticamāk, iekrāsojums ir koka fizioloģiskā reakcija uz mikroorganismu klātbūtni, un iekrāsotā koksņē ir paaugstināts fenolu un mitruma saturs.

Starp bērzu ģimenēm atrasta liela atšķirība koksnes iekrāsojuma sastopamībā, kas liecina par šīs īpašības ģenētisko pamatojumu.

Turpmākajos pētījumos varētu analizēt atsevišķus fenola savienojumus un to atšķirību starp bērzu ģimenēm.

Ģenētiskais pamatojums koksnes iekrāsojumam varētu dot iespēju nākotnē atlasīt bērzu materiālu/ģimenes, kurām ir zemāka koksnes iekrāsošanās sastopamība.



### III Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte.

#### Kopsavilkums

Celmu izstrādes eksperimentālajās platībās pabeigta melnalkšņu stādīšana. Atsegtās minerālaugsnes īpatsvars atcelmotajās platībās ir vidēji 33%, bet kontroles platībās – 27 % ( $p < 0.05$ ). Atcelmoto platību apmežošanai izmantotos egļu kailsakņus ar uzlaboto sakņu sistēmu raksturoja augsta mikorizācija ar *Wilcoxina* sp., kas var sekmēt stādu ieaugšanos, savukārt egļu ietvarstādiem raksturīga samērā augsta sakņu kolonizācija ar *Thelephora terrestris*, kas nav uzskatāma par stādu ieaugšanos stimulējošu mikorizu sugu.

Platībās, kurās veikta celmu izstrāde, kopumā ir samazinājies ar koksnes substrātu saistīto ķērpju sugu skaits, taču celmu izstrāde kontrolētā apjomā neapdraud ķērpju sugu saglabāšanos. Neviena no šajā pētījumā uz celmiem konstatētajām sūnu sugām nav iekļauta aizsargājamo vai reto sugu kategorijā. Bez tam celmu izstrādes procesā izveidojušies jauni mikrobiotopi kā augsnes un akmeņu atsegumi, kas var kalpot par substrātu atsevišķu ķērpju un sūnu sugu attīstībai. Bezmugurkaulnieku daudzveidības izvērtēšanai celmu izstrādes eksperimenta objektos kā modeļgrupa izmantotas vaboles (*Coleoptera*). Kā visefektīvākā metode vaboļu sugu daudzveidības novērtēšanai atzītas logu lamatas. Salīdzinot sugu skaitu atcelmotajās un neatcelmotajās teritorijās, netika konstatētas būtiskas atšķirības sugu skaita ziņā. Atcelmotajās teritorijās konstatētas 158 sugas, bet neatcelmotajās teritorijās 183 sugas. Šī gada pētījumu rezultāti neuzrāda atcelmošanas būtisku ietekmi uz bezmugurkaulnieku bioloģisko daudzveidību.

Gada laikā dzīvotspējīgs *Heterobasidion annosum* micēlijs saglabājies 160 no analizētajiem 239 (67%) inficētajiem egļu celmiem; priežu celmos *H. annosum* bazīdijsporu izraisītā infekcija gada laikā ir samazinājusies par 89% (sakņu piepes micēlijs konstatēts 5 no sākotnēji inficētajiem 46 celmiem). Apsekojot 18 priežu jaunaudzes (vidējā platība 1,69 ha), konstatēti 1 - 30 ar *H.annosum* inficēti koki un 1 - 306 ar *Armillaria* spp. inficēti koki.

Salīdzinot ar 2012. gadu, 2013. gadā uz trupējušām atliekām konstatēts 1,3 reizes vairāk sēņu sugu. Visbiežāk novērotas *H. annosum* un *Armillaria* sp. Arī uz maza diametra atliekām ( $\varnothing$  5-10cm) *H. annosum* augļķermeņi intensīvi veidojas otrajā gadā. Salīdzinot ar liela diametra mežizstrādes atliekām Kp meža tipā divu gadu laikā uz 1 m<sup>3</sup> maza diametra atliekām izveidojušos *H.annosum* augļķermeņu laukums vidēji ir 12 cm<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, bet uz liela diametra atliekām - 1242 cm<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

Piecu gadu laikā *H. annosum s.l.* izplatība parastās priedes pēcnācēju stādījumā bijusi ļoti ekspansīva, no jauna inficēti 140 koki. Kā rezistentākie atzīmēti Jaunjelgavas pluskoku pēcnācēji. *P. contorta* stādījumos ar *H. annosum* inficēto koku skaits trīs gadu laikā palielinājies no 7,93% līdz 10%.

Sakņu morfoloģiskie rādītāji un mikorizācija trupējušiem un veseliem kokiem būtiski neatšķīrās. Novērtējot veselu un trupējušu koku mikorizu tipoloģisko struktūru, bagātāks mikorizu veidojošo sēņu sugu sastāvs konstatēts veselajiem kokiem. Šķiedrgalvišu sugas (*Inocybe* spp.) biežāk konstatētas trupējušo koku biogrupās, savukārt tādu sēņu ģinšu kā *Clavulina*, *Sebacina*, *Russula*, *Boletus* un *Amanita* sugu veidotās mikorizas biežāk tika izdalītas no veselu koku sakņu paraugiem.

## 1. Meža atjaunošana eksperimentālajās platībās

Dati par meža atjaunošanas pasākumu realizāciju celmu izstrādes eksperimenta objektos tika atspoguļoti projekta „Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” 3.etapa 1.starpatskaites 5. punktā. Pārskata periodā, 2013. gada oktobrī, Stendes objektā atcelmotajā platībā tika veikta melnalkšņa stādīšana, t.sk. kompensējot bojāto egļu stādu skaitu. Melnalkšņu stādmateriāls bija audzēts LVM Sēklas un Stādi „Mazsilu” kokaudzētavā. Stādu vidējais garums bija  $72 \pm 2$  cm, sakņu kakla diametrs –  $0.86 \pm 0.03$  cm, virszemes daļu masa –  $8.8 \pm 0.6$  g un sakņu masa –  $6.0 \pm 0.6$  g. Arī Ķeguma objektā pabeigta melnalkšņu stādīšana paredzētajā apjomā.

## 2. Ieaugušo stādu uzskaitē: augstuma un pieauguma mērījumi, sakņu mikorizācijas novērtējums

### 2.1. Stādvieta izvietojums

2013. gada oktobrī veikta izdzīvojušo stādu uzskaitē visos izmēģinājumu objektos. Kopā stādvieta uzskaitē ierīkots 71 pagaidu parauglaukums ( $25 \text{ m}^2$  liels aplūveida parauglaukums) un uzskaitīti 396 kociņi.

Visos objektos, izņemot Ķegumu, stādu skaits atbilst meža atjaunošanas noteikumos (Ministru Kabinets, 2012) noteiktajam minimālajam stādu skaitam ( $2000 \text{ gab. ha}^{-1}$ , 1. tabula). Ķegumā uzmērīšanas laikā vēl nebija iestādīts melnalksnis, tāpēc stādu skaits ir mazāks par plānoto.

Atcelmotajās platībās vidēji 53 % izdzīvojušo stādiņu ir uz tiltiņa, 37 % vagā un 11 % nesagatavotā platībā un skarificētajos laukumos. Kontroles platībās 59 % stādiņu ir uz tiltiņa, 39 % vagā un 2 % nesagatavotā platībā. Visvairāk stādiņu skarificētajos laukumos ir Stendes objektā, kur atcelmošanas laikā mineralizētajās joslās stādīts melnalksnis (1. tabula). Statistiski būtiska atšķirība, salīdzinot visus objektus kopā, nav konstatēta. Vērtējot katru objektu atsevišķi, būtiska atšķirība konstatēta Stendes objektā, kur atcelmotajā platībā uz tiltiņa atrodas tikai 32 % stādiņu, bet kontroles platībā 83 % stādiņu.

Tab. 1 Stādvieta izvietojums.

Objekts	Variants	Kociņu skaits, gab. $\text{ha}^{-1}$	Kociņu izvietojums					
			Vagā	Uz tiltiņa	Uz atgāztas velēnas	Skarificētajā laukumā	Nesagatavotā augsnē	Tehnoloģiskajā koridorā
Dursupe	atcelmots	2333	20%	80%				
	kontrole	2467	8%	89%			3%	
Jaunpils	atcelmots	2222		90%		2%	8%	
	kontrole	2286		98%			3%	
Ķegums	atcelmots	1527	52%	48%				
	kontrole	1714	40%	60%				
Nītaure	atcelmots	2600	100%					
	kontrole	2889	94%	6%				
Stende <sup>27</sup>	atcelmots	2240	11%	32%		25%	32%	
	kontrole	2400	7%	83%			10%	
<b>Visās audzēs</b>	<b>atcelmots</b>	<b>2185</b>	<b>37%</b>	<b>53%</b>		<b>4%</b>	<b>7%</b>	
	<b>kontrole</b>	<b>2351</b>	<b>39%</b>	<b>59%</b>			<b>2%</b>	

<sup>27</sup> Puse no stādiņiem ir rudenī iestādītais melnalksnis.

## 2.2. Atcelmošanas eksperimenta objektos izstādītā stādmateriāla sakņu mikorizācijas novērtējums

### 2.2.1. Metodika

Lai labāk raksturotu sākotnējo, celmu izstrādes eksperimentā izmantotā stādmateriāla mikorizāciju (stādu varianti un to morfoloģiskie rādītāji aprakstīti projekta „Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” 3. etapa 1. starpatskaites 4. punktā), sakņu paraugi analizēti, izmantojot molekulārās metodes. Septiņiem stādiem no katrā parauglaukumā izmantotā stādmateriāla (kopā 35 stādiem) noteiktas morfoloģiski līdzīgas mikorizas (mikorizu morfortipus) veidojošās sēņu sugas. No visiem mikorizu morfortipiem, kas konstatēti uz šiem egļu stādiem, ievāktas 1-5 atsevišķas īssaknītes, ievietotas Ependorfa trauciņos un tālākām DNS analīzēm uzglabātas saldētavā -16° C temperatūrā. Mikorizu molekulārās analīzes veiktas LVMI „Silava” Ģenētisko resursu centrā. Kopējais DNS no mikorizām izdalīts, lietojot iepriekš aprakstītu metodiku (Menkis & Vasaitis 2011). Sēņu DNS amplificēts ar ITS4 un sēnēm specifisko ITS1F praimeru. Sekvenēšana veikta vienā virzienā, lietojot ITS4 praimeru.

### 2.2.2. Rezultāti

Kopumā analizēti 110 sakņu paraugi, no kuriem sekvenēti 56 paraugi. 44 no iegūtajām sekvencēm bija identificējamās. Tās piederēja piecām sēņu ģintīm – *Amphinema*, *Thelephora*, *Wilcoxina*, *Tylospora* un *Cadophora* (2. tabula).

2. tabula. Mikorizu sastopamība (%) eksperimentā izmantotā stādmateriāla saknēs.

Mikorizu veidojošās sēnes	Parauglaukums				
	Nītaure	Ķegums	Jaunpils	Dursupe	Stende
<i>Amphymena byssoides</i>	37±3	14±2	37±4	4±2	5±2
<i>Thelephora terrestris</i>	28±5	-	13±2	-	42±7
<i>Wilcoxina</i> sp.	28±5	56±5	29±3	55±4	13±4
<i>Cadophora</i> sp.	-	1	2±1	20±3	*
<i>Tylospora</i> sp.	-	14±4	-	-	-

\* suga izdalīta no atsevišķa tumšo mikorizu parauga, ko pārsvarā veidoja *Wilcoxina* sp., tāpēc sastopamība (%) nav aprēķināta

Mikorizu veidojošo sēņu sabiedrība analizētajā stādmateriālā kopumā ir vienveidīga, kas raksturīgs kokaudzētavām. Tajās lielākoties dominē pāris mikorizu sugas un citas sugas sastopamas reti.

Taču dominanto sugu ziņā starp stādmateriāla variantiem vērojamas atšķirības. *Amphymena byssoides* bija dominantā mikorizu veidojošā sēņu suga Nītaures un Jaunpils parauglaukumos izmantotajā stādmateriālā. Šī suga ir tipiska skujkoku mikorizas suga kā kokaudzētavās, tā mežaudzēs un var būt nozīmīga stādu izdzīvotībai un sekmīgai ieaugšanai (Menkis et al. 2007, Vaario et al. 2009, Menkis et al. 2011). Šī projekta 2013. gada 1. starpatskaitē iekļautā mikorizas morfortipu daudzveidības analīze, izmantojot Šenona indeksus, parādīja, ka Nītaures un Jaunpils stādmateriāla variantiem bija relatīvi augstāka mikorizu daudzveidība nekā citiem variantiem. Tas, iespējams, norāda, ka šī stādmateriāla mikorizu sabiedrība ir tuvāka dabiski mežaudzēs sastopamajai. Ķeguma un Dursupes parauglaukumos izmantoti kailsakņu stādi ar uzlaboto sakņu sistēmu. Šajā stādmateriālā dominēja *Wilcoxina* sp. veidotās mikorizas. *Wilcoxina* sugas var būt īpaši nozīmīgas, lai stādi labāk pārciestu izstādīšanas radīto stresu (Yu et al. 2001, Menkis et al. 2010). Jāatzīmē, ka skuju ķīmiskās analīzes (3. tabula) parāda, ka šiem stādu variantiem skujās bija salīdzinoši vairāk slāpekļa, kas varētu norādīt vai nu uz stādu mēslošanas režīmu atšķirībām vai arī uz *Wilcoxina* veidotās mikorizas nozīmi stādu minerālās barošanās procesos.

3. tabula. Stādījumos lietoto stādu skuju ķīmiskās analīzes.

Objekts	Stādu izcelsme un	Nkop.,	S, g/kg	Pkop.,	Ca,	K,	Mg,	Mn,	Fe,
---------	-------------------	--------	---------	--------	-----	----	-----	-----	-----

	audzēšanas veids	g/kg		g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Jaunpils	Kailsakņi ar uzl.sakņu sistēmu	15.5	1.51	1.74	4.01	6.31	0.91	0.73	0.20
Nītaure	Ietvarstādi	11.6	1.90	1.91	2.72	5.84	1.12	1.24	0.51
Ķegums	Podiņi, kailsakņi ar uzl.sakņu sistēmu	22.0	1.35	1.01	4.06	5.75	0.97	0.24	0.13
Dursupe	Rietumu izcelsme, kailsakņi ar uzl.sakņu sistēmu	25.7	1.46	1.63	5.00	4.35	1.03	1.29	0.17
Stende	Ietvarstādi	19.7	1.45	2.70	1.41	8.50	0.99	0.14	0.14

Salīdzinot strādmateriāla variantus, *Thelephora terrestris* bija vairāk sastopama Stendes un Nītaures parauglaukumos lietotajā stādmateriālā. Šie abi stādmateriāla varianti bija audzēti, izmantojot ietvartādu audzēšanas tehnoloģiju. Bazīdijsēne *T. terrestris* ir visizplatītākā sēne kokaudzētavās visā pasaulē (Marx et al. 1984). Taču, neskatoties uz tās spēju pielāgoties kokaudzētavu apstākļiem (kā augstu barības vielu līmeni substrātā un mitrumu) (Perry et al. 1987), šī suga neveicina stādu ieaugšanu un izdzīvotību pēc izstādīšanas (Ivory and Munga 1983, Lee 1992). Stādu variantos, kam sakņu paraugos konstatēts augsts *Thelephora terrestris* mikorizu īpatsvars, skujās konstatēts arī salīdzinoši augstāks fosfora saturs.

### 2.3. Stādu mikorizācijas un morfoloģisko rādītāju novērtējums 2013. gada rudenī

Veģetācijas sezonas beigās, 2013. gada oktobrī veikts atkārtots stādu mikorizācijas un morfoloģisko parametru novērtējums 10 stādiem no katra parauglaukuma (kopā 100 stādiem). Stādiem noteikti morfoloģiskie parametri (virszemes daļu garums un masa, sakņu kakla diametrs un sakņu masa), kā arī sakņu mikorizāciju un mikorizu veidojošo sēņu morfotipu sastopamība. Metodika šo parametru noteikšanai aprakstīta projekta „Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” 3.etapa 1.starpatskaites 4. punktā. Analizēto paraugu mikorizu morfotipu veidojošo sēņu sugu noteikšanai molekulārās metodes netika izmantotas.

Sakņu vitalitāte katram stādam novērtēta piecu baļļu skalā (1 – vitālas saknes ar daudz jaunajām īssaknēm un labi attīstītām mikorizām ... 5 – daudz bojātu un nemikorizētu īssakņu, maz jaunu īssakņu un vitālu mikorizu).

Iegūtie dati par stādmateriāla mikorizāciju un mikorizas tipu sastopamību apkopoti 4. tabulā. Analizētajiem stādiem arī noteikti morfoloģiskie rādītāji (5. tabula).

Turpmākā darbā iespējama mikorizas sēņu sugu identificēšana, izmantojot molekulārās metodes. Taču analīzes plānots veikt tikai daļai stādmateriāla, piemēram, izslēdzot no tālākās analīzes Stendes stādījumu (šajā objektā liela daļa no egļu stādmateriāla nav ieaugusies), kā arī Jaunpils stādījumu, kurā lietotais stādmateriāls sākotnēji atšķīrās no citos objektos izmantotā.

4. tabula. Sakņu mikorizācija un dominanto mikorizas morfotipu sastopamība (%) eksperimentālo stādu saknēs 2013. gada rudenī.

Objekts		Mikorizācijas %	<i>Amphynema</i> *	<i>Wilcoxina</i> *	Gaišas uzbiezinātas	Tumšas ar micēliju	Melnās	Brūnās	<i>Thelephora</i> *	Baltās
Nītaure	C**	94±1	35±5	24±7	35±8	-	0.1±0.1	-	-	-
Nītaure	K***	93±2	46±6	22±5	21±8	-	1±1	2±1	-	3±2
Jaunpils	C	88±2	7±5	11±5	10±9	18±5	1±1	31±5	11±5	-
Jaunpils	K	85±7	9±6	23±9	12±8	6±3	4±2	16±8	8±8	7±5
Dursupe	C	74±5	1±1	19±6	41±8	-	5±2	1±1	8±5	-
Dursupe	K	75±5	-	32±4	24±7	1±1	6±2	-	-	12 ±8
Ķegums	C	79±3	4±4	26±6	23±7	15±6	2±1	3±2	7±7	-
Ķegums	K	74±6	10±4	26±6	26±8	2±2	8±2	-	-	2±1
Stende	C	86±3	39±9	18±7	4±3	2±2	12±7	-	11±5	-
Stende	K	94±2	28±9	8±4	24±11	-	2±1	-	32±13	-

\* morfotipi līdzīgi konkrēto sēņu veidotajām mikorizām, bet to piederība konkrētajām ģintīm netika pārbaudīta ar molekulārajām metodēm.

\*\* „C”- celmu izstrādes parauglaukums.

\*\*\* „K” – kontroles parauglaurkums.

5. tabula. Eksperimentālo stādu morfoloģiskie rādītāji 2013.gada rudenī (burti „a” un „b” aiz vidējām vērtībām norāda būtiskas atšķirības starp variantiem - Wilkoksna testa p vērtība < 0.05).

Objekts		Virszemes daļas garums, cm (Pieaugums*)	Sakņu kakla diametrs, cm	Sakņu masa, g	Virszemes daļas masa, g	Sakņu vitalitāte
Nītaure	C**	26.5±1.0 (6.1)	0.5±0.03	2.4±0.2	5.5±0.5	1.9±0.2
Nītaure	K***	28.1±1.0 (7.7)	0.5±0.03	1.9±0.2	4.9±0.5	2.4±0.2
Jaunpils	C	53.8±1.5 (10.6)	0.9±0.02	11.5±1.1	25.7±1.6	1.7±0.1a
Jaunpils	K	52.5±1.1 (9.3)	0.8±0.05	13.1±1.2	24.6±1.5	2.7±0.2b
Dursupe	C	34.4±1.3 (7.8)	0.6±0.01	7.3±0.7	16.1±1.0	1.6±0.1
Dursupe	K	38.6±1.4 (12)	0.6±0.03	5.4±0.6	13.7±1.1	1.9±0.2
Ķegums	C	38.6±1.9a (10.6)	0.7±0.06	5.7±1.0	16.5±3.2a	1.7±0.2
Ķegums	K	33.3±1.4b (5.3)	0.6±0.03	3.3±0.3	7.4±0.7b	2.2±0.3
Stende	C	28.7±0.9 (1.2)	0.6±0.02	2.5±0.3	4.8±0.3	2.2±0.2
Stende	K	28.6±1.6 (1.1)	0.6±0.03	2.8±0.3	5.0±0.6	2.0±0.1

\* - Pieaugums rēķināts no rudens un pavasara mērījumu vidējiem rādītājiem.

\*\* „C”- celmu izstrādes parauglaurkums.

\*\*\* „K” – kontroles parauglaurkums.

Sākotnējie dati, salīdzinot stādījumus kontroles un celmu izstrādes parauglaurkumos četrus mēnešus pēc izstādīšanas, parāda tendenci, ka atcelmotajās platībās stādus raksturo augstāka sakņu vitalitāte, salīdzinot ar kontroles platībām. Tas var būt saistīts ar labāku augsnes aerāciju pēc celmu izstrādes. Ķeguma objektā celmu izstrādes parauglaurkumā ievāktu stādu garums un virszemes daļu masa bija lielāka, salīdzinot ar stādījumiem kontroles parauglaurkumā. Tas saskan ar literatūras datiem, ka pirmajos gados pēc izstādīšanas celmu izstrāde var veicināt stādu virszemes daļu attīstību (Vasaitis et al. 2008).

## 2.4. Secinājumi

1. Izmēģinājumu platības atbilst meža atjaunošanas normatīviem, izņemot objektu Ķegums, kur uzmērīšanas laikā nebija pabeigta melnalkšņa stādīšana. Atcelmotajās platībās vidēji 53% stādīņu ir uz tiltiņa, 37 % vagā un 11 % nesagatavotā platībā un skarificētajos laukumos. Kontroles platībās uz tiltiņa stādīts nedaudz vairāk stādu (59 %), bet nesagatavotā platībā ir tikai 2 % izdzīvojušo stādīņu. Skarificētajā platībā stādīti tikai melnalkšņa stādi.

2. Atcelmoto platību apmežošanai izmantotos A/S „Latvijas valsts meži” „Sēklas un stādi” kokaudzētavās izaudzētos egļu kailsakņus ar uzlaboto sakņu sistēmu raksturoja augsta mikorizācija ar *Wilcoxina* sp., kas var sekmēt stādu ieaugšanos. Savukārt ietvarstādiem raksturīga samērā augsta sakņu kolonizācija ar *Thelephora terrestris*, kas nav uzskatāma par stādu ieaugšanos stimulējošu mikorizu sugu.

### 3. Augšnes ūdens paraugu ievākšana un analīze

Augšnes ūdens paraugu ievākšanas metodika aprakstīta projekta „Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” 3.etapa 1.starpatskaites 11. punktā.

#### 3.1. Augšnes ūdens kvalitātes analīze

Augšnes ūdens paraugu analīžu rezultātu kopsavilkums iekļauts 1.pielikumā. Kopsavilkumā ietverti 3 periodi (1. - jūnijs; 2. - jūlijs un 3. - augusts). Paraugu apjoms lizimetros nebija pietiekošs visu analīžu veikšanai, tāpēc daži rādītāji iztrūkst. Kopā apvienotajiem paraugiem veiktas 217 dažādu rādītāju analīzes.

Pārskatā nav iekļauti rezultāti par novembrī un decembrī ievāktajiem ūdens paraugiem, jo nav pabeigtas laboratorijas analīzes.

Statistiski būtiskas atšķirības dažādos ūdens kvalitātvajos rādītājos (nešķirojot rezultātus periodos) nav konstatētas ne 30 cm, ne 60 cm dziļumā ne arī abu augšnes slāņu vidējos rādītājos (6. tabula). Ūdens kvalitatīvo rādītāju izmaiņu tendences varēs vērtēt pēc tam, kad būs iegūta vismaz 9 mēnešus ilgu novērojumu sērija 2014 gadā.

6. tabula. Analīžu rezultātu kopsavilkums dažādos variantos un augšnes slāņos.

Variants	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , m	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg	K, mg L <sup>-1</sup>	Ca, mg L <sup>-1</sup>	Mg, mg L <sup>-1</sup>	N <sub>kop.</sub> , mg	EVS, μS cm
Visi slāņi									
C*	7,944 0,131	± 0,585 1,108	± 0,013 0,012	± 0,014 0,004	± 2,784 0,937	± 30,074 3,948	± 2,042 0,429	± 1,925 0,782	± 263,306 ± 36,155
K**	8,085 0,06	± 0,775 1,522	± 0,006 0,005	± 0,045 0,048	± 3,278 1,083	± 38,964 6,802	± 2,486 0,744	± 1,935 0,826	± 322,313 ± 31,572
Paraugi, kas ievākti 30 cm dziļumā									
C	7,893 0,247	± 0,042 0,083	± 0,011 0,018	± 0,017 0,007	± 2,908 1,692	± 32,846 7,308	± 2,232 0,729	± 1,646 0,637	± 258,313 ± 69,453
K	8,085 0,057	± 0,002 0,005	± 0,006 0,003	± 0,017 0,007	± 4,256 1,561	± 45,969 12,421	± 3,164 1,405	± 1,659 0,323	± 326,875 ± 49,779
Paraugi, kas ievākti 60 cm dziļumā									
C	7,989 0,127	± 1,037 2,035	± 0,014 0,018	± 0,012 0,005	± 2,676 1,062	± 27,697 3,429	± 1,9 0,537	± 2,169 1,384	± 267,3 ± 42,147
K	8,084 0,11	± 1,74 3,422	± 0,007 0,009	± 0,072 0,095	± 2,579 1,326	± 34,76 6,089	± 2,034 0,686	± 2,211 1,658	± 317,75 ± 46,037

\* „C”- celmu izstrādes parauglaukums.

\*\* „K” – kontroles parauglaukums.

Nokrišņu analīžu rezultātu kopsavilkums sadalījumā pa mēnešiem un objektiem dots 7. tabulā, bet kopsavilkums pa mēnešiem – 8. tabulā. Iegūto datu apjoms pagaidām nav pietiekošs, lai veiktu statistisku analīzi. Pagaidām skaidrs ir tas, ka nokrišņu kopējais daudzums un īpašības dažādos objektos atšķiras, tāpēc arī 2014. gadā ir jā saglabā visi nokrišņu savācēji.

7. tabula. Nokrišņu ikmēneša analīžu rezultāti katrā objektā.

Objekts	Perioda sākums	Perioda beigas	Nokrišņi, mm	pH	N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg	P- PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , m	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg	K, mg L <sup>-1</sup>	Ca, mg L <sup>-1</sup>	Mg, mg L <sup>-1</sup>	N <sub>kop.</sub> , mg	EVS, μS cm
Nītaure	15.06.2013	30.06.2013	42,17	6,727	0,496	0,522	2,504	1,082	1,816	0,771	3	
Ķegums	15.06.2013	30.06.2013	11,306	7,213	0,776	0,49	3,464	2,062	5,337	1,62	4,665	
Dursupe	15.06.2013	30.06.2013	92,692	7,313	0,207	0,01	0,212	0,367	1,337	0,468	0,58	
Nītaure	30.06.2013	29.07.2013	138,529	7,473	0,111	0	0,013	0,149	2,551	0,338	0,44	

Objekts	Perioda sākums	Perioda beigas	Nokrišņi, mm	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mg	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg	K, mg L <sup>-1</sup>	Ca, mg L <sup>-1</sup>	Mg, mg L <sup>-1</sup>	N <sub>kop.</sub> , mg	EVS, μS cm
Ķegums	30.06.2013	29.07.2013	173,67	7,32	0,057	0	0,001	0,245	1,449	0,459	0,33	
Dursupe	30.06.2013	29.07.2013	38,401	7,21	0,035	0	0	0,326	1,806	0,358	0,3	
Nītaure	30.07.2013	31.08.2013	281,132	8,14	0,126	0,003	0,129	0,144	0,613	0,098	0,42	7,96
Ķegums	30.07.2013	31.08.2013	210,339	7,85	0,078	0,001	0,059	0,315	0,935	0,272	0,48	12,13
Dursupe	30.07.2013	31.08.2013	137,103	7,655	0,059	0	0,027	0,314	1,08	0,219	0,34	12,34
Nītaure	01.09.2013	13.11.2013	313,217	7,382	0,256	0	0,084	0,046	0,623	0,117	0,34	7,793
Ķegums	01.09.2013	13.11.2013	305,578	7,078	0,098	0,003	0,028	0,072	0,878	0,271	0,177	8,937

#### 8. tabula. Nokrišņu ikmēneša analīžu rezultāti.

Mēnesis	Nokrišņi dienā, mm	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mg	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg	K, mg L <sup>-1</sup>	Ca, mg L <sup>-1</sup>	Mg, mg L <sup>-1</sup>	N <sub>kop.</sub> , mg	EVS, μS cm
jūnijs	3,248	7,084	0,493	0,341	2,06	1,17	2,83	0,953	2,748	
jūlijs	4,03	7,334	0,068	0	0,004	0,24	1,935	0,385	0,357	
augusts	6,548	7,882	0,088	0,001	0,072	0,257	0,876	0,196	0,413	10,807
sept.-okt.	4,238	7,23	0,177	0,001	0,056	0,059	0,75	0,194	0,258	8,365
Vidēji	4,541	7,397	0,209	0,093	0,593	0,465	1,675	0,454	1,007	9,83

### 3.2. Secinājumi

Pētījumā paredzētā augsnes un nokrišņu ūdens analīžu programma tiek īstenota atbilstoši plānam, taču pagaidām nav pietiekoši daudz datu, lai spriestu par kvalitatīvām izmaiņām gruntsūdeņos.

Ūdens analīžu programmas īstenošanā grūtības rada nepietiekošais ūdens daudzums lizimetros – ir jāveido vairāku mēnešu apvienotie paraugi, lai iegūtu visus nepieciešamos datus, vai arī jāatsakās no atsevišķām analīžu pozīcijām. Lai labotu situāciju 2014. gadā vēlams iegādāties uz uzstādīt lielāka tilpuma vakuuma lizimetros, savlaicīgi (2014. gada janvārī – februārī) veicot lizimetru iepirkumu. Jaunu lizimetru uzstādīšana saistīta ar papildus izmaksām.

#### 4. Ķērpju un sūnu sugu sastāva monitorings atcelmotajās un kontroles platībās

2013. gada oktobrī apsekoti celmu izstrādes objekti vēra (Ķegums, Jaunpils, Stende) un damakšņa (Ķegums, Dursupe, Nītaure) izcirtumos – tātad divos nogabalos Vidzemes reģionā un trijos nogabalos Kurzemes reģionā. Katrā izcirtumā apsekota gan teritorija, kurā veikta celmu izstrāde (skat. tālāk -C), gan kontroles teritorija ar atstātiem celmiem (K). Izpētīta atsevišķu sūnu un ķērpju sugu sastopamība šajās teritorijās kā uz augsnes, tā arī uz atstātajiem celmiem. Uzskaitē turpināta, līdz bija reģistrētas visas abos izcirtumu variantos sastopamās ķērpju un sūnu sugas.

Sūnu un ķērpju izpētē dabā un sugu sistemātiskās piederības noteikšanā iesaistītie speciālisti – Dr. biol. **Alfons Piterāns**, Dr. biol. **Līga Strazdiņa** un Dr. biol. **Austra Āboliņa**.

##### 4.1. Ķērpju uzskaitē

Dati par atsevišķu ķērpju sugu sastopamību pētīto izcirtumu variantos – apkopoti 9. tabulā (2012. un 2013. gadu uzskaites dati).

9. tabula. Ķērpju sugas celmu izstrādes un kontroles parauglaukumos.

Meža tips	Dm						Vr			
	Ķegums		Dursupe		Nītaure		Jaunpils		Stende	
Izstrāde	C*	K**	C	K	C	K	C	K	C	K
Gadi	2012 / 2013	2012 / 2013	2012 / 2013	2012 / 2013	2012 / 2013	2012 / 2013	2012 / 2013	2012 / 2013	2012 / 2013	2012 / 2013
Sugas										
<i>Cladonia digitata</i>	+/-	+/+	+/-	+/+	+/-	+/+	+/-		+/-	+/-
<i>Lepraria incana</i>	+/+	+/+	+/-	+/+	+/-	+/+	+/-	+/+	+/-	+/+
<i>Cladonia coniocrea</i>	+/+	+/+	+/-	+/+	-	+/+	+/+	+/+	+/-	+/+
<i>Cladonia fimbriata</i>	+/+	+/+	-	+/+	+/-	-	+-	+/+	+/+	+/+
<i>Cladonia chlorophea</i>	-/+	-	-	-	+/-	-/+	-	+/+	-	+/-
<i>Vulpicida pinastris</i>	-	-	-	-	+/-	+/-	-	-	-	-
<i>Cladonia botrytes</i>	-	-	-	-	-	+/-	-	-	-	-

\* „C”- veikta celmu izstrāde.

\*\* „K” – kontrole.

Visos pētījumu objektos kā pirms eksperimenta ierīkošanas, tā arī vienu veģetācijas sezonu pēc celmu izstrādes, ir sastopamas vairākas, plaši izplatītas ķērpju sugas. Tā kā visas pētījumu objektos konstatētas ķērpju sugas ir saistītas ar koksnes substrātu – celmiem, dzīviem kokiem vai kritālām – pēc celmu izstrādes to sastopamība samazinās. Taču jāatzīmē, ka neviena no objektos konstatētajām sugām nav reta, kādēļ lielākā daļa sugu saglabājas kontroles objektos uz atstātajiem celmiem vai ekoloģiskajiem kokiem.

Dabisko veģetācijas sukcesiju rezultātā, izcirtumu platībām aizaugot, ķērpji uz atstātajiem celmiem ātri izzūd. Apsekojot objektus pirms gada (2012. gada rudenī), tika konstatēts, ka visi pētītie izcirtumi aizaug ar krūmiem un dažādiem lakstaugiem. 2013. gada rudenī šajos nogabalos krūmi ir izcirsti, bet lakstaugi nopļauti. Vides apstākļi izcirtumā sastopamajām ķērpju sugām savā ziņā līdz ar to ir izmainīti.

##### 4.1.1. Ķērpju uzskaites 2013. gadā



## Vidzemes reģions

**1.Ķegums:** Vidusdaugavas mežsaimniecība, Ogres iecirknis, 360. kvartāls, 9. nogabals (platība 3.3 ha).

Objektā izcirsti krūmi, lakstaugi nopļauti. Raujot celmus, izveidojies izvagots mikroreljefs, kur atsedzas augsne, kas turpmāk varētu sekmēt augsnes ķērpju ieviešanos. Uz palikušajiem celmiem celmu izstrādes platībās, sastopamas arī iepriekšējā gada apsekojumā konstatētās ķērpju sugas – *Cladonia digitata*, *C.fimbriata*, *C.coniocrea*, *C.chlorophea*, vietām arī *Lepraria incana*.

Kontroles platībās, kur celmi nav izstrādāti un, kas atrodas blakus iepriekšminētajai (aiz nelielas skujkoku audzes), ķērpju ir mazāk nekā iepriekšējā uzskaites gadā, un tie ir mazāk vitāli. Uz celmiem konstatētās sugas ir *Cladonia fimbriata*, *C.chlorophea* un *Lepraria incana*.

**2.Nītaure:** Rietumvidzemes mežsaimniecība, Vēru iecirknis, 58. kvartāls, 34. nogabals. (platība 2.8ha). Abos objektos platība attīrīta no krūmiem un lakstaugiem. Sastopami sekojoši ķērpji: *Cladonia digitata*, *C.coniocrea*, *C. chlorophea*, *Lepraria incana*. Salīdzinot ar iepriekšējā gadā reģistrētajām ķērpju sugām, šajā objektā, nav atrastas *Vulpicida pinastri* un *Cladonia botrytes*, kas 2012. gadā bija sastopamasniecīgā daudzumā (vispār tās ir bieži izplatītas sugas).

Celmu izstrādes nogabalā vairs nav sastopamas ar celmu substrātu saistītās ķērpju sugas, taču konstatēts, ka ir atsegušies daudzi laukakmeņi – lielisks substrāts litofīlajiem ķērpjiem nākotnē (1.attēls).



1. attēls. Nītaures izcirtums pēc celmu raušanas ar atsegtiem laukakmeņiem.

## Kurzemes reģions

**1.Jaunpils:** Zemgales mežsaimniecība, Kandavas iecirknis, 326. kvartāls, 7. un 8. nogabals (platība 1.4 un 1.8ha).

Lakstaugi nopļauti, augtene kļuvusi labvēlīgāka ķērpju augšanai, salīdzinot ar 2012. gada rudeni. Kā celmu izstrādes, tā kontroles izcirtuma daļā ķērpju samērā maz – atrastas kladonijas uz celmu sānu virsmām – *Cladonia digitata*, *C. chlorophea*, *C.fimbriata*, kā arī *Lepraria incana*.

**2.Dursupe:** Ziemeļkurzemes mežsaimniecība, Vanemas iecirknis, 188. kvartāls, 9. nogabals (platība 2ha).

Izcirtuma kontroles platībā uz celmiem aug bieži izplatītas kladoniju sugas – *Cladonia chlorophea*, *C. coniocrea*, *C. digitata*, *C.cimbriata* un *Lepraria incana*. Toties celmu izstrādes platībā ķērpji nav konstatēti.

**3.Stende:** Ziemeļkurzemes mežsaimniecība, Mērsraga iecirknis, 437.kvartāls, 8. nogabals (platība 0.7ha).

Izcirtums līdzens, vietām ciņi. Objektu raksturo paaugstināts mitrums un labi attīstīta sūnu sega. Izcirtuma kontroles platībā aug *Cladonia digitata*, *C.coniocrea*, *C.fimbriata*, *C.chlorophea*, *Lepraria incana*. Arī izcirtuma celmu izstrādes daļā konstatēta *Cladonia fimbriata*.

## 4.2. Sūnu uzskaites 2013. gadā

Sūnu pētījumi 2013. gadā veikti tajos pašos izcirtumos, kur analizēta ķērpju sastopamība, tāpat divējāda veida izcirtumos, vienā no kuriem veikta celmu izstrāde.

Kopā 2013. gada apsekojumos iepriekšminētajos piecos izcirtumos konstatētas 60 sūnu sugas (9 aknu sūnu un 51 lapu sūnas suga). Visvairāk ir vienīgi uz augsnes augošo sūnu – 27 sugas. Tikai uz celmiem konstatētas 16 sūnu sugas, savukārt 17 sugas atrastas uz abiem substrātiem.

Vairums no pētījumā konstatētajām sūnām Latvijā ir bieži sastopamas. Izņēmums ir Dursupē uz augsnes nelielā vairumā atrastā lapu sūna *Atrichum angustatum*, kas Latvijā ir reta suga.

### 4.2.1. Epigeiskās sūnas

No 45 sūnu sugām, kas atrastas uz augsnes, 24 konstatētas gan kontroles, gan izstrādātajos izcirtumos. Uz augsnes biežāk izplatītās sugas ir *Hylocomium splendens*, *Plagiomnium affine*, *Dicranum scoparium* un *Atrichum undulatum* – to sastopamības ekoloģisko amplitūdu var vērtēt kā samērā plašu.

Raksturīgi, ka viscaur pētītajās teritorijās sastopams salīdzinoši liels sūnu-pioniersugu skaits. Tās ir sugas, kuru konkurētspēja ar citām sūnām un vaskulārajiem augiem ir vāja, tādēļ tās ieviešas tikai pēc veģetācijas dabiskiem vai mākslīgiem traucējumiem no sporām, kas saglabājušas augsnē vai arī ar vēja palīdzību ienestas no citām vietām. Šīm sugām parasti lielā daudzumā attīstās sporu vēcelītes ar sporām. Pētītajās teritorijās šo sūnu grupu pārstāv *Bryum argenteum*, *Ceratodon purpureus*, *Pohlia nutans* un *Leptobryum pyriforme*. Augsts pioniersugu īpatsvars skaidrojams ar kailcirtēs raksturīgo traucējumu augsnes virskārtā (mežizstrādes tehnikas atstātās braukšanas risas, augsnes sagatavošana stādīšanai un augsnes padziļinājumi pēc celmu izstrādes).

Teritorijās, kurām raksturīgas mitras ieplakas un noris pārpurvošanās procesi (Stende un Dursupe), kopējo sūnu sugu daudzveidību palielina sfagnu un dzegužlinu sugas, tādas kā *Sphagnum angustifolium*, *S. squarrosum*, *S. russowii*, *Polytrichum commune* un *P. juniperinum*, kā arī *Aulacomnium palustre* un *Calliergonella cuspidata*.

Vienīgi teritorijās, kurās veikta celmu izstrāde, atrastas astoņas epigeiskās sūnu sugas, tādas kā *Marchantia polymorpha*, *Bryum capillare*, *Plagiomnium undulatum* - tās nav atrastas kontroles platībās. Savukārt vienīgi kontroles platībās atrastas 13 sūnu sugas, tādas kā *Eurhynchium angustirete*, *Pseudoscleropodium purum* un *Fissidens taxifolius*, kas visas ir tipiskas mežu biotopu sugas. Tomēr viennozīmīgi apgalvot, ka celmu izstrāde vai to atstāšana ietekmē epigeisko sūnu sugu sastāvu, nevar, jo pētītās teritorijas savstarpēji atšķirās pēc augšanas apstākļiem un reljefa īpatnībām, kam varētu būt lielāka ietekme uz attiecīgo sūnu sugu sastopamību, nekā veiktajiem apsaimniekošanas pasākumiem.

### 4.2.2. Sūnas uz celmiem

Tipiskākās sūnu sugas uz celmiem pētītajos izcirtumos ir *Dicranum scoparium*, *D. montanum* un *Hypnum cupressiforme*. Salīdzinoši bieži sastopamas arī *Plagiomnium affine*, *Pleurozium schreberi* un *Ptilidium pulcherrimum*. Minētās sugas parasti sastopamas uz dzīvu koku sakņu kakla vai arī uz kritālām koksnes vēlākajās sadalīšanās fāzēs.

Atšķirībā no augsnes, celmi pētītajās teritorijās ir nozīmīgs substrāts aknu sūnu sastopamībai, piemēram, *Blepharostoma trichophyllum*, *Cephalozia bicuspidata* un *Lepidozia reptans*. Minētās sugas konstatētas vienīgi izcirtuma teritorijās, kurās atstāti celmi. Sūnu sugām, kuras saistītas ar atmirušo koksni, būtiska ir ne tikai attiecīgā substrāta klātbūtne, bet arī augšanas apstākļi un mikroklimats. Pēc koku izciršanas, izcirtuma teritorijā pazeminās gaisa mitrums, palielinās vēja un saules ietekme, nelabvēlīgi ietekmējot sūnu attīstību un augšanu.

Neliels epifītisko un epiksīlo sūnu sugu skaits konstatēts arī izcirtumos, kuros veikta celmu izstrāde, kur sastop tādās sugas, kā, piemēram, *Brachythecium velutinum*, *Lophocolea bidentata*, *Plagiothecium denticulatum*. Tomēr šo sugu skaits ir uz pusi mazāks, salīdzinot ar sūnu sugu skaitu, kas sastopamas izcirtumos ar celmiem.

Abi Jaunpils izcirtumi pēc sūnu sugu sastāva krasi atšķiras no pārējiem. Tajos konstatētas 15 sūnu sugas, kas nav atrastas citos izcirtumos, piemēram, *Blasia pusilla*, *Bryum argenteum*, *Fissidens taxifolius*, *Pottia truncata*.

#### 4.2.3. Sūnu sugu skaita izmaiņas divos pētījuma periodos

Visās izcirtumu teritorijās, izņemot Nītauri, 2013. gadā konstatēts lielāks sūnu sugu skaits uz visiem pētītajiem substrātiem nekā 2012. gadā. Iespējams, ka tas izskaidrojams ar jaunu ekoloģisko nišu izveidošanos augsnes sagatavošanas un celmu izstrādes rezultātā.

Apsēkoto izcirtumu skaits ir pārāk mazs, lai izvirzītu viennozīmīgus secinājumus, tādēļ atrastās kopsakarības attiecināmas vienīgi uz pētītajām teritorijām.

#### 4.3. Secinājumi

Apsēkotajos objektos kopumā ķērpju sugu sastāvā nav vērojamas izmaiņas. Izcirtumos sastopamas galvenokārt plaši izplatītas kladoniju sugas, kas saistītas ar koksnes substrātu - dominējošās ir *Cladonia coniocrea*, *C. digitata*, *C. fimbriata*, *Lepraria incana*.

Platībās, kurās veikta celmu izstrāde, kopumā ir samazinājies ķērpju sugu skaits, taču tā kā konstatētās sugas ir plaši izplatītas, celmu izstrāde nelielos apjomos neapdraud sugu saglabāšanos.

Celmu izstrādes procesā izveidojušies augsnes un laukakmeņu atsegumi var sekmēt nākotnē ķērpju sugu daudzveidības palielināšanos.

Trūdoša koksne, arī celmu veidā, ir nozīmīgs substrāts vairākām sūnu sugām, it īpaši aknu sūnām. Taču jāatzīst, ka šajā pētījumā neviena no konstatētajām sūnu sugām Latvijā nav reta, taču, masveidā izstrādājot celmus, šo sugu īpatsvars varētu samazināties.

Celmu izstrāde izcirtumos atsevišķām sūnu sugām var palielināt piemērotu, jaunu mikrobiotopu izveidošanos.

## 5. Bezmugurkaulnieku sastopamības novērtējums celmu izstrādes eksperimentā

2012. gadā tika veikta pētījumu metodoloģijas aprobācija, kuras rezultātā Latvijas apstākļos par efektīvākajām tika atzītas logu lamatas un augsnes lamatas, kā arī celmu mizu plēšana un mehāniska apskate. Šādas metodes ir pielietojusi arī citu valstu pētnieki, kas izriet no literatūras apskata (projekta „Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” 3. etapa 1. starpskaites 6. punkts).

2013. gadā pētījums tika turpināts visos celmu izstrādes objektos.

Katrā parauglaukumā tika izvietotas 5 logu lamatas, 5 augsnes lamatas un no desmit celmiem tika noplēsta miza. Mizas noņemšana tika veikta mehāniski ar cirvi, noņemtā miza salikta plastmasas maisiņos, nogādāta laboratorijā un ievietota termoelektorā. Termoelektorā, ieslēdzot elektrisko spuldzi, gaiss sasilst un paaugstinātās temperatūras rezultātā, vaboles pamet slēptuves mizā un sakrīt speciālā kolektorā. Materiāls tika uzskaitīts un noteikts. Lietojot šo metodi, var ļoti precīzi uzskaitīt mizā esošos īpatņus un novērst nejaušo sugu klātbūtni, kas ielido lamatās. Materiāls no lamatām tika izņemts vidēji 2 reizes mēnesī laikā no augusta līdz oktobrim.

Jaunpils un Ķeguma parauglaukumos bija ierīkoti atsevišķi kontroles parauglaukumi atcelmotajās un neatcelmotajās vietās.

Šī darba sadaļa veikta prof. Arvīda Barševska vadībā.

### 5.1. Pētījuma rezultāti

Pētījums tika veikts 2013. gada vasarā atbilstoši darba uzdevumam 6 parauglaukumos, kur izvietotas logu lamatas, augsnes lamatas un tiek ņemti celmu mizas paraugi. Pētījumu rezultāti apkopoti 2. un 3. pielikumā.

Pētījumu rezultātā 2013. gadā kopā tika konstatētas 271 bezmugurkaulnieku (galvenokārt – vaboļu) sugas. Atsevišķi īpatņi tika noteikti tikai līdz ģints līmenim, bet daļa – līdz vēl augstākam taksonomiskajam rangam. Šāda pieeja ir pieļaujama līdzīgos pētījumos un tiek izmantota arī ciktur pasaulē. Daugavpils Universitātes pētniekiem ir nepieciešamais laboratorijas aprīkojums, kā arī zinātniskā kapacitāte vaboļu (Coleoptera) sugu identifikācijai. Arī Skandināvijas valstīs līdzīgos pētījumos kā modeļgrupa visbiežāk tiek izmantota tieši vaboles. Kopā pētījumu laikā ar lamatām un no celmu mizas paraugiem tika ievākti 2386 vaboļu eksemplāri. Iepriekšējā gada pētījumā, kas bija kā izmēģinājuma pētījums, kura laikā tika aprobētas dažādu veidu lamatas, tika ievākti 632 īpatņi no 86 sugām. Kā redzams, 2013. gadā lauka pētījumi bija daudz sekmīgāki, jo tika novērstas iepriekšējā gadā konstatētās metodoloģiskās nepilnības, aizvietotas Malēzes lamatas, kas nebija devušas gaidīto efektu, ar celmu mizas paraugu ņemšanu.

Analizējot dažādus materiāla ievākšanas veidus, tika konstatēts, ka ievākto īpatņu skaita ziņā rezultatīvākās bija augsnes lamatas, ar kuru palīdzību tika ievākti 1188 īpatņi, ar logu lamatām tika ievākti 931 īpatņi, bet no celmu mizas paraugiem tika ievākti 267 īpatņi. Konstatēto taksonu skaita ziņā rezultatīvākās bija logu lamatas -167 taksoni, augsnes lamatas – 135 taksoni un celmu mizas paraugi – 67 taksoni. Atšķirīgs ir ar dažādiem lamatu veidiem ievākto sugu sastāvs. Tikai ar augsnes lamatām ievākti 72 no 135 šajās lamatās konstatētajiem taksoniem. Tikai ar logu lamatām ievākti 112 no 167 tajās konstatētajiem taksoniem, bet tikai no celmu mizas paraugiem tika ievākti 37 no 67 taksoniem. 2013. gada sezonā kvantitatīvi labākie rezultāti tika uzrādīti ar logu lamatām.

Izvērtējot lamatu veidus, jāņem vērā sekojošais:

Augsnes lamatās tiek ievāktas tās sugas, kas pārvietojas pa augsni gar celmiem. Šajās lamatās ir diezgan liels augsnē mītošo fonu sugu skaits, kas tiešā veidā nav saistīts ar celmiem. Materiāls, kas ievākts ar augsnes lamatām šajā pētījumā raksturo vispārīgas izmaiņas izcirtuma augsni apdzīvojošo sugu sastāvā, taču tas maz raksturo ar celmiem saistīto sugu sastāva izmaiņas.

Logu lamatās tiek ievāktas tās sugas, kas apdzīvo celmus, jo šīs lamatas tika izvietotas pie, vai uz celmiem un arī tās sugas, kas lido pa izcirtumu. Arī šajās lamatās ir liels nejauši ielidojošo sugu skaits un tās vairāk izmantojamas izcirtuma bioloģiskās daudzveidības izmaiņu novērtēšanai atstājot vai izstrādājot celmus.

Celmu mizas un paraugu ievākšana visprecīzāk raksturo celmos sastopamo sugu bioloģisko daudzveidību. Izmantojot šo metodi, praktiski tiek „izslēgtas” nejausi konstatētas sugas. Vienīgi ziemošanas periodā palielinās to sugu skaits, kas celmus izmanto kā ziemošanas vietas.

Veicot pētījumus par celmu nozīmi meža bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanā, svarīgi ir saprast, ka celmi nav tikai daudzu sugu attīstības vide. Celmiem ir liela nozīme sugu ziemošanā. Diemžēl, pagaidām gan Latvijā, gan pasaulē ir maz pētījumu par šo jautājumu, kas ļautu pilnībā apstiprināt šo tēzi. Celmiem ir liela nozīme daudzu sugu ziemošanā, taču, iespējams, lielākā daļa sugu spēj atrast citas ziemošanas vietas, piem. kritālās, zem tām, zemsedzē utt.

Ir konstatētas vairākas ar piepēm un citām sēnēm saistītas sugas. Starp tām: *Lordithon lunulatus*, *Cychramus luteus*, *Cychramus variegatus*, *Triplax aenea*, *Mycetophagus quadripustulatus* u.c. Uz piepēm dzīvojošajām sugām ir liela nozīme koksnes sadalīšanās procesos. Daudzas no šīs ekoloģiskās grupas sugām ir reti sastopamas un izmantojamas kā dabisko meža biotopu indikatori. Lielākā daļa no pētījumā konstatētajām sugām ir plaši izplatītas Latvijā.

Pētījumu rezultātā tika konstatētas vairākas dabisko mežu atslēgas biotopu indikatorsugas vai sugas, kas specializējušās dzīve kritālās un kaldušos kokos: *Dendrophagus crenatus*, *Mycetophagus quadripustulatus*, *Prionychus ater*, *Peltis grossa*. Visas šīs sugas ievāktas vai nu ar logu lamatām, vai no celmu mizas paraugiem. Tas liecina, ka vai nu izcirtumu apkārtnē ir dabiskie meža biotopi vai arī šīs sugas izmanto celmus kā vairošanās vietas.

Tika konstatētas arī vairākas Latvijā reti sastopamas vaboļu sugas: *Phosphaenus hemipterus* (zināmas nedaudzas atradnes), *Thanasimus femoralis*, *Prionychus ater*, *Orchesia minor*, *Hoshihananomia perlata* u.c. Pēdējās četras sugas ir saproksilofīti, kas parasti saistītas ar mirušu koksni vai uz tās augošām piepēm. *Phosphaenus hemipterus* un *Thanasimus femoralis* ir plēsīgas sugas, kas barojas ar citiem kukaiņiem vai to preimaginālajām stadijām. *Phosphaenus hemipterus* bioloģija ir nepietiekami izpētīta. *Orchesia minor* līdz šim Latvijā zināma tikai no dažām atradnēm.

No nozīmīgākajām saproksilofītajām sugām, kuru attīstībai celmiem ir būtiska nozīme pētījumā tika konstatētas: *Ostoma ferruginea*, *Glyschrochilus quadripunctatus*, *Rhizophagus ferrugineus*, *Silvanus bidentatus*, *Cerylon ferrugineum*, *Serropapllus barbatus*, *Mordella aculeata*, *Pytho depressus*, *Sphaeriestes bimaculatus*, *Uloma rufa*, *Corticeus sp.* u.c.

Skaitliski visdaudzveidīgākās sugas bija: skrejvabole *Pterostichus oblongopunctatus* (98 īpatņi), liķvabole *Nicrophorus vespilloides* (90 īpatņi), lielais priežu smecernieks *Hylobius abietis* (62 īpatņi), skrejvabole *Pterostichus niger* (61 īpatnis), skrejvabole *Calathus erratus* (60 īpatņi), sprakšķis *Adrastus pallens* (58 īpatņi), celmgrauzis *Stictoleptura rubra* (44 īpatņi). No tiem skrejvabole *Pterostichus oblongopunctatus* Latvijā parasti ir dominējoša meža ekosistēmās un izcirtumos, bet liķvabole *Nicrophorus vespilloides* arī ir dominējoša meža ekosistēmās un siltās vasarās, kad lamatās sāk bojāties sakritušais materiāls, bieži vien tā lielā skaitā lido uz lamatām, kā potenciālo barošanās vietu. No nosauktajām masveidīgākajām sugām tikai viena *Stictoleptura rubra* ir tipiska saproksilofīta suga, kuras attīstība notiek priežu un egļu celmos.

Apstrādājot atplēstos celmu mizas paraugus, dažos no tiem tika konstatētas arī skrejvaboles, kas nav saproksilofītas sugas. Tas izskaidrojams ar to, ka daļa skrejvaboļu celmus izmanto kā dienas slēptuves vai ziemošanas vietas. Konstatēts, ka celmu mizu paraugos, kas ievākti vēlā rudenī sugu daudzveidība nedaudz palielinās. Arī tas izskaidrojams ar to, ka zem mizas vairākas sugas ziemo. Celmu nozīme bezmugurkaulnieku ziemošanā ir maz pētīta, tāpēc šis fakts jāņem vērā, diskutējot par teritoriju atcelmošanu.

Pētījumos ir konstatēta skrejvabole *Tachyta nana*. Šī ir viena no nedaudzajām skrejvaboļu sugām, kura sastopama zem mizas un kuras populāciju reāli var ietekmēt atcelmošana. Šī suga parasti ir sastopama zem samērā lielu celmu un kritalu (diametrs virs 50 cm) mizas. Atcelmošanas pasākumi var ietekmēt šīs sugas populācijas stāvokli. Taču pašreizējā momentā nav pietiekamas informācijas par to, cik daudz šī suga ir apdraudēta. Visticamāk, situāciju var uzlabot, cismā atstājot dažus sausus kokus vai kritālas. Par atcelmošanas ietekmi uz šīs sugas populācijas stāvokli nepieciešami ilgstošāki pētījumi. Maz ticams, ka tās atcelmošanas aktivitātes, kas pašlaik notiek valstī, var būtiski ietekmēt šīs sugas populācijas stāvokli, tomēr varētu apsvērt liela diametra celmu (>50 cm) atstāšanu celmu izstrādes procesā.

Ūdensvaboļu klātbūtne (5 sugas) parauglaukumos izskaidrojama ar to, ka tie atradās samērā mitrās vietās un lamatu tuvumā bija vairākas peļķes vai grāvji.

Nītaures parauglaukumā tika konstatēta spīduļu suga *Glischrochilus quadrisignatus*. Šī suga ir invazīva un pēdējos gados Eiropā ļoti strauji izplatās. Suga bija konstatēta Latvijā jau agrāk, taču šī ir trešā pašlaik zināmā atradne Latvijā.

Celmi ir dzīvotne daudzām Eiropā un Latvijā īpaši aizsargājamajām sugām. Galvenokārt lielākā daļa šo sugu sastopamas mirušā lapkoku koksnē. Skujoku koksnē attīstās salīdzinoši mazāk īpaši aizsargājamo sugu, tāpēc to izmantošana enerģētiskā meža bioloģiskajai daudzveidībai nodara mazāku kaitējumu. **Latvijā īpaši aizsargājamās sugas pētījumu laikā netika konstatētas.**

Salīdzinot sugu skaitu atcelmotajās un neatcelmotajās teritorijās (skat. 3. pielikumu), netika konstatētas ļoti būtiskas atšķirības sugu skaita ziņā. Atcelmotajās teritorijās tika konstatētas 158 sugas, bet neatcelmotajās teritorijās 183 sugas. Atcelmotajās teritorijās ir salīdzinoši mazāks saproksilofīto sugu skaits, taču tās ir pārstāvētas. Šī gada pētījumu rezultāti neuzrāda atcelmošanas būtisku ietekmi uz bezmugurkaulnieku bioloģisko daudzveidību. Jāņem vērā arī fakts, ka izcirtumos pirmajos gados bioloģiskā daudzveidība parasti ir lielāka nekā blakus esošajās mežaudzēs. Bioloģiskā daudzveidība samazinās laika gaitā, samazinoties hidrofīto un ar koksnī saistīto sugu skaitam. Turklāt objektīvus secinājumus par atcelmošanas ietekmi uz meža bioloģisko daudzveidību var izdarīt ilgstošāku pētījumu rezultātā.

## 5.2. Secinājumi

Pieaugot celmu izmantošanai enerģētiskā, pastāv risks, ka izcirtumu pārmērīga atcelmošana var negatīvi ietekmēt meža bioloģisko daudzveidību. Sevišķi aktīvi šī problēma tiek pētīta Skandināvijas valstīs un Kanādā. Galvenā uzmanība tiek pievērsta celmu lomas noskaidrošanai meža bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanai ilgtermiņā. Lielākā daļa pētījumu līdz šim ir veltīti celmos dzīvojošajām saproksilofītajām vabulēm, kas kā modelgrupa ir vieglāk izmantojamas pētījumu veikšanā. Pētījumi pamatā tiek veikti, lai noskaidrotu, cik daudz celmu uz hektāru izcirtumā ir jāatstāj, kāds ir optimālākais celmu diametrs un augstums. Viennozīmīgu universālu secinājumu, kas būtu optimāli arī Baltijas apstākļos, pagaidām nav.

Salīdzinot dažādas materiāla ievākšanas metodes 2013. gada sezonā tika konstatēts, ka kvalitatīvi visefektīvākās bija logu lamatas, ar kurām tika konstatēti 167 taksoni, bet kvantitatīvi visefektīvākās bija augsnes lamatas, ar kurām tika konstatēti 1188 īpatņi, bet vismazāk nejaušo sugu bija priežu celmu mizas materiālos. Turpmākos pētījumos visoptimālākos rezultātus varēs sasniegt kompleksi izmantojot visus trīs minētos lamatu tipus.

Salīdzinot sugu skaitu atcelmotajās un neatcelmotajās teritorijās, netika konstatētas būtiskas atšķirības sugu skaita ziņā. Atcelmotajās teritorijās tika konstatētas 158 sugas, bet neatcelmotajās teritorijās 183 sugas. Atcelmotajās teritorijās ir salīdzinoši mazāks saproksilofīto sugu skaits, taču tur tās vienalga ir pārstāvētas. Šī gada pētījumu rezultāti neuzrāda atcelmošanas būtisku ietekmi uz bezmugurkaulnieku bioloģisko daudzveidību.

Pētījumu rezultātā tika konstatētas vairākas dabisko mežu atslēgas biotopu indikatorsugas vai sugas, kas specializējušās dzīve kritālās un kaltošos kokos: *Dendrophagus crenatus*, *Mycetophagus quadripustulatus*, *Prionychus ater*, *Peltis grossa*. Tas liecina, ka vai nu izcirtumu apkārtnē ir dabiskie meža biotopi vai arī šīs sugas izmanto celmus kā vairošanās vietas. Pētījumu rezultātā tika konstatētas vairākas Latvijā reti sastopamas vaboļu sugas: *Phosphaenus hemipterus*, *Thanasimus femoralis*, *Prionychus ater*, *Orchesia minor*, *Hoshihananomia perlata*, *Tachyta nana* u.c. Maz ticams, ka atcelmošanas pasākumi varētu būtiski ietekmēt šo sugu populāciju stāvokli pašreizējā atcelmošanas apjomā. Minētās sugas kopumā ir diezgan plaši izplatītas un nav izteikti stenotopas sugas, tās spēj atrast attīstībai piemērotas kritālas, dzīvu koku stumbrus vai stāvošus sausu koku stumbeņus blakus esošajās mežaudzēs.

## 6. Mazo dimensiju celmu uzņēmība pret *Heterobasidion annosum* bazīdijsporu infekciju egļu un priežu audzēs

### 6.1. *H. annosum* micēlija attīstība mazo dimensiju skujkoku celmos

Līdz šim mazo dimensiju celmi uzskatīti par maznozīmīgiem *H. annosum* infekcijas izplatībā, pamatojoties uz to, ka *H. annosum* sporām ir neliela iespēja nonākt uz maza diametra (<10 cm) celmiem, salīdzinot ar liela diametra celmiem un to koksne nav piemērota *H. annosum* attīstībai (Vollbrecht et al., 1995). Mūsu iegūtie dati projekta 1. etapā 2011. gadā liecina, ka arī maza diametra skujkoku celmi sastāva kopšanas cirtēs var tikt inficēti ar *H. annosum* bazīdijsporām. Solheim et al. (1994) pētījumos konstatēts, ka *H. annosum* infekcija saglabājusies 20% maza diametra (5 – 10 cm) egļu celmu 1 – 2 gadus pēc koku zāģēšanas.

Lai noskaidrotu, vai *H. annosum* micēlijs, kas attīstījies no bazīdijsporām, var ilgstoši saglabāties celmā, 2013. gadā veikta pirms 1 – 2 gadiem zāģēto celmu analīze.

#### 6.1.1. Metodika

2013. gadā Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas mežu novadā 10 objektos analizēta *H. annosum* sastopamība un micēlija attīstība mazo dimensiju (diametrs 2 – 15 cm) priežu un egļu celmos (10. tabula).

10. tabula. Pētījuma objektu raksturojums.

Koku suga	Kvartāls/nogabals	Platība, ha	Audzis sastāva formula/vecums, gadi	Meža tips
Priede	193/1	1,9	10P/15	Ln
	193/3	1,8	10P/15	Dm
	175/1	2,6	10P/16	Dm
	22/8	2,3	10P/20	Ln
Egļe	108/13	1,1	10E/34	As
	201/2	2,5	7E <sub>4</sub> B <sub>40</sub>	Ks
	204/2*	0,7	5E <sub>4</sub> P <sub>3</sub> B <sub>76</sub>	As
	121/9	10,9	10E/27	As
	93/12*	0,7	10E/41	As

\*parauglaukumā analizētas paaugas eglītes

Vispirms koki nozāģēti 2012. gada jūlijā - augustā (parauglaukumi 108. kv. 13. nog. un 93. kv. 12. nog. ierīkoti 2011. gadā), un, tad pēc 11 – 16 mēnešiem, paraugi ievākti atkārtoti laikā no 2013. gadā no 2. jūnija līdz 3. novembrim. No katra celma nozāģēja divas celma virsējās ripas (biezums 3 cm), augšējā ripa tika aizmesta, bet otrā ripa paņemta tālākai analīzei laboratorijā. Kopā tika ievāktas 46 ripas no priežu un 239 ripas no egļu celmiem. Laboratorijā ripas nomizotas un nomazgātas tekošā krāna ūdenī. Ripas ievietotas polietilēna maisos, atstājot maisa galu vaļā, lai nodrošinātu gaisa cirkulāciju un inkubētas 7 dienas istabas temperatūrā. Pēc inkubācijas uz ripas virsmas novietots un piestiprināts plastikāta režģis (rūtiņas lielums 7 x 7 mm) un izmantojot stereomikroskopu *Leica MZ* 7.5 (pal. 10 x 1,25 – 10 x 4,0) pārbaudīta *H. annosum* konīdijnesēju sastopamība katrā ripas kvadrātcentimetrā. Katra rūtiņa, kurā konstatēts *H. annosum* atzīmēta ar ūdensizturīgas krāsas marķieri.

2013. gadā Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas mežu novadā ierīkoti 20 jauni mazo dimensiju priežu (9) un egļu (10), priežu/egļu (1) parauglaukumi. Kopā nozāģēti 1250 koki.

#### 6.1.2. Rezultāti

*H. annosum* infekcija konstatēta visos 6 analizētajos egļu parauglaukumos un 2 no 4 priežu parauglaukumiem. *H. annosum* infekcija bija saglabājusies 160 egļu celmos (67% no sākotnēji inficētajiem celmiem), bet no sākotnēji inficētajiem 46 priežu celmiem tikai 5 celmos (11%). *H.*

*annosum* aizņemtais laukums priežu celmos bija 2,8 – 17,0% un egļu celmos 0,6 – 69,8% (11. tabula).

Salīdzinot celmu inficētību 2012. un 2013. gadā, konstatēts, ka priežu parauglaukumos *H. annosum* inficēto celmu īpatsvars samazinājies par 75,0 – 100%. Visos analizētajos egļu parauglaukumos *H. annosum* inficēto celmu īpatsvars samazinājies par 9,5 – 70,0%. Līdzīgi rezultāti par *H. annosum* infekcijas samazināšanos iegūti Dimitri *et al.* (1971) veiktajā pētījumā, kurā konstatēts, ka drīz pēc cirtes veikšanas egļu celmu inficētība ar *H. annosum* bazīdijsporām bijusi 62%, bet aptuveni 200 dienas pēc koku zāgēšanas inficētība samazinājusies līdz 10 – 20%. Balstoties uz Dimitri *et al.* (1971) darbā secināto, ka egļu celmos *H. annosum* micēlija augšanas ātrums ir līdz 50 cm gadā, varētu izdarīt pieņēmumu, ka nākamā gada laikā mūsu analizētajos mazo dimensiju egļu celmos *H. annosum* micēlijs būs sasniedzis celma sakņu kaklu. Tādēļ turpmākajos eksperimentos paredzēts noskaidrot, vai *H. annosum* infekcija var ilgstoši saglabāties maza diametra skujkoku celmos un pakļaut riskam blakus augošos kokus.

11. tabula. *H. annosum* infekcijas raksturojums.

Koku suga	Kvartāls/nogabals	Inficēto celmu skaits 2012.g.	Inficēto celmu skaits 2013.g.	<i>H. annosum</i> s.l. aizņemtais laukums uz viena celma, %	Vidējais <i>H. annosum</i> s.l. aizņemtais laukums no visiem inficētajiem celmiem, %
Priede	193/1	30	4	2,8 – 17,0	12,4
	193/3	7	0	0	0
	175/1	5	0	0	0
	22/8	4	1	14,1	14,1
Egle	108/13	21 <sup>1</sup>	19	3,0 – 63,7	33,0
		59	39	0,6 – 57,4	15,0
	201/2	14	11	1,1 – 29,3	11,1
	204/2	22	16	6,0 – 60,4	26,3
	121/9	63	57	1,0 – 69,8	20,6
	93/12	60 <sup>1</sup>	18	3,9 – 61,2	20,6

<sup>1</sup>parauglaukums ierīkots 2011. gadā

### 6.1.3. Secinājumi

1. Gada laikā dzīvotspējīgs *H. annosum* micēlijs saglabājies 160 no analizētajiem 239 (67%) inficētajiem egļu celmiem; priežu celmos *H. annosum* bazīdijsporu izraisītā infekcija gada laikā ir samazinājusies par 89% (sakņu piepes micēlijs konstatēts 5 no sākotnēji inficētajiem 46 celmiem).



## 6.2. Mazo dimensiju celmu uzņēmība pret *H. annosum* bazīdijsporu infekciju dažādos gada laikos

Skujkoku celmi ir īpaši pakļauti riskam inficēties ar *H. annosum* bazīdijsporām siltajā gada laikā. Lai ierobežotu svaigu celmu inficēšanos ar *H. annosum*, no 2008. gada AS „Latvijas valsts meži” krājas kopšanas cirtēs pielieto bioloģisko preparātu „Rotstop”. Preparāts tiek izmantots, ja diennakts vidējā gaisa temperatūra ir augstāka par +5°C. Ja skujkoku celmu diametrs ir mazāks par 10 cm, tad celmu apstrāde netiek rekomendēta. Mūsu iepriekšējie pētījumi (rezultāti iegūti projekta 1. etapā 2011. gadā) liecina, ka arī maza diametra skujkoku celmi sastāva kopšanas cirtēs var tikt inficēti ar *H. annosum*. Tomēr līdz šim nav analizēta maza diametra celmu inficēšanās ar *H. annosum* dažādos gada laikos. Pavasara un rudens mēnešos, kad gaisa temperatūra uzrāda līdzīgas vērtības, nepieciešams noskaidrot ne tikai *H. annosum* sporu izdalīšanās intensitāti, bet arī svarīgi analizēt celmu inficēšanos ar *H. annosum*, jo dažādos gada laikos sakņu piepes sporu attīstību var ietekmēt arī citas celmus kolonizējošās sēnes.

### 6.2.1. Metodika

Lai analizētu mazo dimensiju celmu (diametrs 3 – 15 cm), uzņēmību pret *H. annosum* bazīdijsporu infekciju, tika izvēlētas 7 audzes Vidusdaugavas mežsaimniecībā (skat. 12. tabulu.), kurās 2013. gadā dažādos mēnešos veiktas sastāva kopšanas cirtes. Empīriskais materiāls ievākts 17., 18. jūnijā un 5. novembrī (respektīvi, 3 – 5 mēnešus vēlāk) audzēs, kurās mežsaimnieciskās darbības veiktas martā un jūlijā.

12.tabula. Pētījuma objekti.

Kvartāls/ nogabals	Platība	Meža tips	Audzēs sastāva vecums	formula/
455/13	3,6	Dm	6E4P /23	
479/12	2,4	Ln	8P2E /32	
481/6	1,2	Ln	8P2E /32	
329/1	4,9	Dm	9E1P /25	
379/27	2,8	Vr	8E2B /22	
331/16	3,3	Ln	10P /25	
499/4	2,6	Dm	8P2E /23	

Katrā audzē tika izvēlēti 50 – 100 celmi, kuru tuvumā nebija konstatēti nokaltuši koki un iepriekšējās ģenerācijas celmi. Ripas ievāktas un laboratorijā analizētas pēc iepriekšējā apakšnodaļā minētās metodikas. Pavisam ievāktas 355 ripas no priežu un 262 ripas no egļu celmiem. Vienā no izvēlētajiem pētījumu objektiem tika ievāktas gan egļu, gan priežu ripas (481. kv. 6.nog., skat. 13. tabulā). Pārējos objektos katrā tika analizēta viena koku suga. Pētījumu objekti bija apmēram 0,6 – 12 km viens no otra.

Koksnes paraugi no audzēm, kurās kopšanas cirte veikta oktobrī, tiks ievākti 2014. gada pavasarī.

### 6.2.2. Rezultāti

Veicot koksnes paraugu analīzi (kopšanas cirte veikta marta mēnesī), *H. annosum* konstatēts 1 - 4% priežu un 6 – 7 % egļu celmu (13. tabula).

13. tabula. *H. annosum* sastopamība analizētajos celmos katrā objektā.

Kvartāls/ nogabals	Koku suga	Analizēto ripu skaits	Inficēto celmu īpatsvars katrā audzē, %	Inficēto celmu īpatsvars katrā koku sugai, %	<i>H. annosum</i> s.l. aizņemtais laukums uz viena celma, %	Vidējais <i>H.</i> <i>annosum</i> s.l. aizņemtais laukums no visiem inficētajiem celmiem, %
Koki zāģēti marta mēnesī						
455/13	Egle	70	7	7	0,75 – 9,28	3,34
481/6	Egle	50	6		0,90 – 5,26	2,69

	Priede	51	4	2	1,43 – 8,86	5,15
479/12	Priede	100	1		5,47	5,47
<b>Koki zāģēti jūlija mēnesī</b>						
329/1	Egle	53	89	63	1,90 – 54,69	25,40
379/27	Egle	89	48		0,66 – 48,10	10,92
331/16	Priede	98	5	7	1,63 – 8,81	4,37
499/4	Priede	106	8		1,27 – 7,88	4,66

Vidējais *H. annosum* aizņemtais laukums bijis 2,69 – 5,47%. Savukārt *H. annosum* infekcija audzēs, kur kopšanas cirte veikta jūlija mēnesī, bija sastopama 5 - 8% priežu un 48 – 89% egļu celmu. Vidējais *H. annosum* aizņemtais laukums bija 4,37 – 25,40%.

Iegūtie rezultāti parāda, ka *H. annosum* infekcijas attīstība būtiski neatšķiras starp priežu un egļu celmiem martā veiktajās sastāva kopšanas cirtēs ( $t=1,94 < t_{0,05; \infty}=1,97$ ), savukārt jūlijā veiktajās sastāva kopšanas cirtēs egļu celmos konstatēta būtiski augstāka *H. annosum* infekcija, salīdzinājumā ar priežu celmiem ( $t=11,27 > t_{0,05; \infty}=1,97$ ) (13. tabula). Salīdzinot priežu un egļu celmu inficētību starp martā un jūlijā veiktajām sastāva kopšanas cirtēm, konstatēta būtiski augstāka *H. annosum* infekcija jūlijā zāģēto egļu un priežu celmos (attiecīgi:  $t=9,45$  un  $t=2,13 > t_{0,05; \infty}=1,97$ ). Pētījuma dati sakrīt ar Delatour et al. (1998) pētījumos secināto, ka egle ir ļoti uzņēmīga pret *H. annosum* infekciju. Ievērojamās atšķirības starp egles inficēšanos martā un jūlijā skaidrojamas ar *H. annosum* sporulācijas dinamiku, kura palielinās laikā no aprīļa līdz decembrim, maksimumus sasniedzot jūnijā – jūlijā un oktobrī (Kallio 1970; Kallio and Hallaksela, 1979; Brandtberg et al., 1996; Gonthier et al., 2005). Priedes celmu nelielā inficētība neatkarīgi no koku zāģēšanas laika varētu būt saistīta ar koksnes uzņēmību pret dažādām koksni kolonizējošām sēnēm, piemēram, *P. gigantea*, kas vienlaicīgi arī konkurē ar *H. annosum*, tādējādi neļaujot *H. annosum* sporām attīstīties uz celma virsmas (Kallio, 1970; Brandtberg et al., 1996).

Turpmākajā darbā iegūtie rezultāti par martā un jūlijā zāģēto koku inficētību ar *H. annosum* tiks salīdzināti ar oktobrī zāģēto koku inficētību (paraugi tiks ievākti 2014. gada pavasarī).

### 6.2.3. Secinājumi

1. Sastāva kopšanas cirtēs jūlija mēnesī konstatēts būtiski vairāk ar *H. annosum* inficēto egļu un priežu celmu (63% un 7%), salīdzinot ar marta mēnesī veiktajām kopšanas cirtēm (attiecīgi 7% un 2%) ( $p < 0,05$ ).
2. Mazo dimensiju egļu celmi ir uzņēmīgāki pret *H. annosum* bazīdijsporu infekciju, salīdzinājumā ar priežu celmiem.

## 7. Sakņu piepes *Heterobasidion annosum* s.l. augļķermeņu attīstības dinamikas novērtējums uz egles koksnes mežizstrādes atliekām

### 7.1. Augļķermeņu attīstība uz lielu dimensiju trupējušas egles koksnes

Mežu pētīšanas stacijā (MPS) Kalsnavas mežu novadā 2009. gadā ierīkoti eksperimenti, lai analizētu *H. annosum* augļķermeņu attīstības dinamiku uz trupējušas egles koksnes. Divos meža tipos tika izvietotas ar *H. annosum* inficētas lielu dimensiju ciršanas atliekas.

Darba mērķis bija novērtēt *H. annosum* augļķermeņu attīstību ietekmējošos faktorus uz lielu dimensiju mežizstrādes atliekām, kas inficētas ar sakņu piepi.

MPS Kalsnavas mežu novadā 139. kv. 1. nog. (kokaudzes sastāva formula: 8E 2B 68 +P, Ma 68, platlapju kūdrenis (Kp), nosusināta kūdras augsne,) 2009. gada augustā nozāģēja 40 trupējušas egles un sadalīja dažāda izmēra nogriežņos. 199 atliekas tika atstātas Kp meža tipā, bet 39 atliekas pārvietotas uz 139. kv., 2. nog. (kokaudzes sastāva formula: 7E 2B 1P 68 + La, Ap 68, damaksnis (Dm), minerālaugsne).

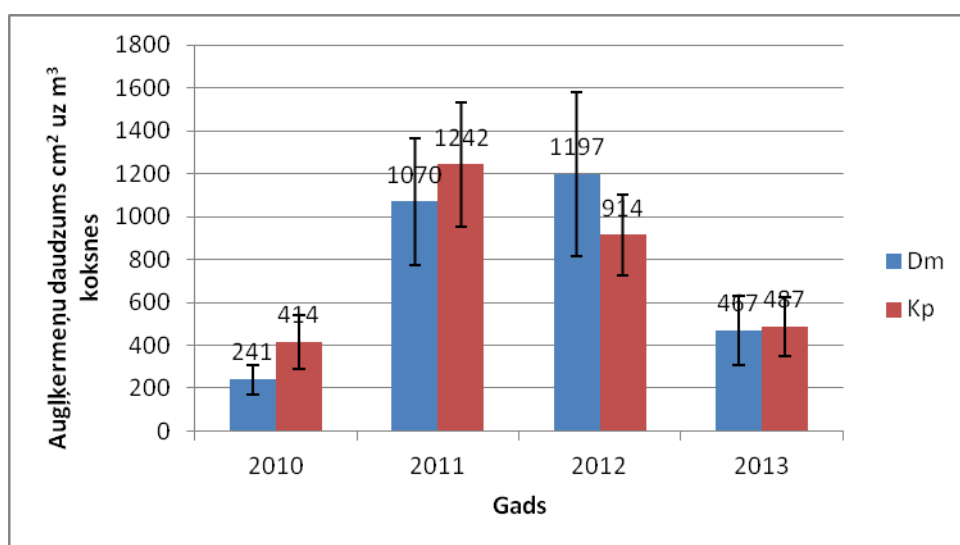
Lai analizētu sakņu piepes augļķermeņu attīstības dinamiku šajos meža tipos (Kp un Dm), izvēlētas atliekas no kokiem ar līdzīgu trapes intensitātes pakāpi uz celma un trapes izplatības augstumu kokā. Katrs koks sazāģēts dažāda garuma nogriežņos. Daļai atlieku Kp meža tipā veikti mizas bojājumi, lai novērtētu augļķermeņu attīstības dinamiku atkarībā no mizas bojājumiem. Atkārtota *H. annosum* augļķermeņu uzmērīšana uz atliekām un celmiem veikta katru gadu oktobrī laika posmā no 2010. līdz 2013. gadam. Visām atliekām un celmiem no 2011. līdz 2013. gadam vizuāli, pēc augļķermeņu sastopamības, novērtēta arī citu koksni kolonizējošo sēņu sugu klātbūtne. 2013. gadā, veicot atkārtotu datu matemātisko apstrādi, precizēti iepriekšējos gados iegūtie rezultāti. Darba metodika detalizēti aprakstīta 2010. gada 6. etapa atskaitē „Sakņu trapes uzraudzība un ierobežošana skujkoku mežos”.

## 7.1.1. Rezultāti

### 7.1.1.1. Sakņu piepes augļķermeņu attīstība dažādos meža tipos

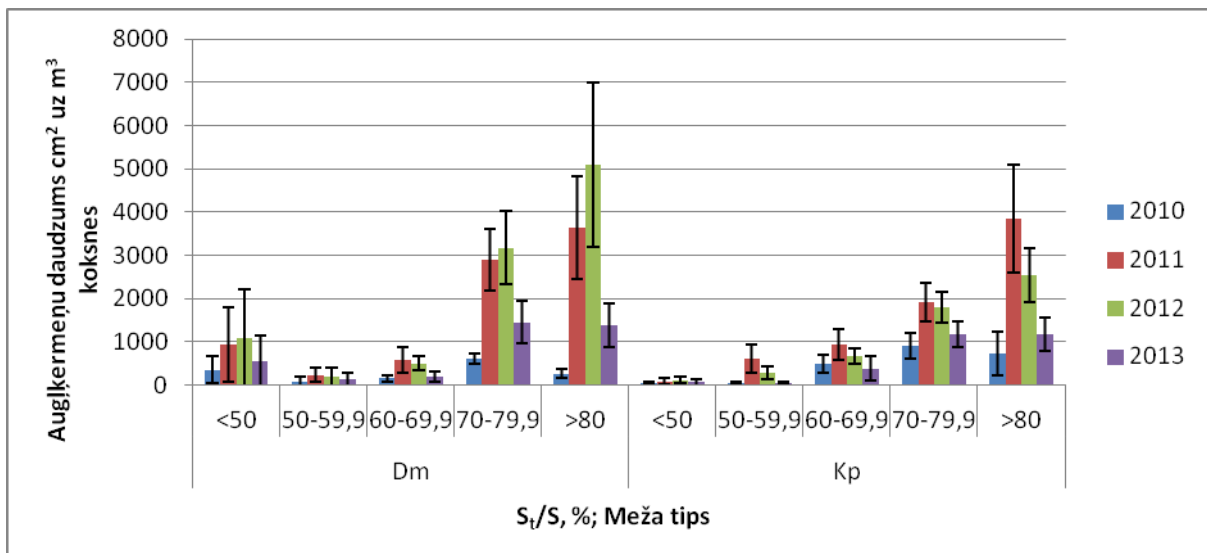
2013. gadā Dm meža tipā tika apsekotas 36 trupējušas egles koksnes atliekas, lai turpinātu sakņu piepes augļķermeņu attīstības dinamikas pētījumus – trīs netika atrastas.

Rezultāti, kas iegūti četru gadu laikā, apsekojot mežā atstātas trupējušas egles koksnes atliekas, parāda, ka Kp meža tipā visvairāk jauno augļķermeņu veidojas otrajā gadā pēc atlieku atstāšanas mežā –  $1242 \text{ cm}^2/\text{m}^3$  (2. attēls). Dm meža tipā savukārt jauno augļķermeņu visvairāk ir trešajā gadā –  $1197 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ . Arī mūsu iepriekšējos pētījumos, salīdzinot *H. annosum* attīstību uz 3 un 4 gadus vecām atliekām vēra (Vr) un Kp meža tipos, konstatēts, ka vēri jauno augļķermeņu attīstība intensīvāk norit gadu vēlāk, salīdzinot ar Kp meža tipu (Stivriņa u.c., 2010). Abiem meža tipiem (Dm un Kp) raksturīgs, ka ceturtajā gadā sporulējošo augļķermeņu ir mazāk nekā iepriekšējos divos gados, turklāt abos meža tipos to daudzums būtiski neatšķiras, attiecīgi  $467 \text{ cm}^2/\text{m}^3$  Dm un  $488 \text{ cm}^2/\text{m}^3$  Kp meža tipā. Augļķermeņu daudzums 2013. gadā, salīdzinot ar 2012. gadu, Dm meža tipā ir samazinājies 2,6 reizes, bet Kp – 1,9.



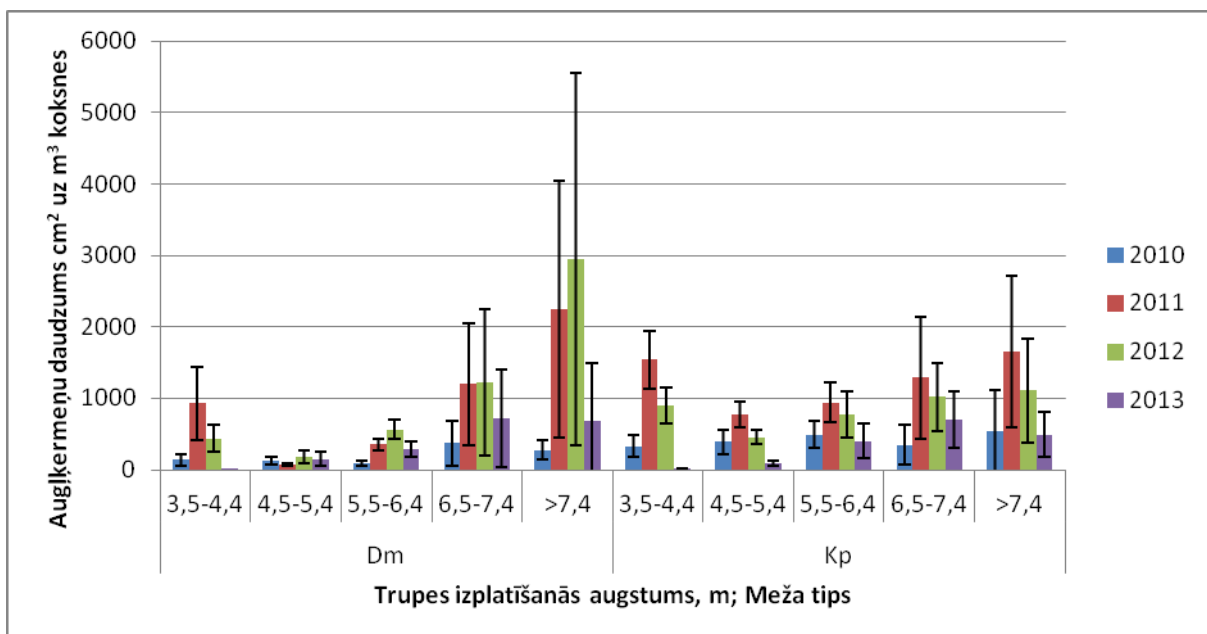
2. attēls. Jauno *H. annosum* augļķermeņu laukums ( $\text{cm}^2$ ) uz vienu  $\text{m}^3$  atlieku tilpuma Dm un Kp meža tipos četru gadu periodā (no 2010. līdz 2013. gadam).

Analizējot *H. annosum* augļķermeņu attīstību atkarībā no trupējušās daļas aizņemtā laukuma no atliekas šķērsriezuma laukuma ( $S_v/S$ ), konstatēts, ka augļķermeņu daudzums uz  $\text{m}^3$  koksnes palielinās, pieaugot trupējušās daļas aizņemtajam laukumam (3. attēls). Šāda tendence vērojama gan Dm, gan Kp meža tipā.



3. attēls. Jauno *H. annosum* augļķermeņu laukums ( $\text{cm}^2$ ) uz  $1\text{m}^3$  atliekas tilpuma atkarībā no trupējušās daļas laukuma no atliekas šķērsgriezuma laukuma un meža tipa.

Salīdzinot *H. annosum* augļķermeņu attīstību uz trupējušām atliekām atkarībā no trapes izplatīšanās augstuma stumbrā (4. attēls), konstatēts, ka abos meža tipos, īpaši Dm, vērojama tendence, ka palielinoties trapes izplatības augstumam stumbrā, palielinās arī jauno sporulējošo augļķermeņu daudzums uz  $\text{m}^3$  koksnes. Visvairāk augļķermeņu veidojušies uz atliekām, kur trupe izplatījies augstāk par 7,4 m. Īpaši izteikts tas ir novērojums, kas veikti divus un trīs gadus pēc eksperimenta ierīkošanas, kad konstatēto augļķermeņu daudzums bija vislielākais.

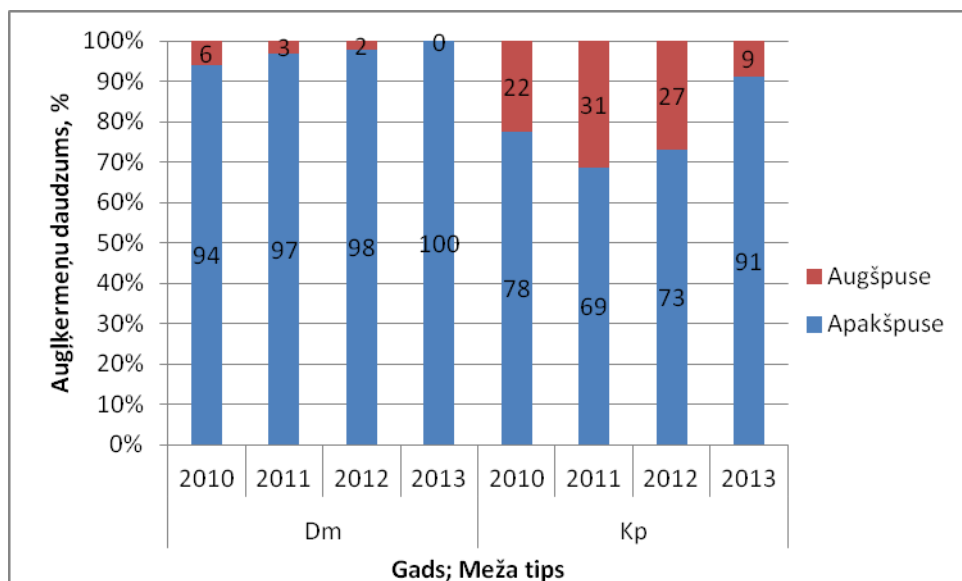


4. attēls. Jauno *H. annosum* augļķermeņu laukums ( $\text{cm}^2$ ) uz  $1\text{m}^3$  atliekas tilpuma atkarībā no trapes izplatīšanās augstuma stumbrā un meža tipa.

Eksperimenta laikā konstatēts, ka Dm meža tipā daudz augļķermeņu ir uz atliekām, kas reprezentē kokus ar trapes izplatības augstumu no 3,5 līdz 4,4 metriem. Iespējams, ka kokiem ar nelielu trapes izplatības augstumu stumbrā sēnes inficētā daļa bija vairāk trupējusi, kādēļ arī augļķermeņi uz atliekām ir vairāk (3. attēls).

Augļķermeņu lokalizācija uz atliekām Kp un Dm meža tipos ir atšķirīga. Dm meža tipā lielākā daļa augļķermeņu lokalizēta atlieku apakšējā daļā (5. attēls), turklāt ar katru gadu proporcionālais augļķermeņu daudzums, kas lokalizēts atlieku apakšpusē palielinās. Ja 2010. gadā 94% augļķermeņu lokalizēti atlieku apakšpusē, tad 2013. gadā – 98%. Šāda tendence vērojama tādēļ, ka Dm meža tipā

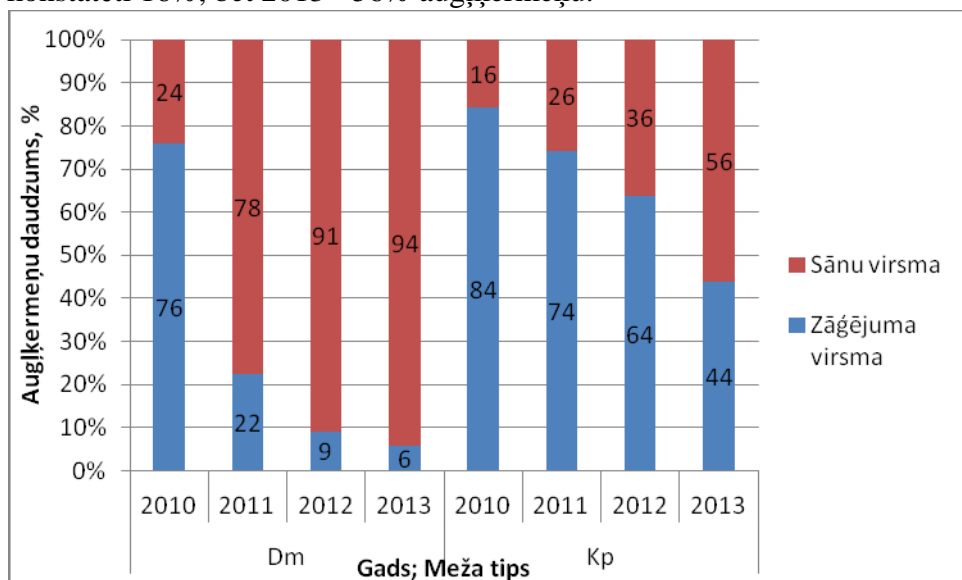
ir nabadzīga veģetācija, dominē galvenokārt sūnas. Sūnas nespēj nodrošināt vienmērīgus mitruma apstākļus visā atliekā, bet tikai atliekas apakšējā daļā, tādēļ augļķermeņi atlieku virspusē neveidojas. Jāpiebilst arī, ka 2013. gada vasara bija periodiski ļoti sausa un karsta, kas varēja veicināt atlieku izžūšanu Dm meža tipā.



5. attēls. Augļķermeņu lokalizācija uz atliekām Dm un Kp meža tipos laika posmā no 2010. līdz 2013. gadam.

Kp meža tipā 3. un 4. gadā samazinās to augļķermeņu daudzums, kas lokalizēti atlieku augšpusē. Iespējams, ka tas saistīts ar atlieku izžūšanu, jo parauglaukumā, kurā izvietotas atliekas, daļa koku tika izzāģēti, bet daļa tika izgāzti vējgāzēs, kas varēja izmainīt mikroklimatu konkrētajā audzē.

Salīdzinot augļķermeņu lokalizāciju pēc tā vai tie veidojušies uz zāģējuma vai sānu virsmas (6. attēls), konstatēts, ka pēdējo trīs gadu laikā (no 2011. līdz 2013. gadam) abos meža tipos samazinājies to augļķermeņu daudzums, kas lokalizēti uz atlieku zāģējuma virsmas. Šāda tendence īpaši izteikta Dm meža tipā, kur kopš 2010. gada augļķermeņu daudzums, kas lokalizēti uz atlieku sānu virsmas palielinājies no 24% līdz 94%. Kp savukārt 2010. gadā uz atlieku sānu virsmas konstatēti 16%, bet 2013 - 56% augļķermeņu.



6. attēls. Augļķermeņu izvietojums uz atlieku sānu virsmas un zāģējuma virsmas Dm un Kp meža tipos laika posmā no 2010. līdz 2013. gadam.

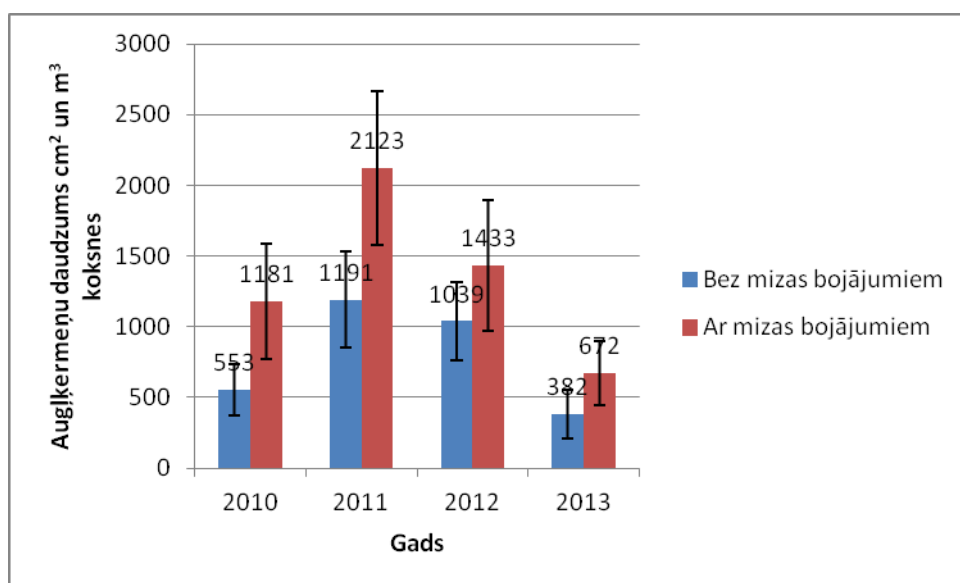
Iespējams, ka augļķermeņu attīstība uz atlieku sānu virsmas ietekmē konkrētā gada meteoroloģiskie apstākļi. 2013. gada ziemā nebija biezas sniega segas. Ja atliekas ir pārāk ciešā kontaktā ar augsni,

sakņu piepes augļķermeņi uz sānu virsmas neveidojas. Atliekas katru gadu tiek izkustinātas, tādēļ pēdējo augļķermeņu novērtējumu laikā konstatēts, ka tās vairs nav tik dziļi iespiestas augsnē kā sākotnēji un augļķermeņi vairāk veidojas uz atlieku sānu virsmas.

#### 7.1.1.2. Sakņu piepes augļķermeņu attīstība atkarībā no mizas bojājumiem

Lai novērtētu sakņu piepes augļķermeņu attīstību uz atliekām ar mizas bojājumiem, izvēlētas 16 atliekas Kp meža tipā, kam veikti mizas bojājumi. Salīdzināšanai izvēlētas 20 līdzīga diametra un trupes intensitātes pakāpes atliekas bez mizas bojājumiem tajā pašā meža tipā.

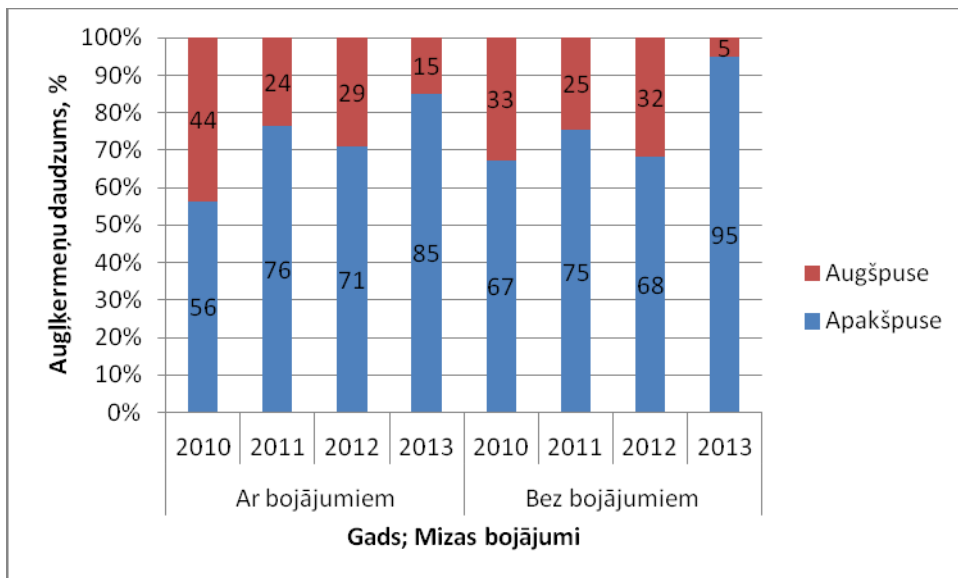
Līdzīgi kā atliekām, kas izvietotas dažādos meža tipos, arī atliekām, kas izmantotas analīzei par mizas bojājumu ietekmi uz sakņu piepes augļķermeņu attīstību, lielākais jauno augļķermeņu daudzums uz  $m^3$  koksnes bijis 2011. gadā –  $1191\text{ cm}^2/m^3$  atliekām bez mizas bojājumiem un  $2123\text{ cm}^2/m^3$  atliekām ar mizas bojājumiem (7. attēls). 2013. gadā augļķermeņu daudzums uz atliekām ar mizas bojājumiem ir par 2,1 reizi mazāks nekā 2012. gadā, bet uz atliekām bez mizas bojājumiem – 2,7 reizes.



7. attēls. Jauno *H. annosum* augļķermeņu laukums ( $\text{cm}^2$ ) uz vienu  $m^3$  atlieku tilpuma atliekām ar un bez mizas bojājumiem laika posmā no 2010. līdz 2013. gadam.

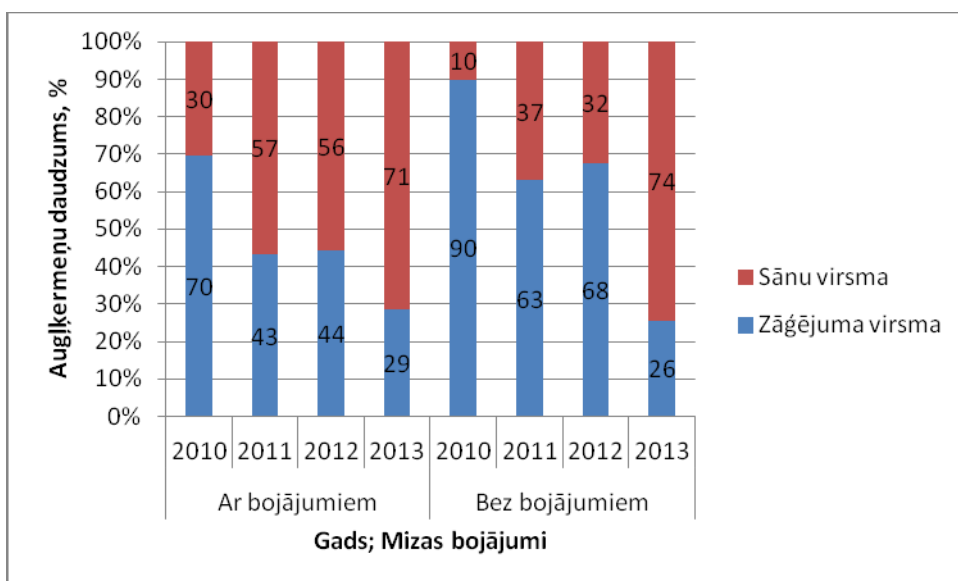
Četru gadu laikā vidēji par 1,7 reizēm vairāk augļķermeņu veidojušies uz atliekām ar mizas bojājumiem, salīdzinot ar atliekām bez mizas bojājumiem. Salīdzinot pa gadiem, 2010. gadā augļķermeņi uz atliekām ar mizas bojājumiem veidojušies 2,1 reizi, 2011. gadā 1,8 reizes, 2012. gadā – 1,3, bet 2013. gadā 1,7 reizes vairāk nekā uz atliekām bez mizas bojājumiem.

Uz atliekām ar mizas bojājumiem augļķermeņu daudzums, kas lokalizēti uz atlieku apakšējās daļas ar katru gadu pakāpeniski pieaug (8. attēls). Ja 2010. gadā atlieku apakšpusē konstatēti 56% augļķermeņu, tad 2013. gadā jau 85%. Jāpiebilst, ka atliekām, kurām veikti mizas bojājumi, atlikušās mizas daudzums ar katru gadu samazinās, tā atdalās no atlieku virsmas. Atliekām bez mizas bojājumiem 2013. gadā, salīdzinot ar iepriekšējiem gadiem, tikai 5% augļķermeņu lokalizēti atlieku augšējā daļā – to galos. Arī atliekām ar mizas bojājumiem 2013. gadā augļķermeņi atlieku augšpusē veidojušies mazāk nekā citus gadus – 15%.



8. attēls. Augļķermeņu lokalizācija uz atliekām ar un bez mizas bojājumiem laika posmā no 2010. līdz 2013. gadam.

Neatkarīgi no mizas bojājumiem arvien lielāka daļa augļķermeņu veidojas uz sānu virsmas nevis zāģējuma virsmas (9. attēls). 2010. gadā uz sānu virsmas veidojās 30% augļķermeņu atliekām ar mizas bojājumiem un 10% atliekām bez mizas bojājumiem, bet 2013. gadā attiecīgi 71% un 74%. Zāģējuma virsma straujāk atdod mitrumu un izžūst, salīdzinot ar sānu virsmu, kas ir nepārtrauktā kontaktā ar zemesdzi.



9. attēls. Augļķermeņu izvietojums uz atlieku sānu virsmas un zāģējuma virsmas atliekām ar un bez mizas bojājumiem laika posmā no 2010. līdz 2013. gadam.

Augļķermeņu morfoloģija atšķiras uz atlieku sānu virsmas un zāģējuma virsmas. Uz atlieku sānu virsmas *H. annosum* veido klājeniskus augļķermeņus, bet zāģējuma virsmas – piepjveida. Klājeniskie augļķermeņi ir ilggadīgāki, jo katru gadu izveidojas jauns himenofora slānis. Atlieku galos savukārt sākotnēji augļķermeņu attīstība notiek strauji, jo nav mizas barjeras, kas kavētu to attīstību, bet pēc tam augļķermeņu attīstība samazinās (10. attēls).





10. attēls. *H. annosum* augļķermeņu attīstība uz zāgējuma virsmas 2010. (A), 2011. (B) un 2013. (C) gadā.

### 7.1.1.3. Augļķermeņu attīstība uz trupējušiem celmiem

2013. gadā uz 33 no 40 celmiem konstatēti *H. annosum* augļķermeņi. Tie galvenokārt veidojušies uz zāgējuma virsmas (14. tabula) – 31 celms. Lai arī kopējais augļķermeņu daudzums ir liels (3482,87 cm<sup>2</sup>), lielākā daļa konstatēto augļķermeņu ir veci un vairs nesporulē. Tikai 749,7 cm<sup>2</sup> augļķermeņu 2013. gadā uz zāgējuma virsmas bija ar baltu himenoforu (poru slāni), kas izdala sporas.

14. tabula. Kopējais augļķermeņu virsmas laukums (cm<sup>2</sup>) uz dažādām celma daļām Kp meža tipā 2013. gadā.

	Zāgējuma virsma	Sānu virsma	Virszemes saknes
<b>Celmu skaits</b>	31 (10*)	7 (7*)	10 (9*)
<b>Jauno augļķermeņu laukums 2013. gadā, cm<sup>2</sup></b>	749,70	557,91	3065,9
<b>Kopējais augļķermeņu laukums 2013. gadā, cm<sup>2</sup></b>	3482,87	847,34	6281,36

\* Celmi, kuriem augļķermeņi konstatēti dažādās vietās.

Apsekojot parauglaukumu konstatēts, ka visi eksperimentā izmantotie celmi apauguši ar sūnām, kas palīdz saglabāt mitrumu uz celmu virsmas, bet tajā pašā laikā apgrūtina augļķermeņu veidošanos. Iespējams šī iemesla dēļ liela daļa augļķermeņu uz zāgējuma virsmas apsekošanas laikā 2013. gada oktobrī jau bija veci un neaktīvi. Tomēr citā pētījumu objektā (Zemgales virsmežniecības, Tērvetes iecirkņa 121. kv., 11. nog.) uz bijušajām lauksaimniecības zemēm arī uz celmiem, kas apauguši sūnām konstatēts ļoti daudz augļķermeņu (nepublicēti dati) (11. attēls).



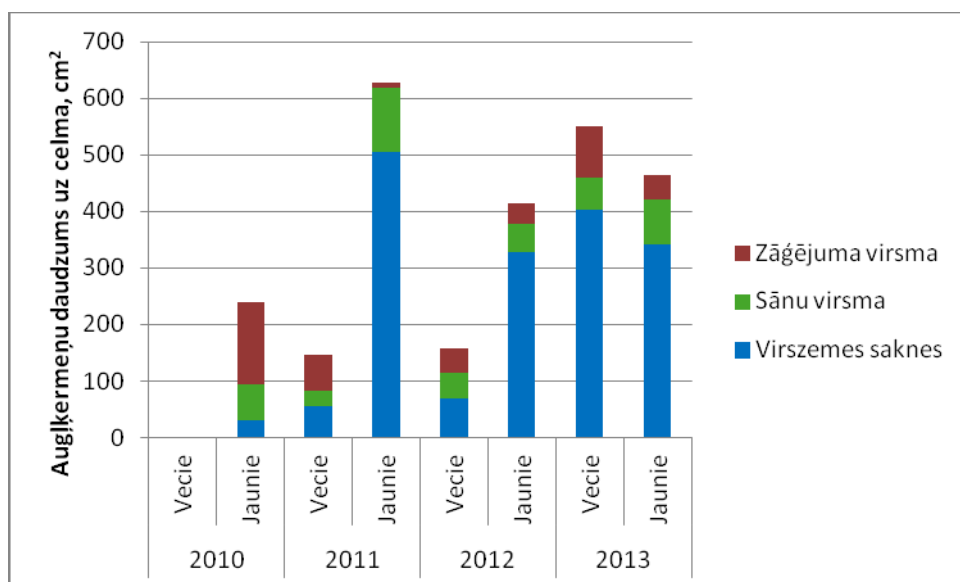
11. attēls. *H. annosum* augļķermeņu attīstība uz celma, kas bagātīgi apaudzis ar sūnām.

Vislielākais jauno sporulējošo auglķermeņu daudzums konstatēts uz celmu virszemes saknēm: 3065,9 cm<sup>2</sup> (12. attēls). Neskatoties uz to, gan uz zāgējuma virsmas, gan virszemes saknēm 2013. gadā veco auglķermeņu bijis vairāk nekā jauno auglķermeņu. Uz celmu sānu virsmas savukārt jauno auglķermeņu aizņemtais laukums bijis lielāks nekā veco auglķermeņu laukums: kopējais auglķermeņu aizņemtais laukums 847,3 cm<sup>2</sup>, no kuriem jauni – 557,9 cm<sup>2</sup>.



12. attēls. Auglķermeņu attīstība uz celmu virszemes saknēm 2013. gadā.

Novērtējot auglķermeņu attīstības dinamiku, konstatēts, ka tāpat kā 2011. un 2012. gadā, arī 2013. gadā visvairāk auglķermeņu veidojušies uz celmu virszemes saknēm – vidēji 341 cm<sup>2</sup> uz celma (13. attēls). Šajā gadā ir vairāk veco auglķermeņu, salīdzinot ar iepriekšējiem gadiem. Ja 2011. un 2012. gadā bijis vidēji 147 cm<sup>2</sup> un 158 cm<sup>2</sup> veco auglķermeņu uz celma, tad 2013. gadā – 551 cm<sup>2</sup>, vidēji 3,6 reizes vairāk.



13. attēls. Veco un jauno auglķermeņu lokalizācija uz celmiem laika posmā no 2010. līdz 2013. gadam.

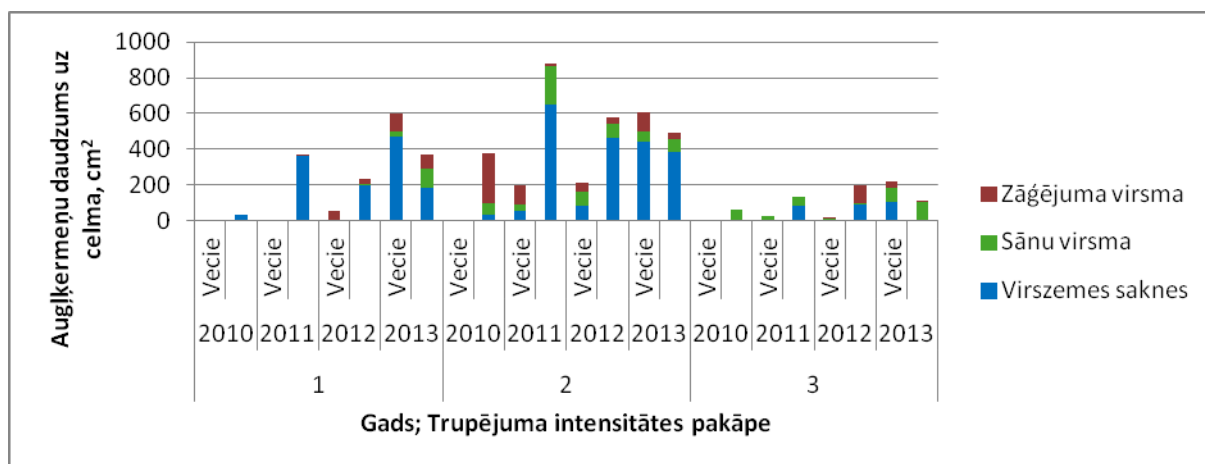
Analizējot auglķermeņu attīstību uz celmiem atkarībā no trupējuma intensitātes pakāpes uz celma virsmas (14. attēls), konstatēts, ka visvairāk auglķermeņu veidojušies uz celmiem ar otro trupējuma intensitātes pakāpi (15. attēls). Šāda situācija konstatēta gan 2011., gan 2012., gan 2013. gadā. Kopumā uz celmiem ar otro trupējuma intensitātes pakāpi 2013. gadā konstatēts vidēji 490 cm<sup>2</sup> jauno

augļķermeņu uz celma. Lielākā daļa no tiem ir uz celmu virszemes saknēm – vidēji 386 cm<sup>2</sup> augļķermeņu uz celma.



14. attēls. Trupējuma pakāpes uz celma: pirmā (A), otrā (B) un trešā (C) trupējuma intensitātes pakāpe.

Salīdzinot celmus ar pirmo trupējuma intensitātes pakāpi uz celma dažādos gados, konstatēts, ka 2013. gadā strauji palielinājies gan veco, gan jauno sporulējošo augļķermeņu daudzums. Celmiem, kuriem ir trešā trupējuma intensitātes pakāpe, savukārt visvairāk augļķermeņu veidojušies 2012. gadā, īpaši uz zāgējuma virsmas, bet 2013. gadā ir palielinājies veco augļķermeņu daudzums un to jauno augļķermeņu daudzums, kas lokalizēti uz celmu sānu virsmas.



15. attēls. Augļķermeņu lokalizācija uz celmiem laika posmā no 2010. līdz 2013. gadam atkarībā no trupējuma intensitātes pakāpes uz celma.

Izvērtējot iegūtos rezultātus, ir redzams, ka, augļķermeņi visvairāk veidojas uz vidēji trupējušiem celmiem (otrā trupējuma intensitātes pakāpe). Palielinoties celma vecumam, atkarībā no trupējuma pakāpes mainās augļķermeņu daudzums. Piemēram, celmiem ar pirmo trupējuma pakāpi visvairāk augļķermeņu veidojušies 2013. gadā, bet stipri trupējušiem celmiem (trešā trupējuma pakāpe) 2013. gadā izveidojušies mazāk augļķermeņu nekā 2012. gadā. Vidēji trupējušiem celmiem (otrā trupējuma pakāpe) jauno augļķermeņu daudzums dažādos gados ir līdzīgs. Visticamāk šāda tendence skaidrojama ar to, ka celmi, kas eksperimenta ierīkošanas laikā bija ar pirmo trupējuma intensitātes pakāpi, pēc četriem gadiem (2013. gadā) ir vairāk sadalījušies un šobrīd ir līdzīgāki otrās trupējuma intensitātes pakāpes celmiem, kādi tie bija neilgi pēc eksperimenta ierīkošanas.

#### 7.1.1.4. Sēņu sugu daudzveidība uz trupējušām lielu dimensiju egles koksnes mežizstrādes atliekām un celmiem

Sēņu sugu daudzveidība uz trupējušām lielu dimensiju mežizstrādes atliekām analizēta trīs gadu laikā: 2011., 2012. un 2013. gadā. 2011. gadā konstatētas 53, 2012. gadā 44, bet 2013. gadā – 58 sēņu sugas (līdz sugas vai ģints līmenim tika noteikta 39 sēņu sugas) (4. pielikums). Tika uzskaitītas gan piepes, gan cepurīšu sēnes, gan klājeniskās sēnes. Dažas sēnes tika raksturotas pēc micēlija īpašībām. Sēņu sugu novērtējums 2011. un 2012. gadā veikts oktobrī, bet 2013. – septembrī. 2013.

gadā izvēlēts novērojumus veikt septembrī, lai varētu konstatēt augļķermeņus, kuri uz atliekām sastopami īslaicīgi.

Analizējot datus par sēņu daudzveidību uz atliekām dažādos meža tipos, Dm meža tipā 2013. gadā konstatētas 27 sēņu sugas, bet Kp – 25. Pavisam izdalītas 37 atšķirīgas sēņu sugas, no kurām abos meža tipos bija sastopamas 15 sugas. Pārējās 22 sēņu sugas konstatētas tikai Dm vai tikai Kp meža tipā. Kp meža tipā uz visām atliekām tika atrasta sakņu piepe *H. annosum* un celmene *Armillaria* sp. Dm savukārt sakņu piepe ir uz 94,4%, bet celmene 19,4% analizēto atlieku. *Armillaria* sp. visbiežāk konstatēta pēc rizomorfu sastopamības. Tā kā visas atliekas sākotnēji bija inficētas ar *H. annosum*, secināms, ka Dm meža tipā nebija tik labi apstākļi, kas veicinātu citu sēņu, tai skaitā celmenes, attīstību. Kā atzīmēts citu pētnieku darbos (Allmer, 2005), liela nozīme ir metodei, ar kādu noteikta sēņu sugu daudzveidība. Iepriekš minētajā pētījumā secināts, ka katra metode ir specifiska noteiktam mērķim. Ja ir nepieciešams noteikt sēņu sugu daudzveidību un konstatēt retās un aizsargājamās sugas, vislabāk veikt augļķermeņu uzskaiti, nevis izmantot molekulārās metodes vai sēņu micēlija izdalīšanu no koksnes parauga.

Dm meža tipā ir sausāks, kas kavē celmenes izplatīšanos ar rizomorfām. Šī iemesla dēļ celmene Dm meža tipā ir mazāk izplatīta nekā Kp, kur ir bagātīgāka veģetācija, kas stabili nodrošina atliekām augstāku mitruma saturu. Kā noskaidrots iepriekš, jo lielāks ir atliekas kontakts ar augsni, jo arī citu sēņu sugu daudzveidība ir lielāka (Junninen and Komonen, 2011). Pētījumos noskaidrots, ka ir atsevišķas sugas, kas ir saistītas ar atmirušās koksnes ekspozīciju attiecībā pret sauli un biežāk sastopamas noteiktā debess pusē (Lindhe et al. 2004). Iespējams, ka šis ir viens no faktoriem, kas ietekmē sēņu sugu sastāvu Dm un Kp meža tipos, jo Dm veģetācija ir mazāk attīstīta. Turklāt parauglaukumā Dm meža tipā atrodas uz reljefa paaugstinājuma, salīdzinot ar Kp.

Dm meža tipā biežāk nekā Kp tika konstatēta pret *H. annosum* antagoniskā lielā pegamentsēne *Phlebiopsis gigantea* – uz 36% atlieku. Kp meža tipā – 10%. Dm meža tipa parauglaukumā ir vairāk priežu (daļa no tām bija nozāģētas un atstātas audzē) nekā Kp meža tipa parauglaukumā, turklāt, kā konstatēts iepriekšējos pētījumos (Korhonen, 2001), *P. gigantea* primāri kolonizē priedes koksni. Šī iemesla dēļ Dm meža tipā ir lielāks *P. gigantea* sporu fons un atliekām ir lielāka iespēja tikt inficētām ar lielās pergamentsēnes sporām.

Uz atliekām ar mizas bojājumiem Kp meža tipā 2013. gadā konstatētas 13 sēņu sugas. No tām visplašāk izplatītās ir *Armillaria* sp. – uz 15 atliekām (94%) un *H. annosum* uz 12 atliekām (75%). Bez šīm sugām bieži konstatētas arī *Mycena* sp. (19%), *Hypholoma fasciculare* (13%) un *Ascocoryne cylichnium* (13% atlieku). Minētās sēnes ir saprotrofiskas un noārda atmirušu koksni. Mežā atstātas lielu dimensiju kritālas ir šo sēņu dabiskā dzīvotne.

Salīdzinot sēņu daudzveidību uz līdzīga diametra un trupējuma pakāpes atliekām bez mizas bojājumiem, konstatēts, ka sēņu daudzveidība uz tām ir lielāka. Uz atliekām bez mizas bojājumiem konstatētas 17 sēņu sugas. Uz šīm atliekām dominē *H. annosum* (100% atlieku) un *Armillaria* sp. (95% atlieku). *Mycena* sp. konstatēta uz 20% atlieku. Sešas sēņu sugas konstatētas tikai uz atliekām ar mizas bojājumiem un 10 sēņu sugas uz atliekām bez mizas bojājumiem. To sastopamība gan ir neliela, pamatā tikai uz vienas atliekas. Izņēmums ir *Phanerochaete sordida* un *Leocarpus* sp., kas konstatētas attiecīgi 3 un 4 atliekām bez mizas bojājumiem. No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka ne *H. annosum*, ne *Armillaria* sp., ne *Mycena* sp. sastopamību neietekmē mizas bojājumi uz atlieku sānu virsmas, jo atlieku skaits ar un bez mizas bojājumiem, kam konstatēti šo sēņu augļķermeņi, ir līdzīgs. Tanī pašā laikā konstatēts, ka atliekām ar mizas bojājumiem četrus gadu periodā *H. annosum* augļķermeņu aizņemtais laukums ir vidēji divas reizes lielāks nekā atliekām bez mizas bojājumiem.

Kā konstatēts citu autoru deviņus gadus ilgā pētījumā, vislielākā sēņu sugu daudzveidība uz egles koksnes atliekām ir pēc četriem gadiem, bet uz celmiem vēl divus gadus vēlāk. Atkarībā no tā, cik ilgi atliekas atrodas mežā un cik stipri tās ir trupējušas, var novērot sugu pakāpenisku nomaiņu jeb sukcesiju (Lindhe et al. 2004). Iespējams, ka atkarībā no sēņu sugas, kas pirmā kolonizē atmirušu koksni, mainās visa sugu sabiedrība, īpaši pēdējās koksnes sadalīšanās stadijās (Junninen and Komonen, 2011; Ottosson, 2013). Mūsu eksperimentā visas atliekas jau sākotnēji bija inficētas ar *H. annosum*. Ņemot vērā citu autoru pētījumus, sēņu sugu sabiedrībām uz atliekām mūsu pētījumā vajadzētu būt līdzīgām. Veiktie novērojumi ilgst trīs gadus, tādēļ vēl nav iespējams novērtēt sēņu

sugu sukcesijas būtiskas atšķirības uz atliekām, bet tas tiks veikts turpmākajos pētījumos, analizējot sēņu sugu attīstību uz atliekām dažādos meža tipos.

Iepriekš veiktos pētījumos Somijā konstatēts, ka 84% piepju sugu kolonizē atliekas, bet dažādas izcelsmes celmus – 9% konstatēto piepju sugu (Junninen and Komonen, 2011). Mūsu pētījumā uz viena celma 2011. gadā konstatētas vidēji 1,33, 2012. – 2,18, bet 2013. gadā – 1,95 sēņu sugas. Kopumā 2013. gadā uz celmiem konstatētas 11 sēņu sugas. Visbiežāk konstatētās sēnes 2013. gadā ir *H. annosum* – uz 33 celmiem jeb 82,5% celmu; *Armillaria* sp. uz 22 celmiem (55%); trīs sēntiņu sugas (*Mycena* sp.) kopā uz 12 (30%) celmiem, turklāt viena no tām (*M. epipterygia*) atrasta tikai uz celmiem, bet uz atliekām konstatēta netika. Uz trīs celmiem netika konstatēta neviena sēņu suga, tai skaitā *H. annosum*. Salīdzinot iegūtos rezultātus ar iepriekšējo gadu rezultātiem konstatēts, ka sēņu daudzveidība uz celmiem ir samazinājusies. Ja 2011. un 2012. gadā uz celmiem atrastas 15 sēņu sugas, tad 2013. gadā tikai 11. Konstatēto sēņu sugu 2013. gadā ir mazāk, bet tās sastopamas uz vairāk celmiem.

Zviedrijā veiktā pētījumā, salīdzinot sēņu daudzveidību uz egles koksnes atliekām un celmiem, konstatēts, ka uz celmiem ir mazāka sēņu sugu daudzveidība, tai skaitā reto un apdraudēto sugu (Lindhe et al. 2004). Arī mūsu veiktajā pētījumā sēņu sugu daudzveidība uz atliekām ir lielāka nekā uz celmiem. Retas un aizsargājamas sugas konstatētas netika. Iespējams tādēļ, ka apdraudētās sugas biežāk sastopamas uz stipri trupējušām atliekām, kas ilgāku laiku atstātas mežā (Junninen and Komonen, 2011).

Arī augsnes mitrums iespaido sēņu sugu sastopamību uz celmiem un atliekām. Tiek uzskatīts, ka atmirusī koksne, kas ir saskarē ar augsni, tiek noārdīta ātrāk nekā celmi, tādēļ noteiktā laika periodā uz atliekām sastopams vairāk sugu nekā uz celmiem (Lindhe et al. 2004).

Apsekojot atliekas 2013. gadā un veicot sēņu sastopamības analīzi (CCA analīzi programmā CANOCO 4.5.), konstatēts, ka ne meža tips, ne mizas bojājumi būtiski neietekmē sēņu sugu sastopamību uz atliekām četru gadu laikā kopš atlieku atstāšanas mežā. Salīdzinot lielu dimensiju atliekas (L=70 cm un 1 m) ar tāda paša diametra, bet īsākiem nogriežņiem (L=30 cm), konstatēts, ka sēņu sugas, piemēram, *Fomitopsis pinicola*, *Trichaptum abietinum*, *Phanerochaete sordida*, *Phanerochaete sanguinea* un *Coniophora puteana*, ir sastopamas tikai uz lielāku dimensiju atliekām. Pārējās sēņu sugas konstatētas uz dažāda garuma atliekām. Lielāka diametra celmos un atliekās vienlaicīgi var sadzīvot vairāk sugu nekā vidēja izmēra atliekās un celmos (Lindhe et al. 2004). Piepju sugu skaits uz atliekām ir atkarīgs no atlieku izmēriem (Stokland and Larsson, 2011). Jo lielākas atliekas, jo lielāka sugu daudzveidība (Jonsson et al., 2005).

Iespējams, ka sugu sastopamību ietekmē arī apkārt esošā atmirusī koksne. Kā noskaidrots citu autoru pētījumos, ja svaigām atliekām un celmiem blakus ir vecākas atliekas, tad pastāv iespēja, ka svaigās atliekas un celmi tiek kolonizēti ar sēnēm, kas atrodamas vecākajās atliekās (Lindhe et al. 2004). Mežos, kur ir daudz atlieku, arī sēņu daudzveidība ir lielāka nekā audzēs, kur mirušās koksnes ir maz (Jonsson et al. 2005). Somijā veiktos pētījumos konstatēts, ka pastāv būtiska saistība starp sēņu sugu daudzveidību un atmirušo koku skaitu un dimensijām, kā arī ar atmirušās koksnes dažādību (Penttila, 2004).

Liela nozīme sēnes auglķermeņu veidošanai ir laika apstākļiem gan vasarā, gan rudenī. Nelabvēlīgos apstākļos tie var neveidoties. Tāpat uzskaitīto sēņu sugu daudzumu ietekmē laiks, kad tiek veikts to novērtējums, jo daudzām sugām auglķermeņi sastopami īslaicīgi un nav konstatējami visa gada laikā, bet noteiktā periodā, turklāt iespējams katru gadu citā laikā. Īpaši tas attiecas uz cepurīšu sēnēm, kurām auglķermeņi samārā ātri sadalās. Zviedrijā veiktā pētījumā noskaidrots, ka pastāv atšķirības sēņu sugu sastāvā, ja mežizstrāde un atlieku atstāšana notiek dažādos gadalaikos. Lielāka koksni kolonizējošo sēņu dažādība uz atliekām novērota vasaras mēnešos (Vasiliaskas et al., 2005).

## 7.2. Auglķermeņu attīstība uz mazu dimensiju trupējušās egles koksnes

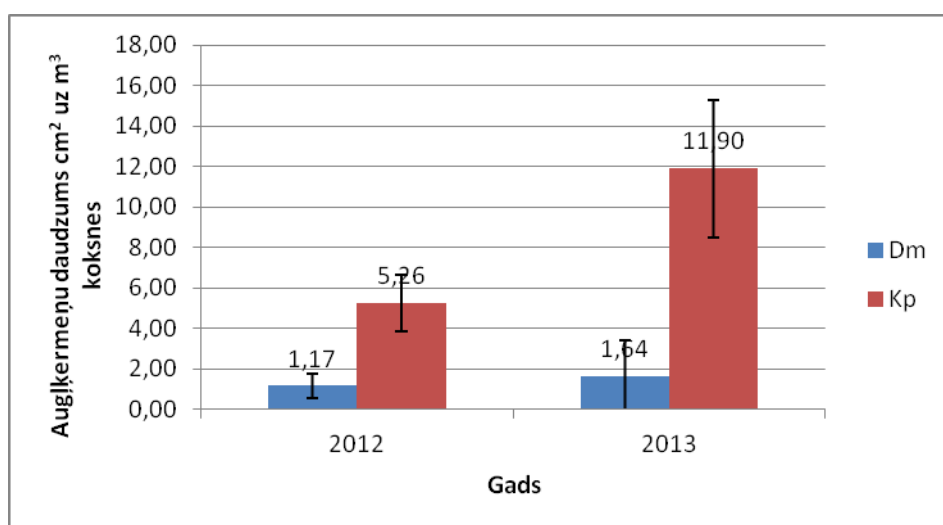
Lai noskaidrotu *H. annosum* auglķermeņu attīstību uz trupējušām maza diametra mežizstrādes atliekām, 2011. gada augustā Meža pētīšanas stacijas (MPS) Kalsnavas mežu novadā 13. kv. 12. nog. (kokaudzes sastāva formula: 10P114, lāns (Ln)) nozāģētas 42 trupējušās (inficētas ar *H. annosum*) paaugas egles (vecums 21-46 gadi) diametrā no 5 līdz 10,4 cm. Katram kokam noteikts trapes izplatīšanās augstums stumbrā, koka augstums un diametrs. Nozāģētie koki sadalīti 80 cm garos

nogriežņos līdz stumbra trupējušās daļas beigām. Katrai atliekai abos tās galos izmērīts diametrs un trupējušās daļas diametrs, kā arī tievgalī piestiprināta plastmasas plāksnīte ar koka un atliekas numuru. Atliekas pārvietotas uz MPS Kalsnavas mežu novada 139. kv. 1. nog. (platlapju kūdrēnis – Kp) un 139. kv., 2. nog. (damaksnis – Dm). Kp meža tipā izvietotas 31, un Dm – 30 atliekas. 2013. gada vasarā 25 no 30 atliekām, kas izvietotas Dm meža tipā, vairs nebija atrodamas. Katram celmam noteikta trapes intensitātes pakāpe līdzīgi kā eksperimentā ar lielu dimensiju mežizstrādes atliekām, kuru darba metodika detalizētāk apskatīta 2010. gada 6. etapa atskaitē „Sakņu trapes uzraudzība un ierobežošana skujkoku mežos”.

Visām atliekām gan 2012., gan 2013. gada augustā izmērīti sakņu piepes auglķermeņi atsevišķi tievgalī, resgalī un uz sānu virsmas. Iegūtie auglķermeņu laukumi pārrēķināti uz tilpuma vienību ( $\text{cm}^2/\text{m}^3$ ), kā arī aprēķināts auglķermeņu proporcionālais izvietojums uz atliekām.

## 7.2.1. Rezultāti

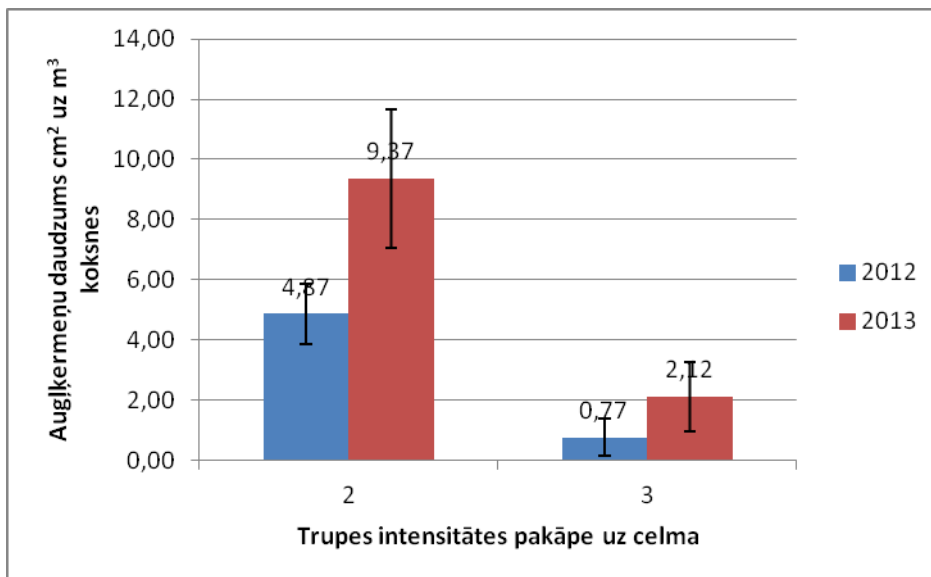
Iegūtie rezultāti parāda, ka divus gadus pēc atlieku atstāšanas mežā Kp meža tipā izveidojušies vidēji  $11,9 \text{ cm}^2$  auglķermeņu uz  $\text{m}^3$  koksnes (16. attēls). Tas ir 2,3 reizes vairāk nekā vienu gadu pēc atlieku atstāšanas mežā, kad konstatēti  $5,26 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ . Dm meža tipā 2012. gadā izveidojušies 1,17, bet 2013. –  $1,64 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ . Salīdzinot izveidojušos auglķermeņu laukumu Dm un Kp meža tipos, konstatēts, ka vienu gadu pēc atlieku izvietošanas parauglaukumā Kp meža tipā uz  $1 \text{ m}^3$  egles koksnes izveidojušos auglķermeņu laukums ir 4,5 reizes lielāks nekā Dm. Divus gadus pēc eksperimenta ierīkošanas šī atšķirība ir vairāk nekā 7 reizes, tomēr jāatzīmē, ka otrajā gadā Dm meža tipā auglķermeņu laukums rēķināts no 5 atliekām, jo 25 atliekas vairs nebija atrodamas, un paraugkopa varētu būt nepietiekama, lai droši balstītos uz Dm meža tipā iegūtajiem rezultātiem un izdarītu no tiem secinājumus.



16. attēls. Auglķermeņu laukums ( $\text{cm}^2$ ) uz vienu  $\text{m}^3$  atlieku tilpuma mazu dimensiju atliekām 2012. un 2013. gadā.

Eksperimentā tika izmantotas atliekas, kuras reprezentēja 2. vai 3. trapes intensitātes pakāpi uz celma, t.i. atliekas ar stipru koksnes krāsojumu (2) un izmainītu koksnes struktūru (3). Rezultāti parāda, ka visvairāk auglķermeņu veidojas uz atliekām, kurām ir 2. trapes intensitātes pakāpe uz celma jeb konstatēta izteikta koksnes krāsojuma maiņa (17. attēls). Salīdzinot ar 3. trapes intensitātes pakāpi, kur 2013. gadā izveidojušies  $2,12 \text{ cm}^2$  auglķermeņu uz  $\text{m}^3$  koksnes, tajā pašā gadā uz atliekām, kuru celmiem ir bijusi 2. intensitātes pakāpe, izveidojušies  $9,37 \text{ cm}^2/\text{m}^3$  jeb 4,4 reizes vairāk auglķermeņu. Kopumā 2012. gadā izveidojušies mazāk auglķermeņi nekā 2013. gadā. Uz 2. trapes intensitātes pakāpes atliekām veidojušies 6,3 reizes vairāk auglķermeņu nekā uz atliekām, kas reprezentē 3. sadalīšanās pakāpi, attiecīgi  $4,87$  un  $0,77 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ .

Atliekas, kuru celmam ir konstatēta tikai koksnes krāsojuma maiņa, ir mazāk trupējušas un sakņu piepe vēl nav patērējusi visas tur pieejamās koksnes struktūras. Trešās trapes intensitātes pakāpes atliekām koksne jau ir degradēta, barības vielu ir mazāk un tādēļ arī auglķermeņi veidojas mazāk.

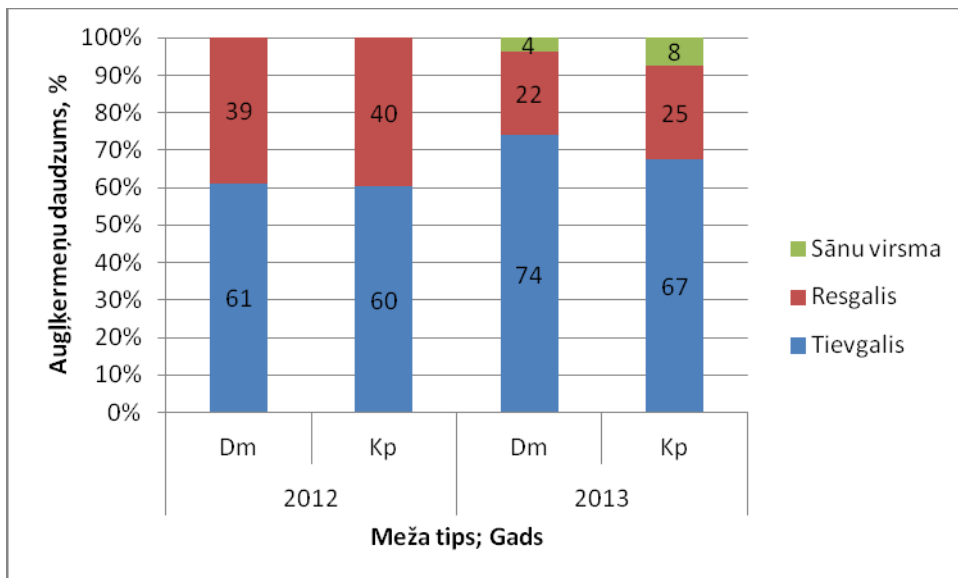


17. attēls. Augļķermeņu laukums ( $\text{cm}^2$ ) uz vienu  $\text{m}^3$  atlieku tilpuma atkarībā no trupes intensitātes pakāpes uz celma Kp meža tipā.

Vienu gadu pēc atlieku atstāšanas mežā *H. annosum* augļķermeņi konstatēti tikai uz zāģējuma virsmas (18. attēls). Augļķermeņu izvietojums uz atliekām gan Dm, gan Kp ir līdzīgs: Dm meža tipā 61%, bet Kp 60% augļķermeņu lokalizēti atlieku tievgalī (19. attēls), bet attiecīgi 39% un 40% - resgalī. Tā kā atlieku dimensijas nav lielas (diametrs no 5 līdz 10,4 cm), tad netika atsevišķi izdalīta atlieku apakšpuse un augšpuse.



18. attēls. Augļķermeņu attīstība uz mazu dimensiju trupējušas egles koksnes zāģējuma virsmas 2013. gadā Kp meža tipā.



19. attēls. *H. annosum* augļķermeņu izvietojums uz mazu dimensiju atliekām Kp un Dm meža tipos.

Salīdzinot iegūtos datus 2013. gadā, t.i. divus gadus pēc atlieku atstāšanas mežā, secināts, ka augļķermeņi sāk veidoties arī uz atlieku sānu virsmas. Kp meža tipā 8% augļķermeņu izvietojušies uz sānu virsmas, bet 92% - zāģējuma virsmas. Dm meža tipā uz sānu virsmas konstatēti 4% augļķermeņu. Tomēr kā jau minēts iepriekš, Dm meža tipā 25 no 30 atliekām otrajā gadā netika atrastas un paraugkopa varētu būt nepietiekama, lai novērtētu augļķermeņu attīstības dinamiku.

### 7.3. Secinājumi

Visvairāk jauno sporulējošo augļķermeņu uz lielu dimensiju mežizstrādes atliekām Kp meža tipā veidojas divus gadus pēc atlieku atstāšanas mežā –  $1242 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ . Dm meža tipā savukārt visvairāk jauno augļķermeņu ir trešajā gadā –  $1197 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ .

Atliekām ar mizas bojājumiem visvairāk augļķermeņu veidojušies divus gadus pēc atlieku novietošanas mežā –  $2123 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ , turklāt tie lokalizēti galvenokārt atlieku apakšpusē uz sānu virsmas. Četru gadu laikā uz atliekām ar mizas bojājumiem veidojas vidēji 1, 7 reizes vairāk augļķermeņu nekā uz atliekām bez mizas bojājumiem.

Visvairāk jauno sporulējošo augļķermeņu 2013. gadā ir uz celmiem ar otro trupējuma intensitātes pakāpi – vidēji  $490 \text{ cm}^2$  uz celma. No tiem vidēji  $386 \text{ cm}^2$  veidojušies uz celmu virszemes saknēm.

Salīdzinot ar 2012. gadu, 2013. gadā uz trupējušām atliekām konstatēts 1,3 reizes vairāk sēņu sugu, attiecīgi 44 un 58 sēņu sugas. Visbiežāk novērotas *H. annosum* un *Armillaria* sp. Dm meža tipā bieži konstatēta pret sakņu piepi antagoniskā *Phlebiopsis gigantea* – uz 36% atlieku.

Arī uz maza diametra atliekām *H. annosum* augļķermeņi intensīvi veidojas otrajā gadā. Salīdzinot ar liela diametra mežizstrādes atliekām Kp meža tipā divu gadu laikā uz  $1 \text{ m}^3$  mazo diametru atliekām izveidojušos *H.annosum* augļķermeņu laukums vidēji ir  $12 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ , bet uz liela diametra atliekām -  $1242 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ .

Kp meža tipā uz  $1 \text{ m}^3$  mežā atstātas mazo dimensiju trupējušas egles koksnes 1-2 gadu laikā izaugušo augļķermeņu laukums ir vidēji 5 reizes lielāks nekā Dm.



## 8. Sakņu trupi izraisošo sēņu sastopamība mākslīgi atjaunotās priežu jaunaudzēs Vecumnieku un Akmensraga iecirkņos

Lai novērtētu sakņu trupi izraisošo sēņu (*Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp.) sastopamību, 2013. gada rudenī apsekotas 18 priežu jaunaudzes (vecums - 6 - 16 gadi; platība: 0,4 – 3,6 ha) (5. pielikums).

Katrā objektā tika uzskaitīti visi nokaltušie un kalstošie koki (20. attēls).



20. attēls. Kaltušas *P. sylvestris* Vecumnieku iecirknī

Koki tika apsekoti pie sakņu kakla un atzīmēta *Heterobasidion annosum* s.l. un *Armillaria* sp. augļķermeņu (21., 22. attēls), micēlija vai rizomorfu sastopamība. Ja augļķermeņi, micēlijs vai rizomorfas netika atrasti, tad Vecumnieku iecirknī apsekotajās audzēs (13 objektos) tuvu pie sakņu kakla nozāgēja ripu, kuru divas nedēļas inkubēja laboratorijas apstākļos. Pēc inkubācijas, izmantojot Leica stereomikroskopu MZ 7.5 (pal. 10 x 1,25 – 10 x 4,0), pārbaudīja ripas virsmu un fiksēja *H. annosum* konīdijnesēju attīstību.



21. attēls. *Armillaria* spp. augļķermeņi Akmensraga iecirknī 295. kv., 14. nog.

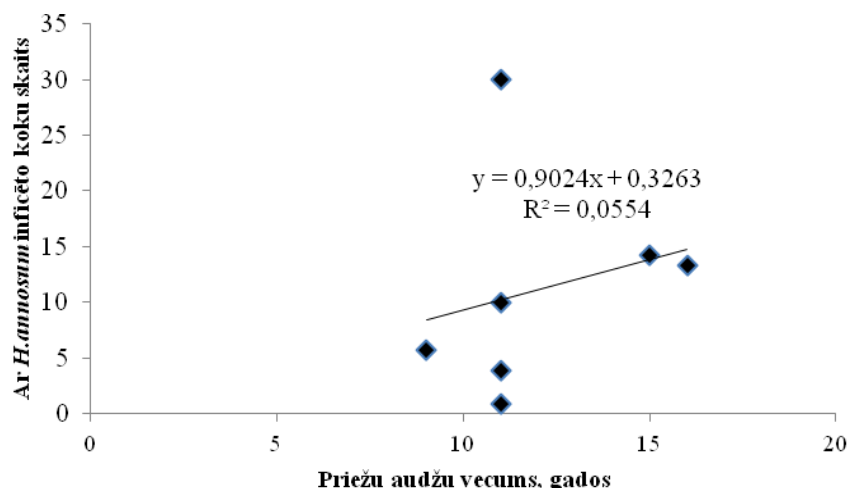


22. attēls. *Heterobasidion* spp. augļķermeņi Akmensraga iecirknī 297. kv., 5. nog.

Dažādos parauglaukumos kaltsū koku skaits bija ļoti atšķirīgs. Tikai vienā audzē netika konstatēti nokaltsū koki. Literatūrā minēts, ka skujkoku inficēšanās ar tādiem patogēniem kā, piemēram, *Heterobasidion annosum* var būt krasi atšķirīga. Sēnes attīstību ietekmē: audzes vecums (Lauska 1961; Greig 1998), audzes sastāvs (Lygis *et al.* 2004; Piri, Korhonen 2008) un augsnes īpašības (Vasiliauskas 1989; Bendz - Hellgren *et al.* 1999), kā arī apsaimniekošanai izvēlētās metodes (Lygis *et al.* 2004).

Četrpadsmit parauglaukumos no 18 analizētajiem 2013. gadā konstatēta *Armillaria* spp. No *Armillaria* spp. sugu kompleksa Eiropā sastopamās sugas: *Armillaria borealis*, *Armillaria ostoyae*, *Armillaria cepistepes*, *Armillaria tabescens*, *Armillaria mellea*, *Armillaria gallica* (Lygis 2005). *A. tabescens*, *A. gallica*, *A. borealis* un *A. cepistepes* galvenokārt atzīmēti kā lapu koku un skujkoku saprotrofi, bet *A. ostoyae* un *A. mellea* raksturots kā izteikts nekrotrofs. *A. ostoyae* saimniekaugi ir gan skujkoki, gan lapu koki. *A. ostoyae* Ziemeļu puslodē ir izplatītākais skujkoku patogēns no *Armillaria* spp. sugu kompleksa (Roll-Hansen 1985; Redfern *et al.* 1991; Hansen, Lewis 1997, Lygis 2005). Iegūtie dati liecina, ka Dienvidkurzemes mežsaimniecībā apsekotajās audzēs *Armillaria* spp. izplatījusies ļoti intensīvi (5. pielikums). Piemēram, 2012. gadā Dienvidkurzemes mežsaimniecības Akmensraga iecirkņa 295. kvartāla 6. nogabala atjaunotajā priežu jaunaudzē konstatētas 185 kaltsū priedes (Gaitnieks 2012), bet 2013. gadā šajā audzē konstatēta 231 kaltsū priede (115 no minētajām priedēm kalšanu izraisīja *Armillaria* spp). Iespējams, ka visi 2013. gadā nokaltsū koki jau ir inficēti ar *Armillaria* spp. - ir kolonizēta sakņu sistēma, bet simptomi vēl nav novērojami. M. Bendel un D. Rigling (Bendel, Rigling 2007) veiktā pētījumā ir noskaidrots, ka ar *A. ostoyae* inficētas *Pinus mugo* veiksmīgi var noteikt pēc zem mizas augošā baltā micēlija. Minētajā darbā atzīmēts, ka tādas pazīmes kā rizomorfu veidošanās ir vājš indikators, lai noteiktu *A. ostoyae* (Bendel, Rigling 2007). Rizomorfas galvenokārt veido *A. borealis* un *A. cepistepes* (saprotrofi) (Prospero *et al.* 2006). Lai noskaidrotu primāro koku kalšanas iemeslus Dienvidkurzemes mežsaimniecībā ierīkotajos parauglaukumos, nepieciešams noteikt *Armillaria* spp. sugas un pārbaudīt to sastopamību iepriekšējās ģenerācijas celmos.

Sakņu piepe ir bazidiomicēte, kas izraisa kokaugu sakņu trupī. Sēnes micēlijs var noārdīt kā dzīvu, tā nedzīvu koksni (Korhonen, Stenlid 1998). *H. annosum* tika konstatēts 15 no apsekotajām 18 atjaunotajām priežu jaunaudzēm. Inficēto koku skaits variēja no 1 līdz 30 (5. pielikums). Lielākais inficēto koku skaits konstatēts Vidusdaugavas mežsaimniecības Vecumnieku iecirknī 239 kv. un 236 kv. atjaunotajās 15 un 16 gadus vecās priežu jaunaudzēs. Šādu vecumu sasniedz arī Vidusdaugavas mežsaimniecības Vecumnieku iecirknī 238. kv. apsekotās audzes, bet tā kā tajās iepriekšējā gadā veikta kopšanas cirte - kaltsū un kalstošie koki varētu būt izvākti no audzes. Konstatēts, ka jaunākās audzēs ir mazāk inficēto koku (23. attēls). Lietuvā veiktos pētījumos konstatēts, ka pirmie infekcijas simptomi novērojami priežu audzēs 15-20 gadu vecumā, bet, pieaugot audzes vecumam, palielinās inficēto koku īpatsvars. Sakņu piepes bojājumu simptomi tika konstatēti 82% apsekoto 31 – 40 gadus veco priežu audžu (Vasiliauskas 1989). Īpaši intensīva var būt *H. annosum* izraisītās infekcijas izplatība, ja audzēs veikta kopšana un tās stādītas lauksaimniecības zemēs (Lygis *et al.* 2004).



23. attēls. Ar *H.annosum* inficēto koku skaits atkarībā no vecuma (netiek ņemtas vērā audzes, kurās divu gadu laikā veikta kopšanas cirte, dati no Vecumnieku iecirkņa).

Lai izvairītos no *H. annosum* infekcijas *P. sylvestris* un *P. abies* atjaunotajās meža audzēs, literatūrā ieteiktas dažādas rekomendācijas: pēc iespējas mazāk veikt sastāva kopšanas cirtes, veidot mistraudzes ar lapu kokiem (Lygis *et al.* 2004; Piri, Korhonen 2008), izvākt iepriekšējās ģenerācijas trupējušos celmus, kas ir infekcijas avots nākošās ģenerācijas kokiem (Cleary *et al.* 2012). Ņemot vērā, ka *Armillaria spp.* izplatās līdzīgā veidā kā *Heterobasidion spp.* – *Armillaria spp.* izplatību veicina sporas, micēlijs un rizomorfu attīstība (Shaw III, Klie 1991; Sinclair, Lyon 2005; Woodward *et al.* 1998), iepriekš minētie ieteikumi *H. annosum* izplatības samazināšanai attiecināms arī uz *Armillaria spp.* Jaunākajos pētījumos pierādīts, ka celmu izvākšana *Pseudotsuga menziesii* audzēs veiksmīgi novērš *A. ostoyae* izplatību, salīdzinot ar kontroli, kur celmi netika izvākti (Cleary *et al.* 2012). Turpmāk paredzēts novērtēt sakņu trupi izraisošo sēņu attīstības dinamiku Dienvidkurzemes mežsaimniecībā Akmensraga iecirknī un Vidusdaugavas mežsaimniecības Vecumnieku iecirkņa 292. kv., 7. nog. Nepieciešams novērtēt arī infekcijas attīstības tendences un skujkoku rezistenci ietekmējošos faktorus. Nepieciešams detalizēti novērtēt iepriekšējās ģenerācijas celmu ietekmi uz *H. annosum* un *Armillaria spp.* izplatību.

### 8.1. Secinājumi

1. Apsekotajās priežu jaunaudzēs konstatēti 1 - 30 ar *H.annosum* inficēti koki un 1 - 306 ar *Armillaria spp.* inficēti koki. Ar *H. annosum* inficēto koku skaits palielinās, palielinoties audzes vecumam.
2. Tikai vienā priežu audzē netika atrasts neviens nokaltis koks.

## 9. Latvijas izcelsmes priežu brīvapputes pēcnācēju stādījumu apsekošana, lai noskaidrotu to inficētību ar *Heterobasidion annosum*

Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas mežu novadā atkārtoti tika pārbaudīts 1980. gadā ierīkotais eksperimentālais stādījums (parastās priedes pēcnācēju stādījums) - eksperiments Nr. 235 (pirmo reizi *H.annosum s.l.* izplatība šajā stādījumā analizēta 2008. gadā - 2008. un 2009. gada „Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” starpatskaite (Gaitnieks 2008; Gaitnieks 2009)). Objekta koordinātas 55<sup>0</sup>40'Z. pl. 25<sup>0</sup>57'A. gr. Pārskata periodā pārbaudīti seši atkārtojumi; apsektas 988 parcelas (katrā parcelā sākotnēji bija astoņi koki, kas stādīti metra attālumā, attālums starp rindām 2 metri). Netika apsektas septītais un astotais atkārtojums, jo nebija iespējams izdalīt stādmateriāla variantus. Stādmateriāls – viengadīgi priežu kailsakņi - iestādīti meža augsnē (iepriekšējā ģenerācija *P. sylvestris*). Stādmateriāla izcelsme: Bauskas, Dundagas, Jaunjelgavas, Jēkabpils, Kalsnavas, Kokneses, Lubānas, Mazsalacas, Rīgas-Jūrmalas, Smiltenes, Strenču, Tukuma un Ugāles bijušās mežrūpniecības saimniecības pluskoku stādījumi (MRS).

### 9.1. Metodika

*Heterobasidion annosum s.l.* klātbūtne noteikta, novērtējot koku vainagu stāvokli, kā arī analizējot auglķermeņu sastopamību. Katrā parcelā tiek nozāģēti stāvoši vai izgāzti nokaltuši koki. Kaltušie koki nozāģēti, no tiem paņemtas apmēram 3 cm biezas ripas, iespējami tuvāk sakņu kaklam. Ripas nogādātas LVMI „Silava”, kur tika veikta paraugu turpmākā analīze un paraugi uzglabāti + 4<sup>0</sup>C temperatūrā.

Ripas tika nomizotas un nomazgātas ar birsti zem tekoša krāna ūdens, pēc tam no ripām notecināja lieko ūdeni. Ripas ievietoja polietilēna maisos, atstājot maisu galus vaļā, lai nodrošinātu tajos gaisa cirkulāciju. Maisus ar ripām stāvus ievietoja kastēs un inkubēja 5 - 7 dienas istabas temperatūrā. Pavisam tika ievāktas 512 ripas no kaltušiem kokiem. Ripas ievāktas no 299 parcelām. Analizētajām ripām bija dažāda sadalīšanās pakāpe (24. attēls).



24. attēls. Koksnes ripas dažādās sadalīšanās pakāpēs

Uz katras ripas nostiprināja plastmasas režģi (rūtiņas izmērs 0,7 cm x 0,7cm) un ar flomasteri atzīmēja rūtiņas, kurās konstatēja *H. annosum* konīdijnesējus. Tika izmantots *Leica* stereomikroskops MZ 7.5 (pal. 10 x 1,25 – 10 x 4,0). Tika pārbaudīta katra ripa, lai konstatētu *H. annosum* konīdijnesējus (25., 26. attēls). Atrodot *H. annosum* konīdijnesējus, tie ar smalku pinceti pārnesti uz Petri platēm un uzsēti uz iesala agara barotnes. No katras ripas konīdijnesēji tika uzsēti 10 atkārtojumos (2 platēs pa pieciem uz katras).



25. attēls. Ar *H. annosum* inficēta ripa pēc 7 dienu inkubācijas



26. attēls. *H. annosum* konīdijnesēji - iedaļas vērtība 1 mm

Lai noskaidrotu, vai no koksnes ripām iegūtie izolāti pieder vienam genotipam, katra *H. annosum* izolāta tīrkultūras gabaliņu ar liesmā nosterilizētu adatu pārnesa Petri platē uz iesala agara barotnes. Pēc tam uz šīs pašas Petri plates pārnesa divus agara gabaliņus ar citiem *H. annosum* izolātiem un novietoja 1 - 1,5 cm attālumā no uzliktās kultūras. Kultūras piederību konkrētam genotipam noteica trīs nedēļu laikā, novērojot demarkācijas jeb konfrontācijas līniju starp kultūrām (Stenlid 1985).

Pēc *H. annosum* genotipu izdalīšanas iespējama to kartēšana un genotipu robežu noteikšana stādījumu shēmā.

## 9.2. Rezultāti un diskusija

*H. annosum* infekcija konstatēta 102 parcelās uz 140 ripām. Uz neinficētajām ripām tika konstatētas tādas ar *H. annosum s.l.* konkurējošās sēnes kā *Trichoderma* sp. un *Phlebiopsis* sp. (27. attēls). Pētījumā 2008. gadā *H. annosum* izraisītā infekcija konstatēta 166 kokiem (24 no inficētajiem kokiem atzīmēti 7. un 8. atkārtojumā, ko mēs neapsekojām 2013. gadā). Tātad piecu gadu laikā inficēto koku skaits apsekotajos sešos atkārtojumos palielinājies par 140 kokiem. Audze jau ir sasniegusi 33 gadu vecumu, kā liecina citu autora pētījumi *Pinus* ģints audzēs, kas jaunākas par 35 gadiem, *H. annosum s.l.* infekcija izplatās ļoti ekspansīvi. Savukārt, audzēm kļūstot vecākām, infekcijas izplatīšanās ātrums stabilizējas (Hodges 1969), tāpēc sagaidāms, ka turpmāk *H. annosum* izplatība kļūs mazāk intensīva. No otras puses, kokiem kļūstot vecākiem, palielinās to sakņu sistēma un līdz ar to lielāka ir iespēja inficēties ar *H. annosum* sakņu kontaktu ceļā (Swedjemark, Stenlid 1993). Līdz ar to, lai raksturotu *H. annosum* izplatīšanās dinamiku nepieciešami turpmāki novērojumi.



27. attēls. *Phlebiopsis* sp. uz *H. annosum* neinficētas koksnes ripas

Visvairāk *H.annosum* inficēto ripu konstatētas otrajā atkārtojumā (30 inficētas ripas). Pārējos atkārtojumos inficēto ripu skaits bija 9 – 25. Salīdzinot stādījumu variantus, 2008. gadā kā uzņēmīgākie stādījumu varianti pret *H. annosum* infekciju atzīmēti *Jē10*, *Jē11*, *Ma<sub>sv</sub> 2*, *Sm9*, *Str14*,

Tu16 un Ka19 (stādījuma variantu atšifrējums atrodams 6. pielikumā). Kā uzņēmīgākie stādījumu varianti pret *H.annosum* infekciju 2013. gadā noteikti Ja10, Ka18, Ka19 Ma<sub>sv</sub> 12, Ma<sub>sv</sub> 13 (7. pielikums). Kritērijs - koksnes ripas inficētas vismaz trijos no sešiem pārbaudītajiem atkārtojumiem (2008. gadā izmantots kritērijs – inficētas divas parcelas (Gaitnieks 2008)). Gan 2008., gan 2013. gadā Ka 19 stādmateriāls atzīmēts kā uzņēmīgs pret *H. annosum* s.l. Arī Z. Spalviņš un autoru kolektīvs (Спалвиньш, *u dp.* 1989) konstatēja, ka *P. sylvestris* uzņēmība pret *H. annosum* s.l. ir ļoti atšķirīga - vienas sugas pārstāvji ar dažādu izcelsmi nereaģē vienādi pret *H. annosum* infekciju. Salīdzinot vietējas izcelsmes *P. sylvestris* ar Vācijas un Polijas provenienci pēcnācējiem, noskaidrots, ka vietējās ir izturīgākas pret sakņu trupī izraisošajām sēnēm, tādām kā *Armillaria spp.* un *H. annosum* (Спалвиньш, *u dp.* 1989). Secināms, ka pret *H. annosum* uzņēmīgāko stādmateriālu nav ieteicams stādīt meža augsnes, kur atrodami trupējuši iepriekšējās ģenerācijas celmi, jo *H. annosum* s.l. izplatās sakņu kontaktu ceļā (Cleray *et al.* 2012).

Priežu brīvapputes pēcnācēju stādījumā 2013. gadā sešos pārbaudītajos atkārtojumos konstatēts, ka attīstījušies 22 jauni *H.annosum* genotipi. 2013. gadā no 140 inficētajām priedēm 87,8% gadījumu infekcija izplatījies sakņu kontaktu ceļā (viens *H.annosum* genotips atrasts vairākās priedēs). Septiņpadsmit gadījumos tika konstatēti atsevišķi mazi genotipi, kas iekļāva vienu koku, visticamāk koki inficēti iepriekš, taču simptomi attīstījušies lēni un 2008. gadā vēl nebija novērojami. Konstatēts, ka 111 koki (79,3% no 2013. gadā analizētā materiāla) ir inficēti ar kādu no 2008. gadā izdalītajiem *H. annosum* s.l. genotipiem. Pētījumā visos analizētajos astoņos stādmateriāla atkārtojumos 2008. gadā kopā izdalīti 39 genotipi, bet sešos atkārtojumos - 25 genotipi. Kopējais genotipu skaits sešos atkārtojumos 2013. gadā - 47 genotipi. Izdalīto genotipu robežas ir mainījušās (8.,9. pielikums), tomēr lielākā *H.annosum* genotipa maksimālais diametrs nav palielinājies. Analizējot genotipu daudzveidību, jāņem vērā G. Swedjemark un J. Stenlid secinājumi, ka pirms nonākšanas vesela koka saknēs heterokariotisks micēlijs var rekombinēt savu ģenētisko materiālu un izveidot jaunu genotipu (Swedjemark, Stenlid 1993). Ja nenotiktu genotipa rekombinācija, genotipu robežas varētu būt vēl plašākas - genotipa aizņemtais laukums varētu būt vēl lielāks.

Analizējot genotipu robežas, iespējams noteikt pret *H.annosum* infekciju izturīgākos stādījumu variantus. 1. tabulā raksturoti stādījumu varianti, kuros nebija konstatēti inficēti koki, un parcelas *H. annosum* genotipu robežās (atsevišķu genotipu robežās atzīmētas vismaz trīs vai vairāk neinficētas parcelas (2009. gada atskaitē kā rezistentākie raksturoti varianti, kur neinficētas 2 vai vairāk parcelas (15. tabula)).

15. tabula. Pret *H.annosum* infekciju izturīgākie stādījumu varianti 2013. gadā.

Stādījumu variants	Parcelu skaits	Stādījumu variants	Parcelu skaits
Ja16	3	Ma12	3
Ja17	3	Ma16	5
Ja21	4	Ma6	4
Ja24	3	Masv 24	3
Ja25	3	R-J2	3
Ja6	4	R-J3	3
Ja7	5	Sm24	3
Ja8	5	Sm30	3
Jē8	3	Sm5	6
		Str18	3

Līdzīgi kā iepriekšējā pētījumā (Gaitnieks 2009), arī 2013. gadā konstatējām, ka par visrezistentākajiem stādījumu variantiem pret *H.annosum* infekciju var uzskatīt Jaunjelgavas mežniecībā atlasīto pluskoku pēcnācējus (15. un 16. tabula). Tieši šie brīvapputes pēcnācēju varianti visvairāk uzskaitīti neinficētajās parcelās *H.annosum* genotipu robežās.

16. tabula. Pret *H. annosum* infekciju izturīgākie stādījumu varianti 2008. gadā (Gaitnieks 2009).

Stādījumu variants	Parcelu skaits	Stādījumu variants	Parcelu skaits
Dundaga 12	3	Lubāna 3	2
Jaunjelgava 19	4	Lubāna 4	2
Jaunjelgava 4	3	Lubāna 7	2
Jaunjelgava 10	2	Mazsalaca <sub>sv</sub> 3	2
Jaunjelgava 21	6	Mazsalaca 16	5
Jaunjelgava 23	5	Mazsalaca 6	3
Jaunjelgava 3	2	Mazsalaca 7	3
Jaunjelgava 5	2	Mazsalaca <sub>sv</sub> 14	2
Jaunjelgava 6	3	Mazsalaca <sub>sv</sub> 15	2
Jaunjelgava 7	5	Mazsalaca <sub>sv</sub> 18	2
Jēkabpils 3	2	Rīga-Jūrmala-2	4
Jēkabpils 9	2	Rīga-Jūrmala-3	2
Jēkabpils 14	2	Smiltene 28	2
Jēkabpils 2	2	Smiltene 3	2
Jēkabpils 8	3	Smiltene 8	3
Kalsnava(MPS) 21	3	Smiltene <sub>sv</sub> 5	2
Koknese 2	3	Strenči 13	2
		Strenči 18	3

Protams, pastāv varbūtība, ka daļa šo stādījumu variantu ir inficēti ar *H. annosum*, tomēr pagaidām vēl nav novērojamas ārējas infekcijas pazīmes. To pierāda arī 22 jauno - 2013. gadā konstatēto *H. annosum* genotipu attīstība. Audzē nav veikta mežsaimnieciskā darbība, kas varētu veicināt jaunu infekcijas centru veidošanos, tātad *H.annosum* izraisītie simptomi kokos attīstījušies vairākus gadus pēc to inficēšanas. *H. annosum* veģetatīvo ietekmē dažādi faktori. Literatūrā minēts, ka veģetatīvā izplatīšanās ir atkarīga no augšanas apstākļiem, koka individuālās rezistences (Stenlid, Redfern 1998; Bendz - Hellgren *et al.* 1999), sakņu kontaktu daudzuma (Piri 2003a) un audzē esošo koku sugu sastāva (Arhipova u.c. 2010; Lygis *et al.* 2004a). *H. annosum s.l.* micēlija attīstību skujkoku koksne ietekmē arī citu koksni kolonizējošo sēņu konkurence (Hodges, 1969; Stenlid, Redfern 1998). Tāpēc parastās priedes pēcnācēju stādījumus nepieciešams apsekot arī turpmāk. Lai pārbaudītu, vai variantiem, kuri uzrāda lielāku „rezistenci”, nav inficēta sakņu sistēma, nepieciešams ievākt paraugus no saknēm. Vēlams turpināt Jaunjelgavas mežniecībā atlasīto pluskoku pēcnācēju rezistences pārbaudi gan stādu, gan pieaugušu koku līmenī, līdz ar to nepieciešams ievākt rezistentāko pluskoku sēklu materiālu.

### 9.3. Secinājumi

1. Piecu gadu laikā *H. annosum s.l.* izplatība parastās priedes pēcnācēju stādījumā bijusi ļoti ekspanzīva, no jauna inficēti 140 koki, *H. annosum s.l.* genotipu skaits sešos atkārtojumos palielinājies no 25 līdz 47.
2. 2013. gadā līdzīgi kā iepriekšējā pētījumā 2009. gadā kā rezistentākie pret *H. annosum* atzīmēti Jaunjelgavas pluskoku pēcnācēji.

## 10. *Heterobasidion annosum* s.l. infekcijas novērtējums Klinškalnu un parastās priedes stādījumos

2010. un 2012. gadā, apsekojot *P. contorta* un *P. sylvestris* stādījumus, kas ierīkoti Vidusdaugavas mežsaimniecībā Vecumnieku iecirknī, tika noskaidrots, ka lielāku rezistenci pret *H. annosum* uzrāda *P. sylvestris*, salīdzinājumā ar *P. contorta*. Secināts, ka Klinškalnu priedes provenienci Summit Lake raksturo lielāka rezistence, salīdzinājumā ar proveniencēm Pink Mountain un Fort Nelson. Vidusdaugavas mežsaimniecībā, Vecumnieku iecirknī ierīkotais parauglaukums apsekots atkārtoti, lai salīdzinātu *H. annosum* genotipu izplatības robežas un noteiktu sakņu piepes attīstības dinamiku, un skujkoku uzņēmību pret *H. annosum*.

### 10.1. Materiāls un metodes

#### 10.1.1. Empīriskā materiāla raksturojums

*P. contorta* eksperimentālais stādījums Vidusdaugavas mežsaimniecībā Vecumnieku iecirknī (196. kv., 12. nog.) ierīkots 1985. gadā. Objekta koordinātas - 56°41'6 Z.pl. un 24°27'43 A.g. Audzes sastāvs: 10 Citas P,+P, meža tips – mētrājs. Stādījumos analizētas trīs *Pinus contorta* var. *latifolia* proveniencas - Pink Mountain, Fort Nelson, Summit Lake un viens *P. sylvestris* (nezināmas izcelsmes) variants. Iepriekšējās audzes koki (*P. sylvestris*) izcirsti 1983. / 1984. gadā. Iepriekš atsevišķu koku ciršana veikta 2009. / 2010. gada ziemā, kad nocirsti paraugkoki to biomasas noteikšanai, un 2010. un 2012. gadā, kad no kalnušiem kokiem tika ievāktas ripas, lai pārbaudītu audzes inficētību ar sakņu piepi. Vidusdaugavas mežsaimniecībā eksperimentālo stādījumu parauglaukuma katrā parcelā sākotnēji ir bijuši 60 koki, attālums starp kokiem 1 metrs, starp rindām – 2 metri. Pārbaudītas 64 parcelas.

#### 10.1.2. Lauku darbu metodika

Iespējamā *Heterobasidion annosum* klātbūtne noteikta, novērtējot koku vainagu stāvokli un konstatējot *H. annosum* augļķermeņus uz sakņu kakla (28. attēls) un saknēm. Apsekoti un uzskaitīti, kā arī atzīmēti kartē visi kalnušie, izgāztie un nolauztie koki.

Visi kalnušie koki un koki, kuriem konstatēti augļķermeņi, tika nozāģēti, un no tiem, pēc iespējas tuvāk sakņu kaklam, paņemtas apmēram divus līdz trīs cm biezas ripas. Ripas ievāktas 18 parcelās no 23 kokiem. Atrastie *H. annosum* augļķermeņi tika nolasīti no kokiem un ievietoti polietilēna maisiņos. Augļķermeņi un ripas uzreiz tika nogādātas LVMI „Silava”, kur paraugi uzglabāti + 4°C temperatūrā un veikta paraugu turpmākā analīze.

Tika ievākti koksnes paraugi arī no 20 iepriekšējās ģenerācijas celmiem (29. attēls), lai varētu noteikt, vai tie ir bijuši inficēti ar *H. annosum*. No katra celma ar cirvi izcirstas koksnes skaidas un ievietotas polietilēna maisiņos. Katrs celms, no kura paņemts paraugs, tika numurēts un atzīmēta tā atrašanās vieta stādījuma shēmā.



28. attēls. *H. annosum* augļķermeņi uz *P. contorta* sakņu kakla.



29. attēls. Iepriekšējās ģenerācijas *P. sylvestris* celms.



### 10.1.3. Kamerālo darbu metodika

Ievāktās *P. contorta* un *P. sylvestris* ripas laboratorijā tika nomizotas un zem tekoša krāna ūdens ar birsti nomazgātas, pēc tam no ripām notecināja lieko ūdeni. Tās ievietoja polietilēna maisos, atstājot maisu galus vaļā, lai nodrošinātu tajos gaisa cirkulāciju. Maisus ar ripām stāvus ievietoja kastēs un inkubēja 5 - 7 dienas istabas temperatūrā.

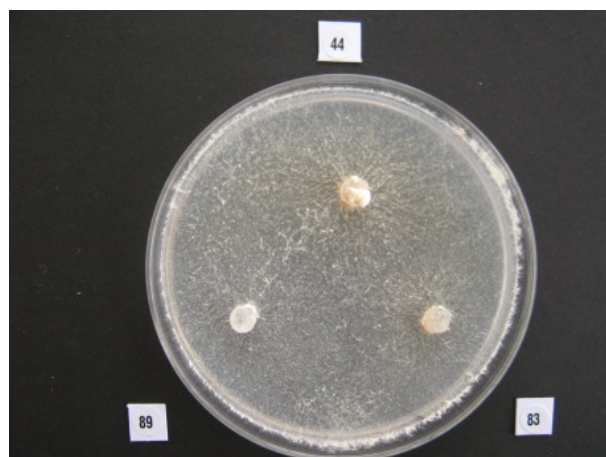
Uz katras ripas tika piestiprināts plastmasas režģis ar rūtiņu izmēru 0,7 cm x 0,7cm un ar flomasteri atzīmēja rūtiņas, kurās konstatēja sakņu piepes konīdijnesējus. Izmantots Leica stereomikroskops MZ 7.5 (pal. 10 x 1,25 – 10 x 4,0). Atrodot *H. annosum* konīdijnesējus (atsevišķus vai grupās), tie ar pinceti pārnesti uz Petri platēm un uzsēti uz iesala agara barotnes. No katras ripas konīdijnesēji tika uzsēti 10 atkārtojumos (2 platēs pa pieciem uz katras). Pēc 3 un 7 dienām plates mikroskopētas, lai izdalītu *H. annosum* tīrkultūras.

Lai noskaidrotu, vai no koksnes ripām iegūtie izolāti pieder vienam genotipam (ģenētiski atšķirīgs vai vienāds micēlijs), katra *H. annosum* izolāta tīrkultūras gabaliņu ar liesmā nosterilizētu adatu pārnesa Petri platē uz iesala agara barotnes. Pēc tam uz šīs pašas Petri plates pārnesa divus agara gabaliņus ar citiem *H. annosum* izolātiem un novietoja 1,5 - 2,5 cm attālumā no uzliktās kultūras. Kultūras piederība konkrētam genotipam tika noteikta trīs nedēļu laikā, novērojot demarkācijas jeb konfrontācijas līniju starp kultūrām (30.,31. attēls).

Koksnes paraugi no celmiem tālāk apstrādāti laboratorijā, kur no katra parauga ar skalpeli izgriezti koksnes gabaliņi - 25 mm x 5 mm. Pēc tam koksnes gabaliņi dezinficēti liesmā un uzlikti uz iesala agara barotnes. Pēc 14 dienu inkubācijas istabas temperatūrā, katra plate tika apskatīta, izmantojot mikroskopu Leica DM4000b (palielinājums 100 reizes), lai konstatētu *H. annosum* konīdijnesējus un iegūtu tīrkultūras.



30. attēls. *H. annosum* izolāti 1, 15, 16 pieder dažādiem genotipiem.



31.attēls. *H. annosum* izolāti 44, 83, 89 pieder vienam genotipam.

Pēc *H. annosum* genotipu izdalīšanas, iespējama to kartēšana un genotipu robežu noteikšana stādījuma shēmā.

Lai noteiktu augļķermeņu laukumu, tie laboratorijā tika pārzīmēti uz caurspīdīgas A4 formāta plēves. Augļķermeņu laukums tika aprēķināts, izmantojot planimetru PLANIX S10 „Marble”. Ierīce tika noregulēta liektas līnijas garuma mērīšanai (funkcija Stream Area).

## 10.2. Rezultāti un diskusija

### 10.2.1. *H. annosum* genotipu analīze Vidusdaugavas mežsaimniecībā ierīkotajā parauglaukumā

Atkārtoti 2013. gadā apsekojot Vidusdaugavas mežsaimniecībā ierīkoto parauglaukumu, *H. annosum* izraisītā infekcija konstatēta 16 *P. contorta* parcelās 21 kokam - no šiem kokiem izdalīti 20 *H. annosum* izolāti - un vienā *P. sylvestris* parcelā - vienam kokam, šis izolāts ir izdalīts. *P. contorta*

stādījumos inficēto koku skaits trīs gadu laikā palielinājies no 7,93% līdz 10,00% (2010. gadā konstatēti 192 ar *H. annosum* inficēti koki (183 izolāti), 2012. gadā konstatēti 29 inficēti koki (izdalīti 28 izolāti)). Veicot *H. annosum* genotipu salīdzināšanu, konstatēts, ka *P. contorta* stādījumos gada laikā attīstījies viens jauns *H. annosum* genotips, kas iekļauj tikai vienu ar *H. annosum* inficētu koku (32. attēls). Mūsu iegūtie dati liecina, ka *H. annosum* infekcija varētu būt izplatījusies ar sakņu piepes micēliju (no inficētiem iepriekšējās ģenerācijas celmiem).

Atkārtoti 2013. gadā pārbaudot iepriekšējās ģenerācijas celmus, no viena celma saknēm izdalīts *H. annosum s.l.* micēlijs (genotips iekļauj četrus kokus). Literatūras avotos minēts, ka, piemēram, augošu egļu (*Picea abies*) saknēs infekcijas izplatība nav lielāka par 0,09 m gadā, bet celmu saknēs - 0,25 m gadā (Bendz-Hellgren 1999). Līdzīgā pētījumā noteikts, ka *Pinus ponderosa* un *Juniperus occidentalis* mistraudzēs infekcijas centra palielināšanās ik gadu vidēji ir 0,217 m gadā (Slaughter, Parmeter 1995), tomēr literatūrā sastopamas norādes, ka *Pinus* ģints kokos *H. annosum* izplatība sasniedz pat 2,1 m gadā (Hodges 1969). Literatūrā minēts, ka *H. annosum s.l.*, kolonizējis celmu, var tajā saglabāties pat 62 gadus (Greig, Pratt 1976). Latvijā dzīvotspējīgs *H. annosum s.l.* micēlijs izdalīts no 45 gadus veca *P. abies* celma (T. Gaitnieks, npublicēti dati).

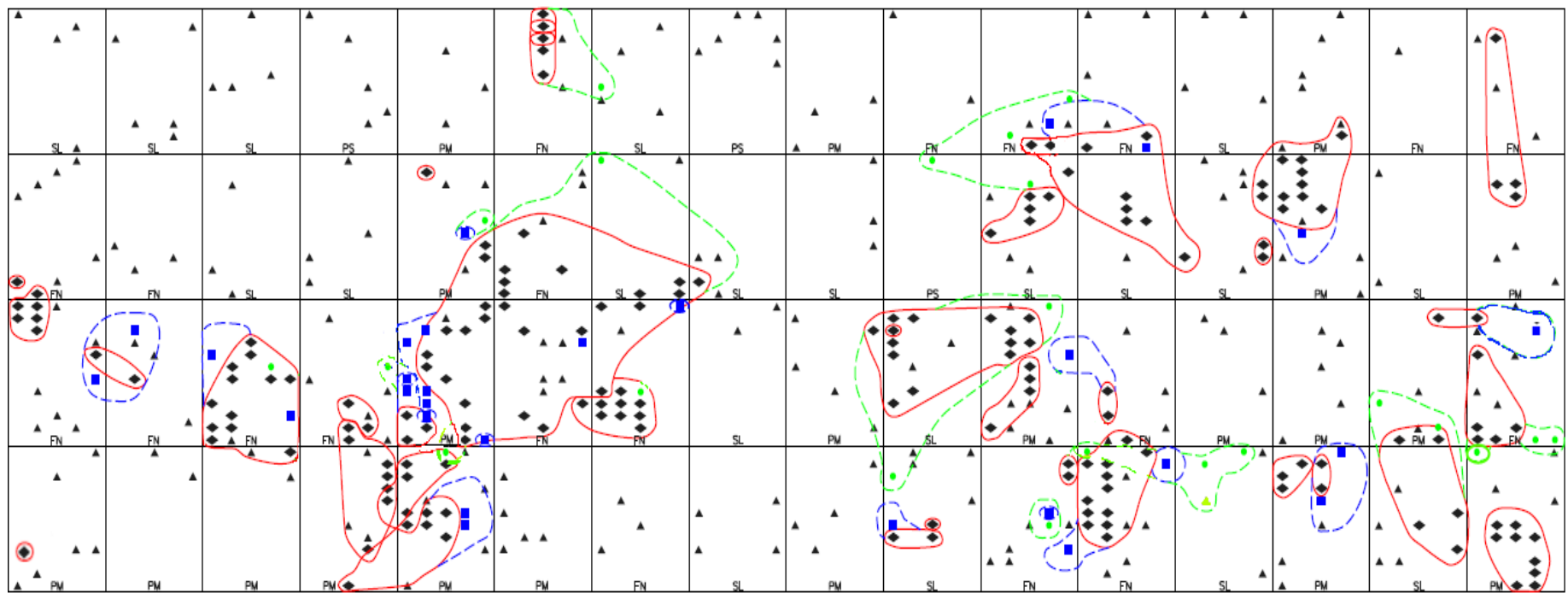
Konstatēts, ka rindā stādiem kokiem, aptuveni 22% inficēto sakņu kontaktu vietās inficē blakus augošos kokus (Morrison, Johnson 1994). Jau iepriekš minētajā pētījumā secināts, ka pat ja micēlijs celmos aiziet bojā, tas ir jau paspējis izplatīties tālāk saknēs un vēlāk inficē tuvāk augošos kokus (Morrison, Redfern 1994). Piri T. (2003) secina, ka, ja iepriekšējās ģenerācijas *P. abies* audzē 20% koku ir inficēti, tad 20 gadus vecā *P. abies* jaunaudzē, kas stādīta inficētās *P. abies* audzes vietā, infekcija būs novērojama 9-11% audzē esošo koku. Diemžēl mums nav zināma precīza informācija par iepriekšējā ģenerācijā inficēto celmu īpatsvaru, tomēr ikvienam no analizētajiem genotipiem tā perimetrā vai genotipa robežās tika atrasts iepriekšējās ģenerācijas celms vai to grupas (31. attēls). Lai gan Somijā veiktajā pētījumā analizēta sakņu piepes izplatību egļu audzē, tomēr attiecinot somu zinātnieku aprēķinus (Piri 2003) uz mūsu pētījumu, varam secināt, ka iepriekšējā ģenerācijā ar *H. annosum* iespējams bijis inficēts gandrīz katrs piektais celms.

Kopējais *H. annosum* genotipu skaits 2013. gadā – 43 un to robežas variē no 1 - 39 m (4. attēls). Kopš 2010. gada lielākā genotipa maksimālais diametrs ir palielinājies no 32 m līdz 39 m. Divdesmit 2013. gadā iegūtie izolāti iekļaujas kādā no 2010. vai 2012. gadā konstatētajiem *H. annosum* genotipiem. Lielākais genotips 2010. gadā iekļāva 29 kokus, 2012. gadā - 34 kokus, bet 2013. gadā jau 36 kokus. Apsekojot audzi 2013. gadā, konstatēts, ka samazinājies samērā sīku (2-3 koki) genotipu skaits. Ja 2010. gadā minēto genotipu skaits bija 12 jeb 33% no kopējā genotipu skaita, 2013. gadā konstatēti 9 šādi genotipi (17. tabula).

17. tabula. *H. annosum* genotipu skaita dinamika 2010., 2012. un 2013. gadā

Gads	<i>H. annosum</i> genotipi, %, kas iekļauj 1 koku	<i>H. annosum</i> genotipi, %, kas iekļauj 2 - 3 kokus	<i>H. annosum</i> genotipi, %, kas iekļauj 4 - 9 kokus	<i>H. annosum</i> genotipi, %, kas iekļauj vairāk kā 9 kokus	Kopējais <i>H. annosum</i> genotipu skaits
2010	20	33	29	18	34
2012	31	21	31	17	42
2013	26	21	35	19	43

No 232 analizētajām *P. contorta* un *P. sylvestris* sakņu piepe izplatījusies sakņu kontaktu ceļā 95,2% gadījumu. Salīdzinot ar 2010. un 2012. gada datiem vērojama tendence pieaugt koku skaitam, kas inficēti sakņu kontaktu ceļā. Vidēji vienā genotipā konstatēti 5,30 koki, bet iepriekš 5,02 koki (Gaitnieks 2012). Somijā veiktā pētījumā 8 – 14 gadus vecos *P. contorta* stādījumos vidēji vienā genotipā atzīmēti 2,0 koki, *P. sylvestris* stādījumos 1,2 koki (Piri 1996). Atšķirības iespējams saistītas ar minēto audžu koku vecumu (30 gadi mūsu eksperimentā, bet Somijas pētījumā izmantotas tikai 8-14 gadus vecas audzes), kā arī ar to, ka Somijā stādījumi ierīkoti platībās, kur iepriekš augušas ar *H. annosum* inficētas egles un tikai 1,1% *H. annosum* izolātu, kas izdalīti no iepriekšējās ģenerācijas celmiem pārstāvēja P grupu (*H. annosum s.s.*). Vecumnieku iecirkņa eksperimentālajos stādījumos iepriekš bija augušas ar *H. annosum* inficētas priedes. Turklāt Somijā veiktajā pētījumā noskaidrots, ka analizētajās *P. contorta* audzēs *H. annosum* pamatā izplatījies ar bazīdijsporām.



32. attēls. *H. annosum* genotipu attīstības dinamika 2010., 2012. un 2013. gadā

- ▲ – celms, no kura nav izdalīts *H. annosum*;
  - – celms, no kura izdalīts *H. annosum* (2013. gadā);
  - ◆ - 2010. gadā ar *H.annosum* inficēti koki (genotipu robežas sarkanā krāsā);
  - 2012. gadā ar *H.annosum* inficēti koki (genotipu robežas zilā krāsā).
  - 2013. gadā ar *H.annosum* inficēti koki (genotipu robežas zaļā krāsā).
- FN, PM, SL – parcelā stādītas Fort Nelson, Pink Mountain, Summit Lake proveniences.  
 PS parcelā stādītas *Pinus sylvestris*.

Parauglaukumā konstatēti 59,64 *H. annosum* genotipi uz hektāru. Tiek uzskatīts, ka vienā hektārā stādītās 30 gadīgās *P. abies* audzēs atrodami 25 - 4800 *H. annosum* genotipu (Piri 1990 cit. pēc Swedjemark, Stenlid 1993). Nelielais *H. annosum* genotipu skaits parauglaukumā apstiprina to, ka *H. annosum* pamatā izplatījies sakņu kontaktu ceļā.

Kopējais inficēto koku skaits 2010. - 2013. gadā: Pink Mountain – 104 inficēti koki (no 2010. līdz 2013. gadam inficēto koku skaits palielinājies par 21), Fort Nelson - 97 inficēti koki (no 2010. līdz 2013. gadam inficēto koku skaits palielinājies par 22), Summit Lake – 41 inficēti koki (no 2010. līdz 2013. gadam inficēto koku skaits palielinājies par 7). Kā jau minēts, *Pinus sylvestris* inficēts viens koks. Iegūtie dati apstiprina, ka *P. sylvestris* raksturo mazāka uzņēmība pret *H.annosum*, salīdzinot ar *P. contorta*, un ka proveniencē Summit Lake ir mazāk uzņēmīga pret sakņu piepes infekciju, salīdzinot ar Fort Nelson un Pink Mountain. Tomēr rezultāti liecina, ka atjaunojot mežaudzi, kur iepriekšējā ģenerācijā bijuši ar *H. annosum* inficēti skujkoki, *Pinus contorta* var. *latifolia* atjaunošanai nav piemērota koku suga. Līdzīgi rezultāti iegūti arī Somijā un Zviedrijā veiktajos pētījumos (Piri 1996; Svensson 2011).

### 10.2.2. *H. annosum* augļķermeņu sastopamība Vidusdaugavas mežsaimniecībā ierīkotajā parauglaukumā

2013. gadā tika ievākti 22 jaunie, jeb sporas veidojošie un 18 vecie, jeb sporas neveidojošie augļķermeņi. Augļķermeņi konstatēti septiņiem kokiem. Augļķermeņu laukums variēja no 0,05 cm<sup>2</sup> – 137,99 cm<sup>2</sup>. Vidējais aktīvi sporulējoša augļķermeņa laukums 17,87 cm<sup>2</sup> ± 7,07 cm<sup>2</sup>. Kopējā sporu veidojošo augļķermeņu virsma sastāda 518,4 cm<sup>2</sup>. K.Kenigshalde veiktajos pētījumos norāda, ka vislielākais *H.annosum* izdalītais sporu daudzums, kas konstatēts Petri platē uz iesala – agara barotnes zem *H. parviporum* augļķermeņiem ir 2930877 sporas uz dm<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup> (Kenigshalde 2009). Tātad stundas laikā, optimālos apstākļos 2013. gadā *P. contorta* audzē konstatēto aktīvi sporulējošo augļķermeņu daudzums spētu producēt vairāk kā 1,5 miljonu sporas. Tas liecina, ka *P. contorta* audzēs mežizstrādes laikā svaigos celmus nepieciešams apstrādāt ar bioloģiskajiem preparātiem. Arī citi autori norāda uz šādu pasākumu lietderību, jo *P. contorta* koksne, salīdzinot ar *P. sylvestris*, ir lielāka bazīdijsporu dīdžība (Redfern 1982).

### 10.3. Secinājumi

1. *P. contorta* stādījumos ar *H. annosum* inficēto koku skaits trīs gadu laikā palielinājies no 7,93% līdz 10%. Konstatēts viens jauns genotips, kas iekļauj 1 koku, pārējie izdalītie izolāti iekļaujas kādā no 2012. un 2010. gadā konstatētajiem 42 *H. annosum* genotipiem.
2. Ar *H. annosum* inficēto koku skaits atsevišķos genotipos kopš 2012. gada palielinājies no 1 – 4. Lielākais *H. annosum* genotips 2010. gadā iekļāva 29 kokus, 2012. gadā - 34 kokus, bet 2013. gadā - 36 kokus.
3. *P. contorta* proveniencē Summit Lake uzrāda lielāku rezistenci, salīdzinot ar proveniencēm Fort Nelson un Pink Mountain. Triju gadu laikā inficēto koku skaits proveniencēm Fort Nelson un Pink Mountain pieaudzis attiecīgi par 22 un 21 koku, bet Summit Lake tikai par 7 kokiem.

## 11. Egļu un priežu stādu mākslīgā inficēšana ar *Armillaria* spp.

### 11.1. *Armillaria* spp. taksonomija un bioloģija

Šobrīd celmenes (*Armillaria* spp.) tiek uzskatītas kā sēņu sugu komplekss, ko veido vairāk kā 40 dažādas sēņu sugas (Shaw III, Klie 1991; Baumgartner 2011). Sākotnēji *Armillaria* sugu komplekss tika uzskatīts par vienu sugu - *Armillaria mellea*. Pēc tam sugas tika izdalītas, ņemot vērā to auglķermeņu, sporu un rizomorfu morfoloģiskās īpašības. Tika konstatēts, ka iespējama sugu neprecīza noteikšana vides faktoru ietekmes dēļ, kā arī tāpēc, ka dažas sugas, piemēram, *Armillaria ostoyae* un *Armillaria gemina* veido identiskus auglķermeņus (Baumgartner *et al.* 2011). Salīdzinoši ātri (turklāt bez dārgām un sarežģītām molekulārām sugu noteikšanas metodēm) *Armillaria* sp. izolātu piederību konkrētai sugai iespējams noteikt, izmantojot intersterilitātes testu (Korhonen 1978; Hansen, Lewis 1997). Eiropā bieži sastopamas sugas ir *Armillaria borealis*, *Armillaria ostoyae*, *Armillaria cepistepes*, *Armillaria tabescens*, *Armillaria mellea*, *Armillaria gallica* (Lygis 2005). *A. tabescens*, *A. gallica*, *A. borealis* un *A. cepistepes* galvenokārt atzīmēti kā lapu koku un skujkoku saprotrofi, bet *A. ostoyae* un *A. mellea* raksturoti kā izteikti nekrotrofi. *A. ostoyae* saimniekaugi ir gan skujkoki, gan lapu koki. *A. ostoyae* Ziemeļu puslodē ir izplatītākais skujkoku patogēns no *Armillaria* spp. sugu kompleksa (Roll Hansen 1978; Redfern *et al.* 1991; Hansen, Lewis 1997; Lygis 2005). Jaunu infekcijas centru veidošanos veselās audzēs nosaka sporu izplatība, ar sporām infekcija tiek ienesta *Armillaria* spp. iepriekš neskartās audzēs - svaigi zāģētu virsmu, brūču vietās. Haploīdas vienkodola sporas uzdīgst, bet dzīvotspēju saglabā tikai tad, ja veidojas diploīds micēlijs (saplūstot divu haploīdu sporu micēlijam) (Sinclair, Lyon 2005). Savukārt *Armillaria* spp. infekcijas centra palielināšanos jau inficētā audzē, nodrošina micēlija augšana caur sakņu kontaktiem (inficēta koka saknes veido sakņu kontaktu ar veselu koku) vai rizomorfu attīstības rezultātā (rizomorfās var izplatīties augsnē un inficēt kokaugu) (Roll Hansen 1978; Morrison *et al.* 1991; Shaw III, Klie 1991; Hansen, Lewis 1997).

### 11.2. *Armillaria* spp. saimniekaugi un infekcijas raksturīgās pazīmes

*Armillaria* spp. konstatēta vairāk kā 600 kokaugu sugām (Morrison *et al.* 1991). Izplatība atkarīga no saimniekaugu izplatības. *Armillaria* ģints sēnes var konstatēt visos ģeogrāfiskajos apgabalos, lai gan lielākā daļa konstatēta Holarktiskas augu valsts reģionā (Baumgartner *et al.* 2011).

Ar *A. ostoyae* inficētu kokaugu pazīmes ir skuju dzeltēšana, kalšana, sveķošana, samazināts ikgadējais pieaugums. Simptomi labāk novērojami pieaugušiem kokiem vai vitāliem stādiem. Piemēram, stādi, kas audzēti suboptimālos apstākļos var nokalst sezonas laikā, raksturīgajiem simptomiem neattīstoties (Shaw III, Klie 1991; Hansen, Lewis 1997). Ja sēne kokam neizraisa specifiskus simptomus, tad atpazīt to var pēc micēlija, rizomorfām (33. attēls), auglķermeņiem (34. attēls) (Hansen, Lewis 1997; Sinclair, Lyon 2005).



33.attēls. *Armillaria* sp. rizomorfās Akmensraga meža iecirknī apsekotajā audzē.



34.attēls. *Armillaria* sp. augļķermeņi pie *P. sylvestris* sakņu kakla Vecumnieku iecirknī.

### 11.3. Ekonomiskie zaudējumi

Konstatēts, ka *Armillaria spp.* nopietni var apdraudēt skujkoku jaunaudzēs, izraisot pat 35% no audzē augošo koku kalšanu (Hagle *et al.* 1991; Sinclair, Lyon 2005). Noskaidrots, ka inficētos celmos dzīvotspējīgs *Armillaria spp.* micēlijs var saglabāties pat ilgāk kā 50 gadus, tomēr jāņem vērā, ka micēlija dzīvotspēju ietekmē konkurējoši mikroorganismi, piemēram, *Trichoderma viridae*, kā arī augsnes pH, substrāta mitrums, temperatūra un, protams, patogēna suga (Redfern *et al.* 1991). Kokaugiem *Armillaria spp.* izraisa radiālā un vertikālā pieauguma samazināšanos, stumbra un sakņu trupi, kā arī koka nokalšanu un koku izgāšanu vējgāzēs, turklāt ar *Armillaria spp.* inficētie koki ir pakļauti kukaiņu invāzijai. *Armillaria spp.* pamatā izraisa sakņu trupi un sēnes micēlijs koksne reti izplatās augstāk par vienu metru (Sinclair, Lyon 2005).

### 11.4. *Armillaria spp.* ierobežošanas veidi

Lai samazinātu *Armillaria spp.* ietekmi, ieteikts, atjaunojot audzi, izmantot autohtonās sugas, kas adaptējušās vietējiem apstākļiem, vai stādīt lapu koku – skuju koku mistraudzes, vai veikt celmu izvākšanu (Hagle *et al.* 1991). Celmu apstrāde ar metilbromīda šķīdumu būtiski ietekmē *Armillaria spp.* augšanu un izplatību. Amerikas Savienotajās Valstīs šobrīd metilbromīda šķīduma izmantošana ir aizliegta (Baumgartner 2011).

Celmu izvākšana ir efektīva, bet dārga metode, kas samazina micēlija izplatīšanos no iepriekšējās ģenerācijas celmiem uz jaunās ģenerācijas kokiem (Cleary *et al.* 2012). Celmu izvākšanai ir vidi ietekmējoši blakusefekti, kā, piemēram, palielināta augsnes erozija, augsnes sablīvēšanās, organisko vielu daudzuma samazināšanās augsnē, barības vielu aprites maiņa, kā arī sēņu, sūnu, augu un kukaiņu potenciālo dzīvotņu samazināšana (Walmsley, Godbold 2010). Trupes izraisošo sēņu, tai skaitā *Armillaria spp.*, izraisītos zaudējumus iespējams samazināt, izmantojot rezistentu stādmateriālu. Lai izvērtētu dažādas izcelsmes stādmateriālu uzņēmību pret *Armillaria spp.* tiek izmantotas atšķirīgas inficēšanas metodes. Parasti ar *Armillaria spp.* micēliju pārauguši koksnes fragmenti tiek ievietoti substrātā blakus stādiem (Beckman, Pusey 2001) vai ar skalpeli virs sakņu kakla tiek veidota brūce, brūces vietā ievieto ar *Armillaria sp.* inficēto *P. abies* koksnes gabaliņu (Wahlström 1992). Latvijā šādi pētījumi līdz šim nav veikti. Mūsu darba mērķis bija apbūt piemērotāko metodiku 4 - 5 gadus vecu egļu un priežu stādu inficēšanai ar *Armillaria spp.*

### 11.5. Empīriskā materiāla raksturojums

2009. gadā tika veikta stādmateriāla sagatavošana. Stādmateriāls tika sagatavots A/S LVM „Sēklas un stādi” Kalsnavas Arborētuma siltumnīcās. Sagatavošana veikta saskaņā ar kokaudzētavu praksi. Pavisam 2009. gadā tika sagatavoti 365 egļu stādi, izmantojot Suntažu, Katvaru, Sventes un Remtes sēklu plantācijās ievāktās sēklas, kā arī 91 stāds, izmantojot Mērdzenes mežniecības ievāktās sēklas. Sagatavoti arī 656 priežu stādi (Priekules, Kurmales, Katvaru, Dravas un Sāvienas sēklu plantāciju sēklas). Stādmateriāls izvēlēts, lai būtu iespējams salīdzināt dažādas izcelsmes *P. abies* un *P. sylvestris* stādu uzņēmību pret *Armillaria spp.* Papildus sagatavoti 334 stādi, izmantojot sēklas, kas ievāktas no veselīgām priedēm, kas aug ar *H. annosum* inficētā platībā (Gaigalavas iecirknis 42.kv. 5.nog. un 30.kv. 19., 20. nog.). Izaudzētajiem stādiem tika aprēķināts dīdības procents un salīdzināta sēklu dīgšanas dinamika. 2010. gada pavasarī sējeņi pārstādīti 2 l plastmasas podos MCI 17 A/S LVM „Sēklas un Stādi” Arborētuma kokaudzētavā. Pārstādīšanai izmantots SIA „Laflora” kūdras substrāts KKS-M1 ietvarstādu audzēšanai (70% frēzkūdra, 30% grieztā sūnu kūdra, pH aptuveni 4,5).

### 11.6. Laboratorijas darbu metodika - inficējamā materiāla sagatavošana

Eksperimentam tika izvēlēti divi *Armillaria sp.* izolāti: viens (LV13K-Ln1-3) izolēts no sešus gadus vecas nokaltušās priedes (izcelsme: Dienvidkurzemes mežsaimniecība, Akmensraga meža iecirknī), bet otrs (LV12V-V1R) – no 65 gadus vecas trupējušās egles (izcelsme: Meža pētīšanas stacija (MPS), Kalsnavas mežu novads). Inficējamā materiāla sagatavošana veikta LVMI „Silava” Meža Fitopatoloģijas un Mikoloģijas laboratorijā. Lai noteiktu *Armillaria sp.* sugu tika izmantotas homokariotiskas testkultūras no Somijas (K. Korhonen). Tika izmantota iesala agara barotne: iesala ekstrakts (Becton, Dickinson Company, Bacto™ Malt extract, Grade A”, France) 15 g; agars (Becton, Dickinson and Company, „BBL™ Agar, Grade A”, France) 12 g; ūdens - 1000 ml. Barotne autoklāvēta 20 min 121°C temperatūrā.

Uz iesala agara barotnes tika uzlikti trīs reizes autoklāvēti *P. abies* koksnes gabaliņi (Ø 5 mm; apmēram 7 mm gari) un trīs reizes autoklāvēti (Ø 3-6 mm; apmēram 6 cm gari) lazdas - *Corylus avellana* - stumbra fragmenti. Pēc tam sēnes micēlija izolāts (no tīrkultūras izgriezts iesala agara gabaliņš 5 mm x 5 mm) ievietots Petri platē ar sagatavotajiem *P. abies* koksnes gabaliņiem un *Corylus avellana* stumbru fragmentus. Inficējamais materiāls turēts 20<sup>0</sup> C temperatūrā 8 nedēļas, līdz sēne pilnībā kolonizējusi koksnes gabaliņus (35., 36. attēls).



35. attēls. *Armillaria sp.* (izolāts LV12V-V1R) kolonizējusi *P. abies* koksnes gabaliņus.



36. attēls. *Armillaria sp.* (izolāts LV13K-Ln1-3) kolonizējusi *Corylus avellana* stumbru fragmentus.

### 11.7. Stādu inficēšanas metodika

Katrs stāds pirms eksperimenta tika numurēts, izmērīts tā augstums un sakņu kakla diametrs. Stādiņu inficēšanai ar *Armillaria spp.* izmantotas 2 metodes:

inficēšana, stāda sakņu sistēmā ievietojot ar *Armillaria* sp. inficētu koksni (Beckman, Pusey 2001). Stāda sakņu sistēmā trīs vietās izdara bojājumus ar  $\varnothing$  6 mm skrūvgriezi, pēc tam ievainojuma vietā tiek ievietots inficētais materiāls (37. attēls). Šāda metode inficēšanai ar *Armillaria* sp. literatūrā līdz šim vēl nav analizēta, tomēr, uzskatāms, ka šādi modificēta Beckman, Pusey (Beckman, Pusey 2001) metode pielīdzināma inficēšanās gadījumiem, kad ar *Armillaria* spp. tiek inficēta sakņu sistēma. Pavisam ar šo metodi tika inficēti 12 koki: 6 priedes un 6 egles - trīs priedes un trīs egles tiks inficētas ar *Armillaria* spp. izolātu LV13K-Ln1-3 un trīs egles un trīs priedes ar LV12V-V1R, viena egle un viena priede izmantota kontrolei; inficēšana, iegriežot ar sterilizētu nazi 5 mm dziļu brūci (48. attēls). Pirms inokulācijas kociņa stumbrs no sakņu kakla līdz 8 cm augstumam tika nosterilizēts ar 70% etanolu. Brūces vietā ievietoja ar *Armillaria* sp. inficēto *P. abies* koksnes gabaliņu. Lai nepieļautu brūces inficēšanu ar citiem mikroorganismiem, kociņa stumbru inokulācijas vietā aptina ar parafilmu. Pavisam ar šo metodi tika inficēti 12 koki: 6 priedes un 6 egles - trīs priedes un trīs egles tika inficētas ar *Armillaria* sp. izolātu LV13K-Ln1-3 un trīs egles, trīs priedes ar LV12V-V1R, viena egle un viena priede izmantota kontrolei.



37. attēls. *P. sylvestris* inficēšana, ievainojot sakņu sistēmu.



38.attēls. *P. sylvestris* inficēšana, izdarot griezumumu. Brūces izmērs 1x1,4 cm.

### 11.8. Laboratorijas darbu metodika – paraugu apstrāde

Piecus mēnešus pēc inokulācijas stādiem atkārtoti tiks izmērīts to garums, noteikts diametrs un vainaga stāvoklis, sakņu sistēmas stāvoklis, rizomorfu sastopamība augsnē, micēlija izplatības augstums stumbrā – koksnes iekrāsojums. Stādi tiks nogriezti pēc iespējas tuvāk sakņu kaklam (substrātam). Pēc tam to stumbri tiks sterilizēti liesmā un kokus sagriezīs astoņos (0,5 cm biezos) diskos, sākot no inokulācijas vietas. Katrs ceturtais disks tiks ievietots iesala agara barotnē, lai novērtētu *Armillaria* spp. izplatību stumbrā. Darba rezultātā tiks izvēlēta metode turpmākajiem eksperimentiem, lai novērtētu dažādas izcelsmes stādmateriāla rezistenci pret *Armillaria* spp.



## 12. Īssakņu morfoloģiskie rādītāji un mikorizācija trupējušu un veselu koku biogrupās audzēs uz kūdras augsnēm

### 12.1. Metodika

Sakņu paraugi ievākti no 10 trupējušu un 10 veselu koku biogrupām trijās mežaudzēs. Paraugi divās no analizētajām mežaudzēm ievākti 2013. gada jūnijā, savukārt viena no mežaudzēm bija apsekota jau iepriekš (2010. gada jūnijā). Tā kā paraugu ievākšanas un analīzes metodes bija līdzīgas, šos datus analizējam kopā.

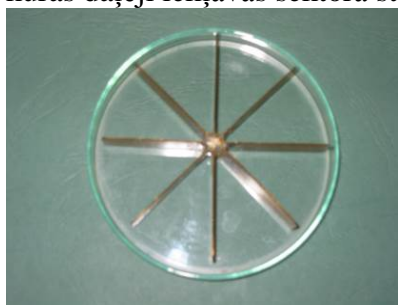
Divas no analizētajām mežaudzēm atrodas MPS Kalsnavas mežu novadā – „K1” (201. kvartāla 1. nogabals; Ks, 41g., 9E+1B) un „Strautiņi” (139. kvartāla 1. nogabals; Kp, 68g., 8E+2B) un viena Vidusdaugavas mežsaimniecības Ogres iecirknī (178. kvartāla 5. nogabals, 5-1. apakšnogabals; Kp, 44 g., 9E+1B) (turpmāk tekstā „Ogre”).

Paraugi sakņu analīzēm ievākti ar augsnes cilindru ( $\varnothing$  12 cm). Katrā koku biogrupā tika ievākti pieci augsnes paraugi, kas ievietoti polietilēna maisiņos un līdz tālākai apstrādei uzglabāti aukstuma kamerā pie + 4°C. No augsnes parauga saknes tika analizētas divos dziļumos – 0-10 cm un 10-20 cm.

Laboratorijā no katra augsnes parauga atsevišķi tika izlasītas pārkoksnējušās egļu saknes ( $\varnothing$  < 2mm) un egļu uzsūcošās īssaknes ( $\varnothing$  < 1mm). Augsnes paraugu ķīmiskais sastāvs raksturots LVMI „Silava” Meža vides laboratorijā. Visi sakņu paraugi mazgāti un pēc laboratorijas analīzēm žāvēti 12 stundas pie 60°C, lai noteiktu to sauso masu.

Sakņu paraugi vienmērīgi izklaidēti Petri platē ( $\varnothing$  14 cm) ar ūdeni. Zem Petri plates palikts režģis ar 1x1 cm rūtiņām. Mikorizas morfotipu sastopamība raksturota 100 režģa rūtiņās, izmantojot stereomikroskopu Leica MZ-7,5. Atsevišķas īssaknes no katra izdalītā sēņu morfotipa analizētas, izmantojot molekulārās metodes, lai precīzāk noteiktu morfotipu veidojošo sēņu sugas. Mikorizu molekulārās analīzes veiktas LVMI „Silava” Ģenētisko resursu centrā. Kopējais DNS no mikorizām izdalīts, lietojot iepriekš aprakstītu metodiku (Menkis & Vasaitis 2011). Sēņu DNS amplificēts ar ITS4 un sēnēm specifisko ITS1F praimeru. Sekvenēšana veikta vienā virzienā, lietojot ITS4 praimeru.

Katrā paraugā 1/8 sakņu novērtēts dzīvo un nedzīvo īssakņu skaits. Lai izdalītu 1/8 sakņu, vispirms kopējais īssakņu paraugs sadalīts apm. 1cm garos sakņu fragmentos, kuri vienmērīgi izklaidēti Petri platē un pēc tam platē ievietots metāla plāksnīšu trafarets (39. attēls). Saknes, kuras daļēji iekļāvās sektorā starp divām plāksnītēm, uzmanīgi atdalītas ar skalpeli.



39. attēls. Petri plate ar metāla plāksnīšu trafaretu.

Lai novērtētu uzsūcošo īssakņu morfoloģiskos rādītājus, sakņu paraugi skenēti, izmantojot datorprogrammu Win RHIZO 2005 C (Regent instrument<sup>R</sup>) un kalibrētu skeneri STD-1600+. Skenēšana veikta ar 500 dpi izšķirtspēju (standarta 8 bit; pelēkie toņi (256)). Izdalītas četras gradācijas klases (sakņu caurmēra salīdzināšanai): 0-0.5 mm; 0.5-1.0 mm; 1.0-1.5 mm; 1.5-2.0 mm.

Sakņu paraugu morfoloģiskie parametri salīdzināti starp trupējušo un veselo koku biogrupām ar Wilkoksona testu pie  $\alpha=0.01$  un pie  $\alpha=0.05$ .

## 12.2. Rezultāti

Dati par trupējušu un veselu egļu biogrupām no trim analizētajām mežaudzēm atrodami 10. pielikumā. Dzīvo īssakņu īpatsvars paraugos no 0-10cm augsnes slāņa, analizējot datus no visām mežaudzēm, bija augstāks ( $p < 0.05$ ) veselo koku sakņu paraugos, salīdzinot ar trupējušajiem kokiem (attiecīgi  $0.55 \pm 0.02$  un  $0.49 \pm 0.02$ ). Arī 10-20 cm dziļumā ievāktajos paraugos vērojama līdzīga tendence ( $0.45 \pm 0.03$  un  $0.40 \pm 0.02$ ), kas, iespējams, saistāma ar būtiski lielāku sakņu tilpumu šajos paraugos veselo koku biogrupā, salīdzinot ar trupējušajiem kokiem ( $1.5 \pm 0.2$  un  $1.0 \pm 0.1 \text{ cm}^3$ ). Tomēr, analizējot citus sakņu morfoloģiskos parametrus, kā īssakņu skaitu, sakņu garumu un masu, starp analizētajām mežaudzēm konstatētas būtiskas atšķirības, kas neļāva datus no dažādām mežaudzēm apvienot vienotā trupējušo un veselo koku analizē.

Audzēs „Strautiņi” un „Ogre” 0-10 cm dziļumā ievāktu sakņu morfoloģiskie rādītāji starp trupējušo un veselo koku biogrupām neatšķirās (10. pielikums). Dziļākā augsnes slāņa paraugos (10-20 cm) „Ogres” objektā uzsūcošo īssakņu masa trupējušo koku biogrupās bija būtiski mazāka nekā veselo koku biogrupās (attiecīgi  $0.28 \pm 0.04$  un  $0.60 \pm 0.13$ ). Salīdzinot „Ogres” parauglaukuma trupējušo un veselo koku biogrupās 10-20 cm dziļumā ievāktu paraugu augsnes ķīmiskos parametrus, augstāks kālija, oglekļa un slāpekļa saturs, kā arī zemāks augsnes pH konstatēts veselo koku biogrupās (18. tabula). Atšķirības augsnes īpaībās visdrīzāk sekmējušas dziļāku uzsūcošo sakņu augšanas zonu veselajiem kokiem „Ogres” objektā.

18. tabula. Trupējušu un veselu egļu biogrupu augsnes ķīmiskā sastāva vidējie rādītāji analizētajos objektos.

Objekts	Biogrupu raksturojums	Augsnes pH (KCl)	Nkop., g/kg	Ckop., g/kg	C/N	P, mg/kg*	K, mg/kg*	Mg, g/kg*	Ca, g/kg*
0-10cm									
Ogre	Trup.	5.23	13.27	262.2	20.2	57.9	76.2	1.13	16.01
Ogre	Vesels	4.10	15.88	316.1	19.8	38.8	110.4	0.86	12.65
K1	Trup.	3.65	22.12	478.5	21.7	33.7	136.7	0.58	14.13
K1	Vesels	4.03	25.13	457.4	18.3	39.0	194.7	0.74	22.17
Strautiņi	Trup.	4.10	15.48	299.5	19.7	45.1	177.0	0.55	7.85
Strautiņi	Vesels	4.35	13.30	252.5	19.1	84.2	175.8	0.54	7.13
10-20 cm									
Ogre	Trup.	5.50	9.43	170.9	17.9	57.1	39.5	0.99	14.75
Ogre	Vesels	4.25	13.95	303.7	21.6	35.6	77.2	1.03	13.98
K1	Trup.	3.78	22.22	465.4	21.0	18.0	62.6	0.74	20.44
K1	Vesels	4.38	26.95	452.2	16.8	42.5	65.0	0.99	27.85
Strautiņi	Trup.	4.68	14.20	247.8	17.8	60.2	104.7	0.54	11.48
Strautiņi	Vesels	4.59	11.05	207.8	18.8	83.1	95.9	0.41	7.48

\* Ekstrahēts 1M HCl.

Savukārt būtiski zemāki sakņu morfoloģiskie rādītāji bija trupējušo koku grupā „K1” objektā. Tā uzskatāma par sekundāru sakņu sistēmas atbildi uz koku defoliāciju, jo šajā objektā jau daudzi koki ir nokaltuši un trupējušo koku defoliācijas pakāpe ir daudz augstāka kā citos objektos.

Kopumā analizētajos sakņu paraugos tika konstatēti 16 mikorizu morfotipi. No tiem biežāk (vairāk par 5% paraugu) sastopami bija pieci morfotipi (19. tabula).

Analizējot mikorizas tipu sastopamību trupējušo un veselo koku biogrupās, konstatēts, ka būtiski atšķiras tikai gaišo uzbiezīnāto mikorizu īpatsvars ( $p < 0.05$ ). Citu mikorizas tipu sastopamība būtiski neatšķirās starp koku biogrupām.

19. tabula. Dominanto mikorizu tipu sastopamība (%) trupējušu un veselu egļu biogrupās.

	Mikorizas ar „matētu” sēņu mantiju	<i>Amphynema byssoides</i>	Tumšās mikorizas	Melnās mikorizas	Gaišās uzbiezinātās mikorizas
0-10cm					
Trup.	19.4 ± 2.2	10.3 ± 2.1	17.2 ± 2.1	7.7 ± 1.6	1.8 ± 0.7a*
Vesels	19.7 ± 2.4	9.7 ± 1.5	14.2 ± 2.1	5.4 ± 1.0	8.7 ± 1.8b
10-20cm					
Trup.	16.1 ± 2.6	3.6 ± 0.9	20.7 ± 2.2	2.6 ± 1.0	1.2 ± 0.4
Vesels	20.6 ± 2.2	6.3 ± 1.7	22.1 ± 2.7	3.2 ± 0.9	3.1 ± 0.8

\* burti „a” un „b” norāda būtiskas atšķirības starp variantiem (Wilkoksona testa p vērtība < 0.05).

Analizējot mikorizu veidojošo sēņu sugu sastāvu, kopumā veiksmīgi sēņu DNS izdevies izdalīt no 50 paraugiem, no kuriem identificētas 28 sēņu sugas un 24 no tām bija mikorizu veidojošās sēnes vai sakņu endofīti (11. pielikums). Bez mikorizas sēnēm no sakņu paraugiem izdalītas saprotrofas un vāji patogēnas sēņu sugas kā *Cryptococcus magnus*, *Byssocorticium pulchrum*, *Trichosporon porosum* un *Ilyonectria rufa*.

Molekulārās analīzes parādīja, ka gaišo uzbiezināto un matēto mikorizu morfotipi ir heterogēni, un tajos iekļautie sakņu paraugi ir kolonizēti ar dažādām sēņu sugām. Tā, piemēram, mikorizas ar „matētu” sēnes mantiju trupējušo koku biogrupās veidoja šķiedrgalvīšu sugas (*Inocybe*), savukārt veselo koku grupās – *Thelephora* un *Sebacina* sugas. Secināts arī, ka gaišo uzbiezināto mikorizu morfotipu veidoja vairākas sēņu sugas no bērزلapju (*Russula*), *Clavulina* un *Tylospora* ģintīm.

Kopumā vērojama tendence, ka mikorizu veidojošo sēņu sabiedrība veselo koku grupās ir daudzveidīgāka.

### 12.3. Secinājumi

1. Sakņu morfoloģiskie rādītāji un mikorizācija trupējušiem un veseliem kokiem būtiski neatšķirās. Novērtējot veselu un trupējušo koku mikorizu tipoloģisko struktūru, bagātāks mikorizu veidojošo sēņu sugu sastāvs konstatēts veselajiem kokiem.
2. Šķiedrgalvīšu sugas (*Inocybe* spp.) biežāk konstatētas trupējušo koku biogrupās, savukārt tādu sēņu ģinšu kā *Clavulina*, *Sebacina*, *Russula*, *Boletus* un *Amanita* sugu veidotās mikorizas biežāk tika izdalītas no veselo koku sakņu paraugiem.

### 13. Augsnes penetrācijas pretestība un augsnes mineralizācija atcelmotajās platībās

Augsnes pretestības un mineralizācijas noteikšanas metodika aprakstīta projekta „Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” 3.etapa 1.starpatskaites 3. punktā.

Augsnes penetrācijas pretestība, mineralizācijas pakāpe (mineralizēto laukumu platības īpatsvars) noteikta visos 5 pētījumā iekļautos objektos (20. tabula). Mērījumi veikti 2013. gada oktobrī.

20. tabula. Pētījuma izmēģinājuma objekti.

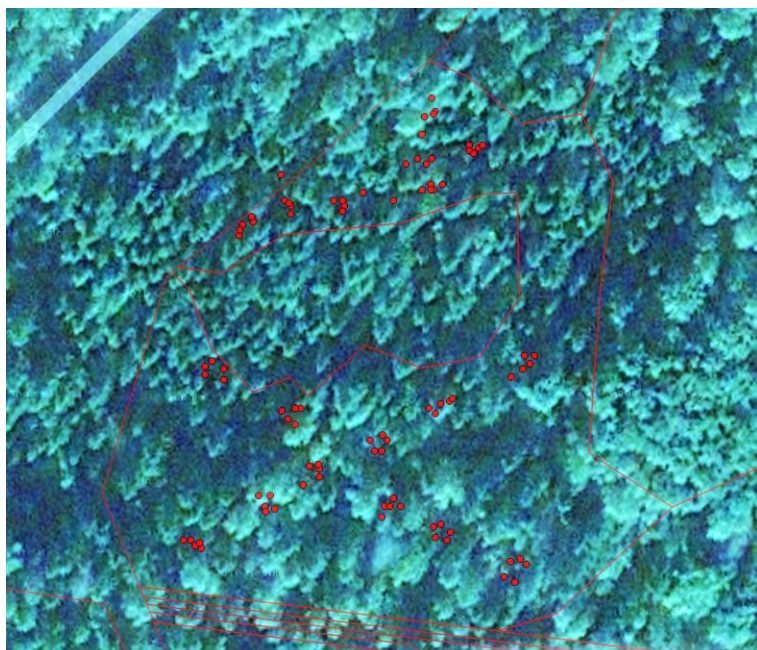
Atslēga	Platība, ha	Nosaukums projektā	Valdošā suga	Meža tips	Vecuma desmitgade	Audzes formula
65-03-07-410-58-34	1,7	Nītaure	E	Dm	11	8E103 1B83 1P83
82-04-07-714-188-9	2	Stende	E	Vr	10	Nav zināma
82-05-07-712-437-8	3,4	Dursupe	E	Dm	10	6E4P 97
83-05-07-603-326-8	1,7	Jaunpils (kontrolē)	E	Vr	9	6E3B1P 87
83-05-07-603-326-7	1,4	Jaunpils (atcelmots)	B	Vr	9	5B4E1P 87
80-29-07-501-360-9	3	Ķegums	E	Dm	10	6E3P1B 98

#### 13.1. Augsnes penetrācijas pretestība

Augsnes penetrācijas pretestība noteikta 355 mērījumu punktos 0-80 cm dziļumā. Pretestības mērījumi veikti stādīšanās ārpus pievešanas ceļiem, kur papildus ietekmi varēja radīt izstrādes un pievešanas tehnika. Attiecīgi, pētījumā vērtēta tikai ekskavatora (celmu rāvēja) un augsnes gatavotāja ietekme uz augsnes sablīvējumu.

Augsnes penetrācijas pretestības mērīšanas laikā fiksētas mērījumu punktu koordinātes. Augsnes penetrācijas punktu izvietojuma piemērs Ķeguma objektā parādīts 40. attēlā. Attēlā redzams, ka mērījumu punkti koncentrēti gupās, 5 punkti katrā, kas izvietotas uz 2 nogadala diagonālēm.

Penetrācijas pretestības mērījumu kopsavilkums objektu un variantu griezumā dots 21. tabulā, 41. attēlā un 42. attēlā. Salīdzinot mērījumu rezultātus dažādos variantos, ņemts vērā, ka kritiskais punkts, kad sakņu augšana ir būtiski apgrūtināta, saskaņā ar dažādiem literatūras avotiem augsnes pretestībai ir 2-3 MPa (Nugent et al., 2003; Ampoorter et al., 2007, 2010; Lazdiņa, 2008; Lazdiņa et al., 2008; Alaoui & Diserens, 2011). Atcelmošanas izmēģinājumu objektos augu saknēm kritiskais augsnes sablīvējuma līmenis konstatēts tikai dziļākajos augsnes slāņos (21. tabula), kas maz ietekmē koku sakņu augšanu.



40. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības mērījumu punktu izvietojums Ķeguma objektā<sup>28</sup>.

21. tabula. Augsnes penetrācijas pretestības rādītāju kopsavilkums<sup>29</sup>

Objekts	Variants	Mērījumu punktu skaits	Penetrācijas pretestība dažādos augsnes slāņos, MPa				
			0-20 cm	5-25 cm	0-40 cm	41-80 cm	0-80 cm
Dursupe	Atcelmots	30	0,954	1,332	1,465	2,679	2,088
	Kontrole	30	0,752	1,082	1,256	2,706	1,811
Jaunpils	Atcelmots	45	0,623	0,824	0,922	1,795	1,239
	Kontrole	35	0,882	1,205	1,259	2,013	1,507
Ķegums	Atcelmots	35	1,094	1,568	1,558	2,935	1,632
	Kontrole	55	0,738	1,123	1,277	2,07	1,543
Nītaure	Atcelmots	30	0,95	1,273	1,49	2,522	1,864
	Kontrole	45	1,011	1,31	1,468	2,453	1,831
Stende	Atcelmots	25	0,401	0,597	0,728	1,738	1,276
	Kontrole	25	0,638	0,883	1,048	2,185	1,317
Vidēji visos objektos		355	0,814	1,134	1,259	2,259	1,607

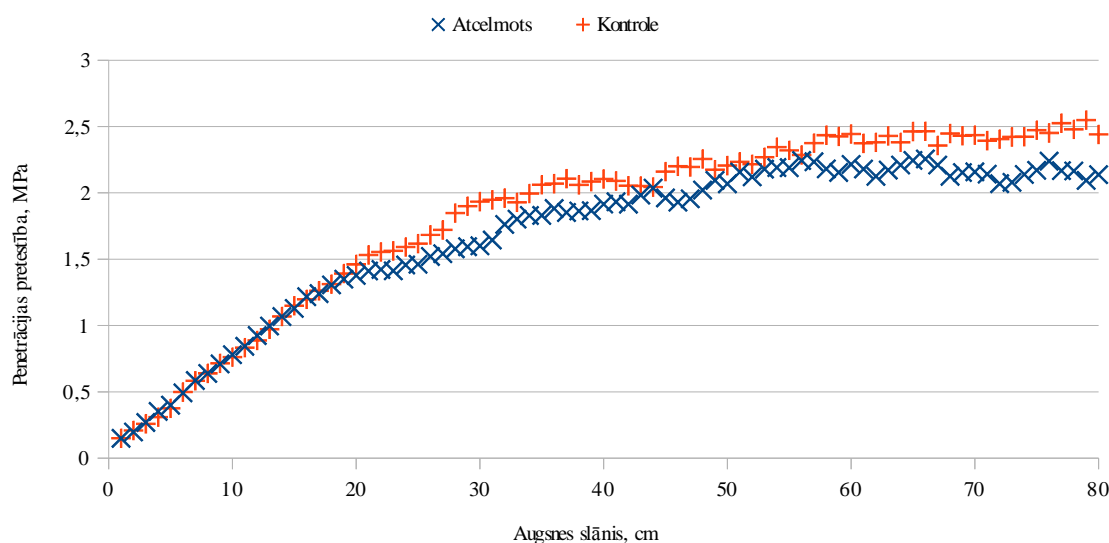
Salīdzinot augsnes penetrācijas pretestību visos objektos kopumā (41. attēls), statistiski būtiska atšķirība nav konstatēta ( $p > 0,05$ ); arī dažādos dziļumos iegūtu datu kopsavilkums, atsiņājot ekstrēmās vērtības (42. attēls), neuzrāda būtiskas atšķirības.

Visos objektos kopā vidējie augsnes pretestības rādītāji par 40 cm dziļākajā augsnes slānī pārsniedz 2 MPa robežu, attiecīgi, dziļāk par 40 cm ir augu sakņu attīstībai nelabvēlīgi apstākļi. Robeža augsnes penetrācijas pretestības pieaugumam virs augu saknēm kritiskās robežas ir 30-40 cm (41. attēls). Saskaņā ar egļu audzēs veiktu pētījumu datiem lielākā daļa koku sakņu ir koncentrēta līdz 0-40 cm dziļumā (Lazdiņš *et al.*, 2010a; b), attiecīgi, dziļāko augsnes slāņu sablīvējums varētu būt mazsvarīgs augu sakņu attīstībai. Tomēr literatūras avotos nav

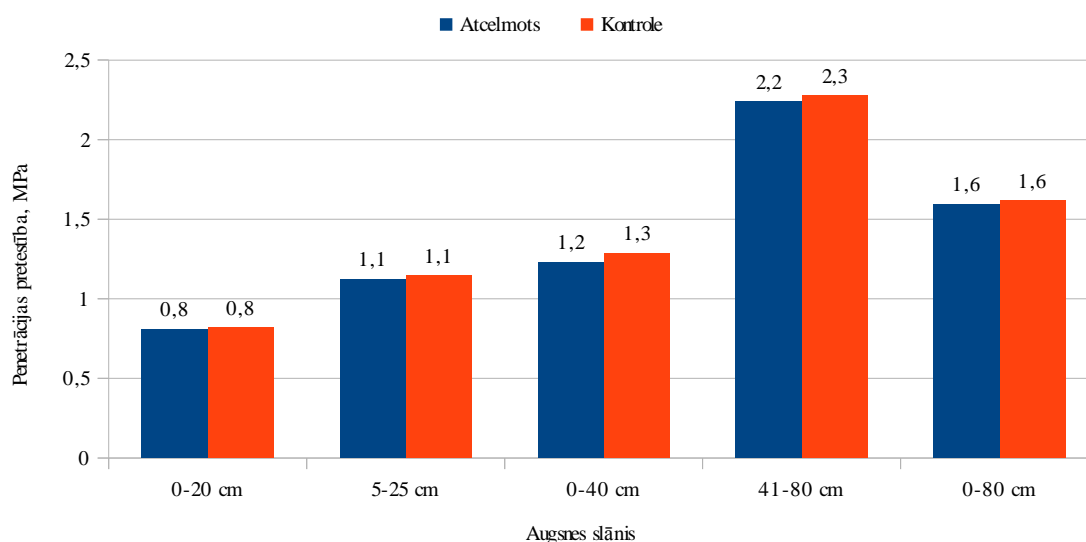
<sup>28</sup> Augšā redzamas kontroles mērījumu punktu grupas, apakšā mērījumu punktu grupas atcelmotajā platībā. Satelītattēls (Avots – GoogleEarth) iegūts 2010. gadā, tāpēc izcirtuma vietā redzama mežaudze.

<sup>29</sup> Mērījumi, kuros augsnes penetrācijas pretestība pārsniedz 2 MPa, iezīmēti dzeltenā krāsā.

atrodamas viennozīmīgas atziņas par dziļāko augsnes slāņu sablīvējuma ietekmi uz mežaudžu attīstību.

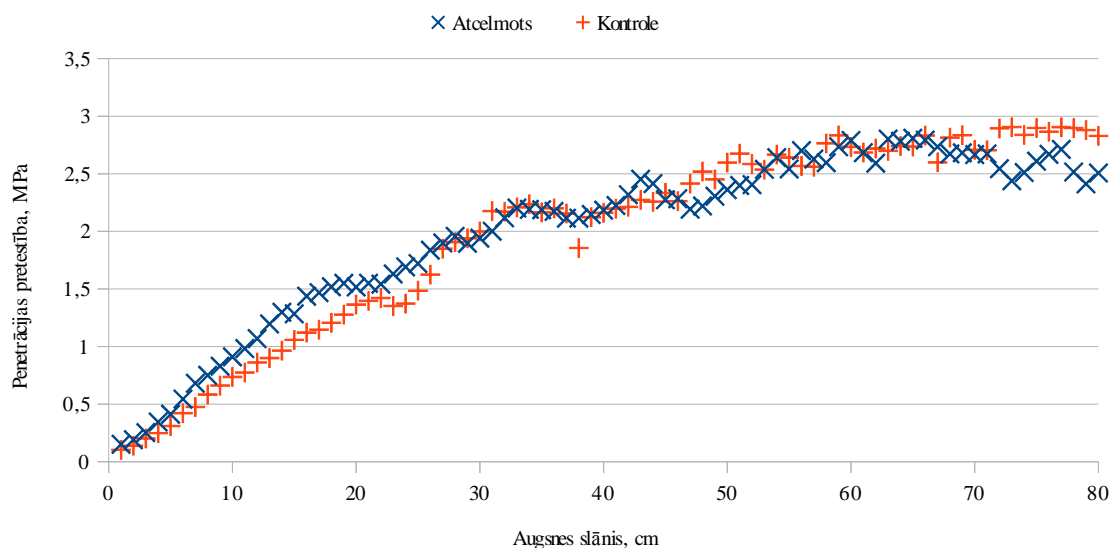


41. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības mērījumu kopsavilkums visos objektos.

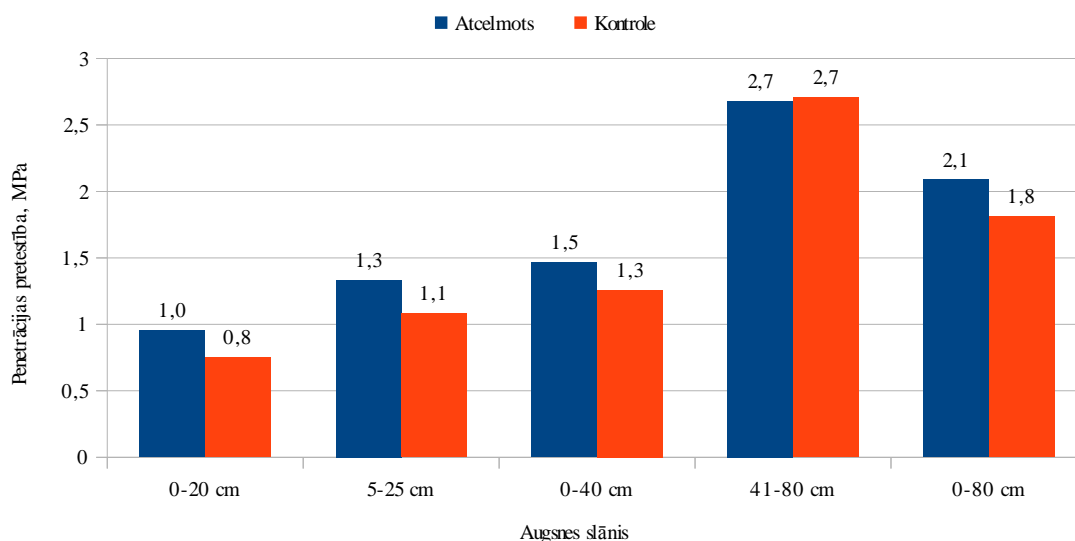


42. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības dažādos augsnes slāņos kopsavilkums visos objektos.

Objektā Dursupe nav konstatēta statistiski būtiska augsnes penetrācijas pretestības atšķirība visā augsnes slānī kopumā (43. attēls); taču līdz 40 cm dziļumam atcelmotajos parauglaukumos konstatēts būtiski lielāks augsnes sablīvējums (44. attēls). Ņemot vērā, ka dziļākajos augsnes slāņos augsnes sablīvējums neatšķiras, iespējams, ka virskārtu sablīvējusi atcelmošanas tehnika. Objektā Dursupe bija vissarežģītākie darba apstākļi (maza augsnes nestspēja), un tas varētu būt par iemeslu augsnes sablīvēšanai. Būtiski, ka līdz 30 cm dziļumam augsnes penetrācijas pretestība gan kontroles, gan atcelmotajā daļā ir mazāka par 2 MPa, t.i. nerasniedz augu sakņu attīstībai kritisko robežu.

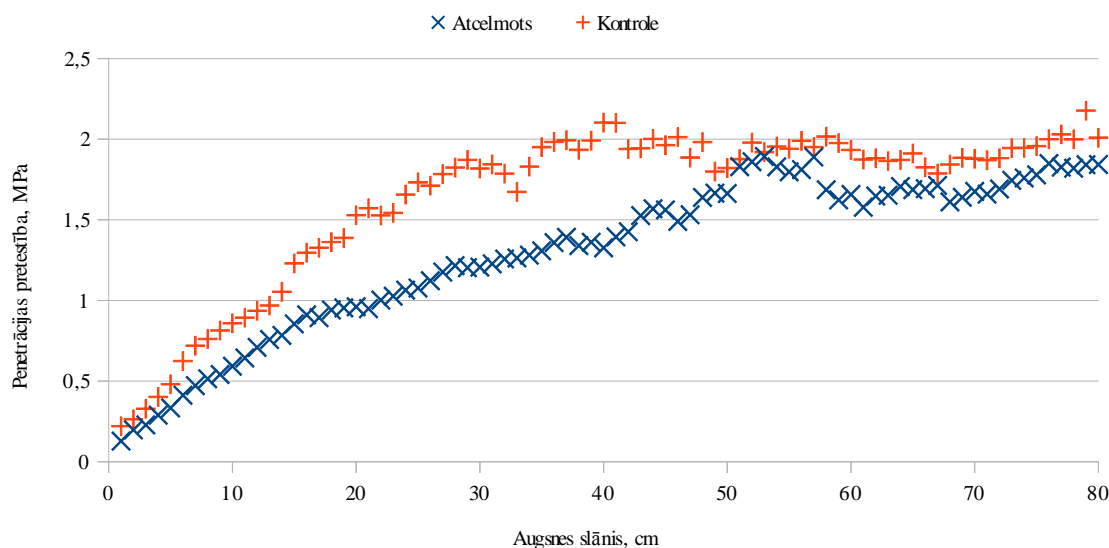


43. attēls. Augsnes penetrācijas pretestības mērījumu kopsavilkums objektā Dursupe.

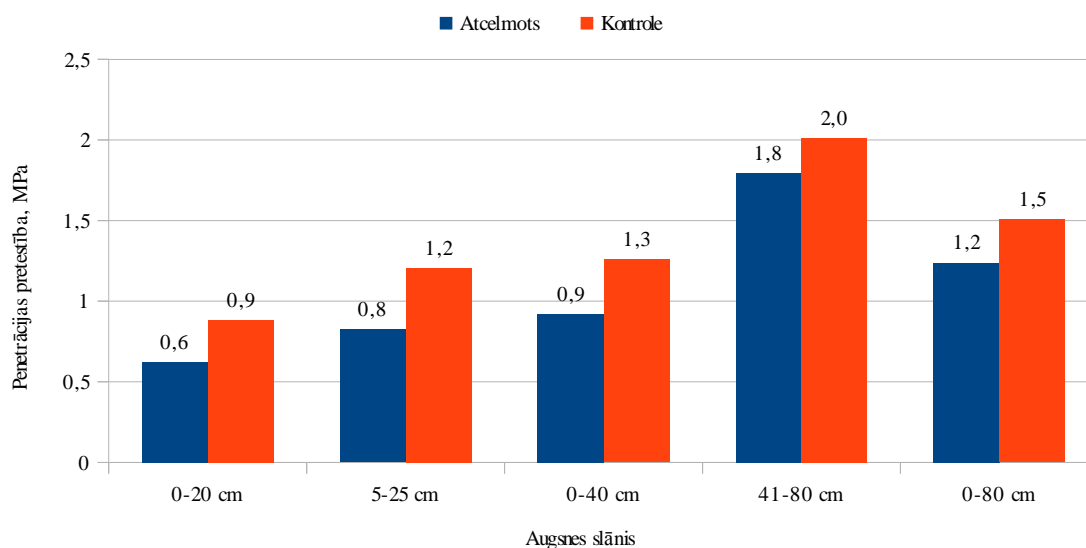


44. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības dažādos augšnes slāņos objektā Dursupe.

Objektā Jaunpils konstatēta statistiski būtiska augšnes penetrācijas pretestības atšķirība, vērtējot visu augšnes slāni kopumā (45. attēls). Arī atsevišķos augšnes slāņos kontroles mērījumu punktos konstatēts būtiski lielāks augšnes sablīvējums (46. attēls). Ņemot vērā, ka augšnes sablīvējums nav vienāds gan augšnes virskārtā, gan dziļākajos slāņos, visticamāk, šo atšķirību nosaka nevienmērīgie augšanas apstākļi; attiecīgi, atcelmošanas tehnikas ietekmi uz augšnes sablīvējumu šajā objektā nevar novērtēt. Līdzīgi kā Dursupē, līdz 30 cm dziļumam augšnes penetrācijas pretestība kontroles un atcelmotajā daļā ir mazāka par 2 MPa. Atcelmotajā platībā augšnes penetrācijas pretestība nerasniedz 2 MPa robežu līdz 80 cm dziļumam. Tas lielā mērā izskaidro apgrūtinātos pievešanas apstākļus šajā objektā.



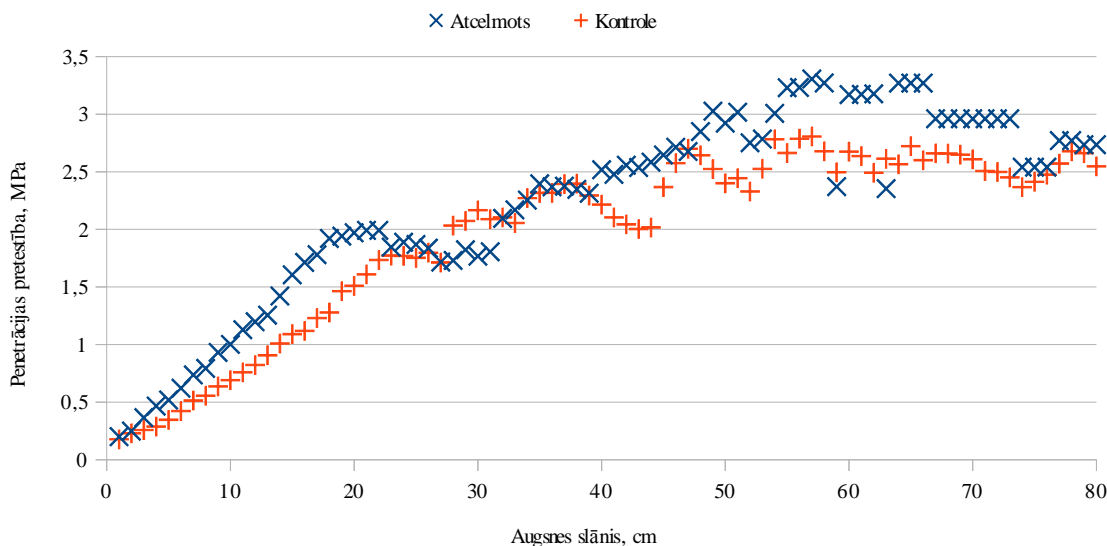
45. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības mērījumu kopsavilkums objektā Jaunpils.



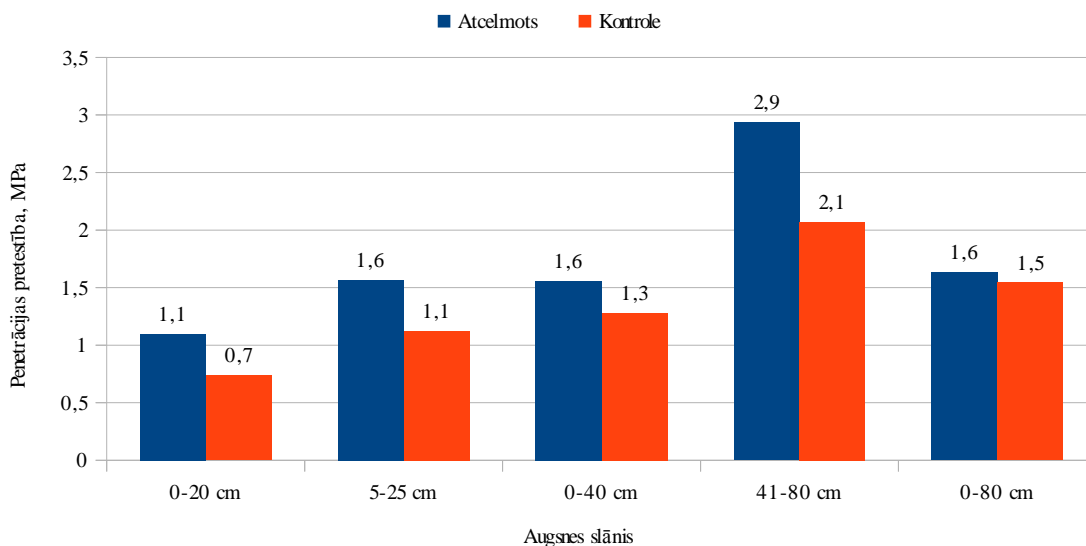
46. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības dažādos augsnes slāņos objektā Jaunpils.

Objektā Ķegums konstatēta statistiski būtiska augsnes penetrācijas pretestības atšķirība visā augsnes slānī kopumā ( $p < 0,05$ ; 47. attēls). Atcelmotajā platībā augsne ir vairāk sablīvēta, it īpaši augsnes virskārtā, līdz 25 cm dziļumam (48. attēls). Augsnes penetrācijas pretestība sasniedz kritisko 2 MPa robežu jau 20 cm dziļumā (kontrolē platībā 30 cm dziļumā). Palielinātu augsnes sablīvējumu varēja radīt atcelmošanas tehnika, taču, tāpat kā Jaunpils objektā, kontrolē un atcelmotā platība atrodas salīdzinoši tālu un atšķirības penetrācijas pretestībā varēja radīt sākotnēji nevienmērīgi apstākļi.



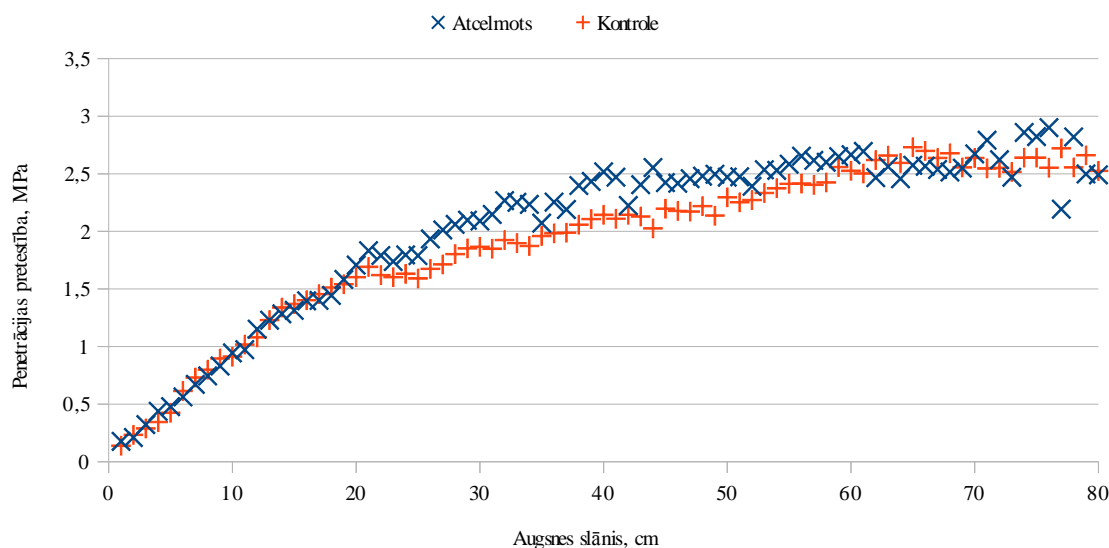


47. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības mērījumu kopsavilkums objektā Ķegums.

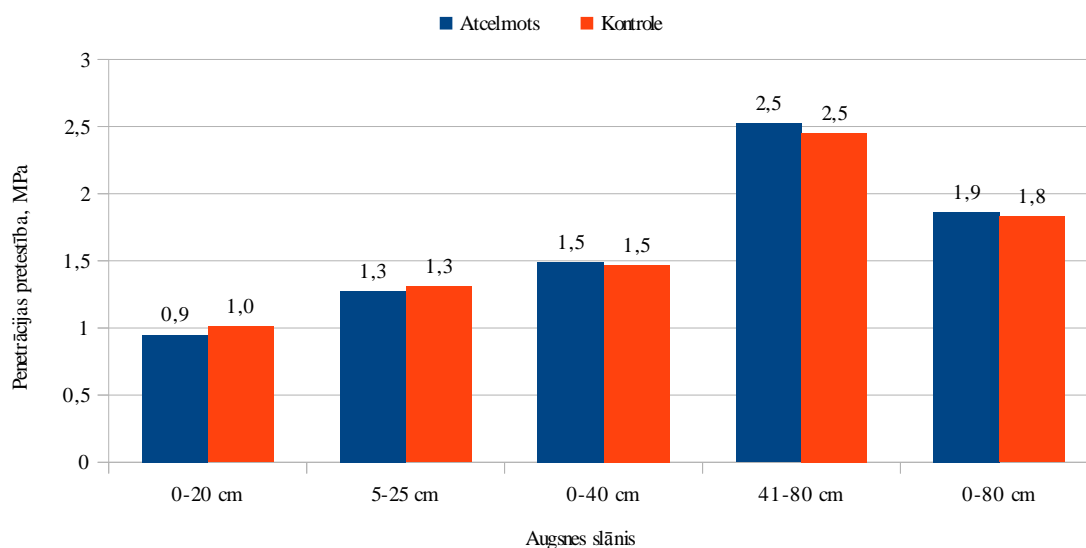


48. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības dažādos augšnes slāņos objektā Ķegums.

Objektā Nītaure nav konstatēta būtiska augšnes penetrācijas pretestības atšķirība ne visā augšnes slānī kopumā (49. attēls), ne arī atsevišķos slāņos (50. attēls). Augšnes penetrācijas pretestība sasniedz kritisko 2 MPa robežu 30-35 cm dziļumā (nedaudz ātrāk atcelmotajā platībā). Objektā Nītaure bija sākotnēji vislabākie atcelmošanas un celmu pievešanas apstākļi (sausā augšne ar labiem nestspējas rādītājiem). Iespējams, ka šādos apstākļos celmu izstrāde būtiski neietekmē augšnes sablīvējumu, taču secinājumu izdarīšanai nepieciešams lielāks izmēģinājumu skaits. Jāņem vērā, ka tieši pirms celmu izstrādes Nītaurē uzsnīga bieza sniega kārtā, kas varēja samazināt tehnikas spiedienu uz augšni, neskatoties uz to, ka zeme nebija sasalusi.

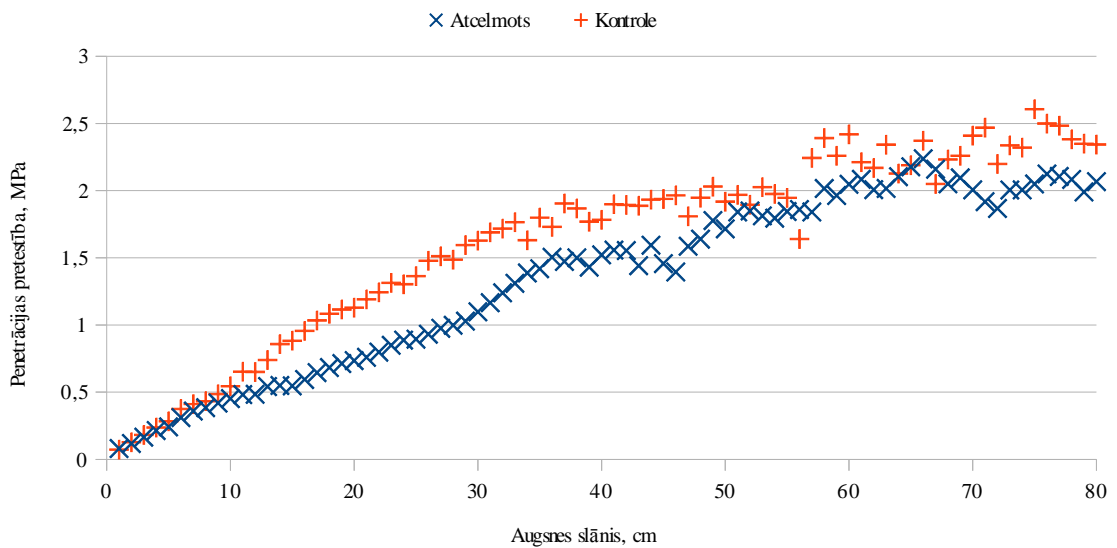


49. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības mērījumu kopsavilkums objektā Nītaure.



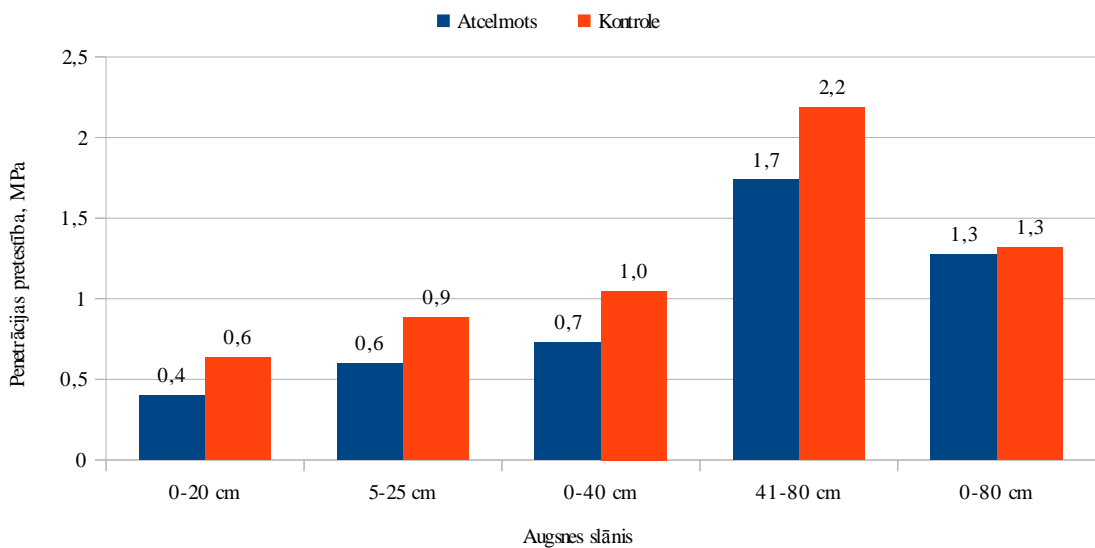
50. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības dažādos augšnes slāņos objektā Nītaure.

Objektā Stende kontroles mērījumu punktos konstatēta būtiski lielāka augšnes penetrācijas pretestība visā augšnes slānī kopā (51. attēls). Lielākās atšķirības ir augšnes virskārtā, bet dziļākajos slāņos augšnes penetrācijas pretestība atšķiras mazāk (52. attēls). Augšnes penetrācijas pretestība sasniedz kritisko 2 MPa robežu 60 cm dziļumā. Iespējams, ka atšķirības penetrācijas pretestībā nosaka sākotnēji nevienmērīgie apstākļi, taču nav izslēdzama varbūtība, ka atcelmošana uzirdinājusi augšnes virskārtu. Līdzīga, salīdzinot ar citiem objektiem mazāka, vidējā augšnes pretestība konstatēta arī Jaunpils objektā. Arī tur augšnes penetrācijas pretestības atšķirība ir lielāka augšnes virskārtā, nekā dziļākajos augšnes slāņos. Pieņemot, ka Jaunpils un Nītaures objektos iegūtie rezultāti norāda uz likumsakarību, var pieņemt, ka atcelmošana sekmē augšnes uzirdināšanu vietās, kur augšne jau sākotnēji nav bijusi sablīvēta, bet uz sablīvētām augšnēm atcelmošanas ietekme nav jūtama vai arī tieši pretēji – palielina augšnes sablīvējumu.



5

1. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības mērījumu kopsavilkums objektā Stende.



52. attēls: Augsnes penetrācijas pretestības dažādos augsnes slāņos objektā Stende.

### 13.2. Augsnes mineralizācija

Augsnes mineralizācijas pakāpe noteikta tajos pašos punktos, kur mērīta augsnes penetrācijas pretestība. Katrā punktā izdarītas 4 fotogrāfijas Z, D, A, R virzienā 5 m attālumā no mērījumu 1x1 m lauciņa centra. Vēlāk ar datorprogrammu Gthumb visām fotogrāfijām palielināts kontrasts, lai padarītu atšķirības vieglāk uztveramas. Pēc tam datorprogrammā Libreoffice Impress fotogrāfijām uzlikts rāmītis ar 49 lauciņiem (53. attēls), kuros vizuāli noteikts vai dominē mineralizētā platība, vai neskarta veģetācija. Darbā izanalizētas 290 fotogrāfijas, augsnes mineralizācija noteikta 14 210 laukumos.

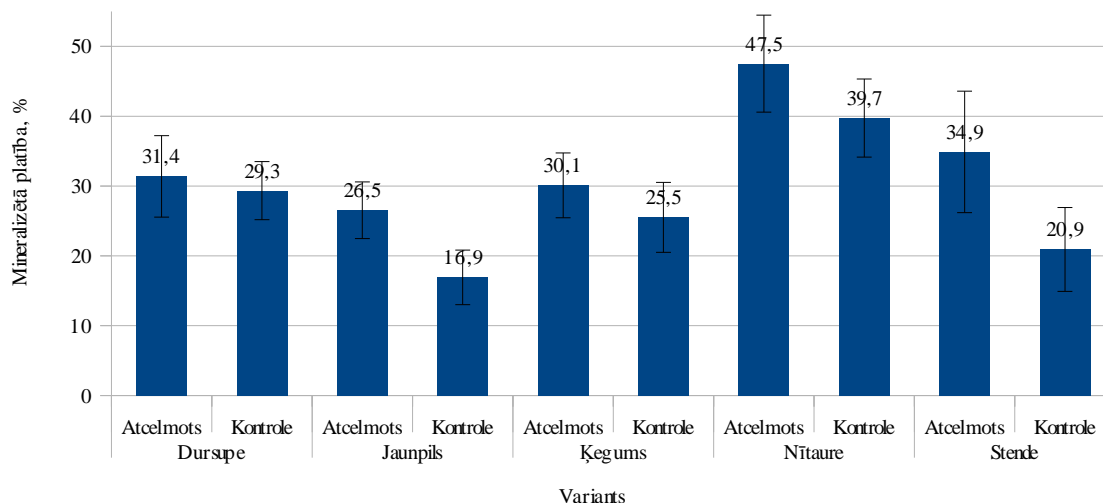
Augsnes mineralizācijas pakāpe noteikta 1 sezonu pēc celmu izstrādes un augsnes gatavošanas, un daļa sākotnēji atsegtās minerālaugsnes jau ir klāta ar veģetāciju. Tas nozīmē, ka sākotnējā mineralizācijas pakāpe varēja būt lielāka. Par to liecina arī agrākajos pētījumos konstatētā augsnes mineralizācija (līdz 50 %) atcelmotās un uzartās platībās (Lazdāns & Zimelis, 2008).



53. attēls: Augsnes mineralizācijas pakāpes noteikšana.

Mineralizētā platība vidēji visos mērījumu punktos ir  $30,1 \pm 2,0$  %, tajā skaitā atcelmotajās platībās  $33,3 \pm 2,8$  % un kontroles platībās  $27,3 \pm 2,6$ . Atšķirība starp kontroles un atcelmotajām platībām ir statistiski būtiska, lai gan nav liela.

Salīdzinot dažādus objektus (54. attēls), var konstatēt, atšķirības starp objektiem ir lielākas, nekā atšķirības starp variantiem vienā objektā. Piemēram, Nītaures objektā augsnes mineralizācijas pakāpe kontroles platībā ir būtiski lielāka, nekā visos pārējos (izņemot Stendes) objektos atcelmotajās platībās. Statistiski būtiska mineralizācijas pakāpes atšķirība konstatēta tikai Jaunpils objektā, kur kontroles platībā minerālaugsne atsegta tikai 17 % platībā; turpretim, atcelmotajā platībā minerālaugsne atsegta 27 % platībā, kas atbilst vidējam rādītājam kontroles platībās pārējos objektos. Acīmredzot, augsnes mineralizācijas pakāpi vairāk ietekmē augsnes gatavošanas iekārtas operatora attieksme pret darbu un darba apstākļiem, nevis atcelmošanas fakts. Atšķirības mineralizācijas pakāpē liecina arī par to, ka augsni labāk gatavot celmu izstrādes laikā, ar to pašu agregātu, ar kuru rauj celmus. Operators var novērtēt vietējos apstākļus un, atkarībā no atcelmošanas rezultātā skarificētās platības īpatsvara, pieņemt lēmumu par papildus mineralizēto laukumu (pacilu) izveidošanu nākamās aprites kociņu stādīšanai vai dabiskās meža atjaunošanas veicināšanai.



54. attēls: Augsnes mineralizācijas pakāpe.

### 13.3. Secinājumi

1. Augsnes pretestības mērījumi norāda uz iespējamu sasaisti starp atcelmošanu un augsnes sablīvējumu – platībās ar sākotnēji mazāk sablīvētu augsni pēc atcelmošanas augsnes virskārtas penetrācijas pretestība samazinās, bet augsnēs ar vairāk sablīvētu augsni (penetrācijas pretestība sasniedz 2 MPa 30-40 cm dziļumā) atcelmošanas ietekme nav jūtama vai arī augsnes virskārta sablīvējas.

2. Augsnes mineralizācijas pakāpe (atsegtās minerālaugsnes īpatsvars) atcelmotajā un kontroles platībās vidēji visos objektos atšķiras būtiski, lai gan atšķirība nav liela. Vidēji atcelmotajās platībās atsegti 33 % virsmas, bet kontroles platībās – 27 %. Atšķirības augsnes mineralizācijas pakāpē liecina arī par to, ka augsni labāk gatavot celmu izstrādes laikā, lai celmu izstrādes agregāta operators pats novērtētu papildus augsnes apstrādes nepieciešamību.

#### 14. *H. annosum* augļķermeņu sporulācijas sezonālās dinamikas novērtējums

Lai novērtētu sporu produkcijas potenciālu un sezonālo dinamiku, 2013. gadā turpināts 2012. gadā aizsāktais eksperiments. Bazīdijsporu uzskaitē veikta visu gadu no 2. janvāra līdz 23. decembrim vidēji vismaz vienu reizi nedēļā, kad gaisa temperatūra ir virs 0°C. Lai noteiktu, vai un cik intensīvi *H. annosum* sporulē, kad vidējā diennakts temperatūra ir zemāka par 5°C, pavasarī un rudenī sporu novērtējums veikts biežāk. Katrā sporu uzskaites laikā ar mēraparātu „Testo 610” veikti arī temperatūras un relatīvā gaisa mitruma mērījumi, lai novērtētu šo faktoru ietekmi uz sporu produkciju.

Pētījums veikts SIA „Rīgas meži” apsaimniekotajos mežos Tīreļu mežniecības Olaines iecirkņa teritorijā. Eksperimenta laikā četros sporu uzskaites punktos novērtēts izdalīto sporu daudzums zem sešiem *H. annosum* augļķermeņiem (55. attēls, 22. tabula). Petri plātes zem augļķermeņiem eksponētas no 1 līdz 10 minūtēm, atkarībā no gaisa temperatūras.

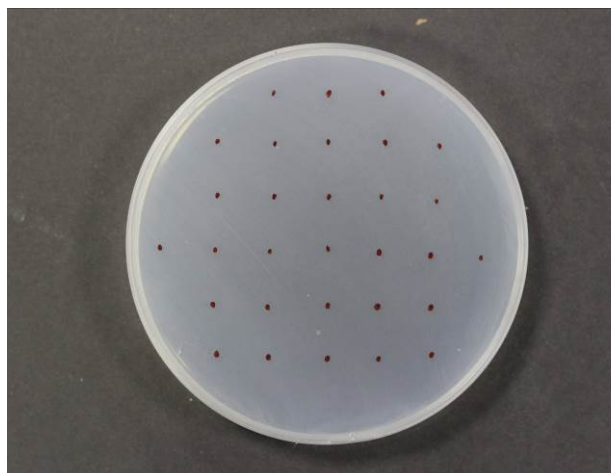
22. tabula. Pētījuma objektu raksturojums.

Augļķermeņa nr.	Kvartāls, nogabals	Kokaudzes formula	Meža tips	Platība, ha
1.1. 1.2. 1.3.	116. kv. 2. nog.	6E2P2B <sub>108</sub>	Ap	4,4
2. 3.	116. kv. 4. nog.	6E2Ma2B <sub>88</sub>	Kp	1,4
4.	92. kv. 9. nog.	6E <sub>87</sub> 2E <sub>108</sub> 2P <sub>88</sub> +B, Ma	As	3,3

Tā kā daļa augļķermeņu pētījuma laikā pārstāja sporulēt (par šo augļķermeņu dabisko novecošanu liecināja arī krāsas maiņa – himenofors kļuva brūns), tika izvēlēti citi blakus esoši augļķermeņi ar līdzīgu sporulējošo laukumu. Sporas skaitītas laboratorijas apstākļos ar mikroskopu „Leica” DM5000 B 30 redzes laukos (56. attēls) 50 x palielinājumā. Iegūtie dati pārrēķināti uz sporu skaitu, kas tiek izdalītas minūtes laikā uz vienu dm<sup>2</sup> tieši zem augļķermeņa.



55. attēls. Sporu produkcijas novērtējums zem *H. annosum* augļķermeņa.



56. attēls. Sporu uzskaites metodika laboratorijas apstākļos – sporu uzskaites punkti zem augļķermeņa eksponētajā Petri plātē.

Paralēli *H. annosum* sporulācijas sezonālās dinamikas pētījumiem, trīs reizes gadā veikta izdalīto sporu uzskaitē diennakts laikā (4 reizes 24 h laikā). Šobrīd tiek veikta ievāktu datu apstrāde un analīze.

## **15. Projekta ietvaros sagatavotās rekomendācijas sakņu trupes bojājumu ierobežošanai, t.sk. veicot mežsaimnieciskos darbus**

1. Veicot celmu izstrādi, ir lietderīgi vienlaicīgi veikt arī augsnes sagatavošanu.
2. Ar *H. annosum* inficētās platībās ieteicams izmantot Jaunjelgavas priežu plantācijas reproduktīvo materiālu.
3. Lai veicinātu atsevišķu skrejvaboļu populāciju attīstību, veicot celmu izstrādi, ieteicams atstāt celmus ar diametru lielāku par 50 cm.
4. Veģetācijas perioda laikā nav vēlams veikt sastāva kopšanas cirtes egļu audzēs.
5. Lai ierobežotu sakņu trupes izplatību saimnieciskajos mežos, nepieciešams izvākt arī maza diametra ( $\emptyset$  5-10cm) ar sakņu piepi inficētas egles mežizstrādes atliekas.

## 16. Literatūras saraksts

- Alaoui, A. & Diserens, E. 2011. Changes in soil structure following passage of a tracked heavy machine. *Geoderma* [online], 163(3-4), 283–290.
- Allmér, J. 2005. Fungal Communities in Branch Litter of Norway Spruce: Dead Wood Dynamics, Species Detection and Substrate Preferences. Doctoral thesis. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences 125: 29pp.
- Ampoorter, E., Goris, R., Cornelis, W. M. & Verheyen, K. 2007. Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. *Forest Ecology and Management* [online], 241(1-3), 162–174.
- Ampoorter, E., Van Nevel, L., De Vos, B., Hermy, M. & Verheyen, K. 2010. Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest soil compaction. *Forest Ecology and Management* [online], 260(10), 1664–1676.
- Arhipova N., Donis J., Gaitnieks T., Liepa I. 2010. Sakņu un stumbra trupi izraisošo sēņu sugu sastopamība egļu audzēs - lapu koku piemistrojuma ietekme uz *Heterobasidion* spp. izplatību. *Mežzinātne*, 22(55):2337-2345.
- Baumgartner K., Coetzee M.P.A., Hoffmeister D. 2011. Secrets of the subterranean pathosystem of *Armillaria*. *Molecular Plant Pathology* 12: 515-534.
- Beckman T.G., and P.L. Pusey. 2001. Field testing peach root-stocks for resistance to *Armillaria* root rot. *HortScience* 36:101-103.
- Bendel M., Rigling D., 2008. Signs and symptoms associated with *Heterobasidion annosum* and *Armillaria ostoyae* infection in dead and dying mountain pine (*Pinus mugo* ssp. *uncinata*). *Forest pathology* 38, 61-72.
- Bendz-Hellgren M., Brandtberg P.,O., Johansson M., Swedjemark G., Stenlid J. 1999. Growth rate of *Heterobasidion annosum* in *Picea abies* established on forest land and arable land. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14: 402 – 407.
- Brandtberg P-O., Johansson M., Seeger P. 1996. Effects of season and urea treatment on infection of stumps of *Picea abies* by *Heterobasidion annosum* in stands on former arable land. *Scandinavian journal of forest research*, 11(1-4): 261-268.
- Cleary M.R., Arhipova N., Morrison D.J., Thomsen I.M. Sturrock R.N., Vasaitis R., Gaitnieks T., Stenlid J. 2012. Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long term trials. *Forest ecology and management*, 290(15): 5-14.
- Delatour C., Weissenberg K., Dimitri L. 1998. Host rezistence. In: *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (ed.). CAB International, Wallingford, UK, pp.143-167.
- Dimitri L., Zycha H., Kliefoth R. 1971. Untersuchungen über die Bedeutung der Stubbeninfektion durch *Fomes annosus* für die Ausbreitung der Rotfäule der Fichte. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 90, s. 104 – 117.
- Gaitnieks T. 2008. Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte. Akciju sabiedrības „Latvijas valsts meži” un Latvijas Valsts Mežzinātnes institūta „Silava” zinātņietilpīgā līgumdarba starpatskaite. Līguma Nr. 5.5.-5.1/12001/05/23
- Gaitnieks T. 2009. Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte. Akciju sabiedrības „Latvijas valsts meži” un Latvijas Valsts Mežzinātnes institūta „Silava” zinātņietilpīgā līgumdarba starpatskaite. Līguma Nr. 5.5.-5.1/12001/05/23
- Gaitnieks, T. 2012. Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte. Akciju sabiedrības „Latvijas valsts meži” un Latvijas Valsts Mežzinātnes institūta „Silava” zinātņietilpīgā līgumdarba starpatskaite. Līguma Nr. 5.5.-5.1/000s/101/11/12.
- Greig B. J. W. 1998. Field recognition and diagnosis of *Heterobasidion annosum*. In: S.Woodward, J.Stenlid, R.Karjalainen, A.Hüttermann (ed.), *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. Wallingford: CAB International, 35 – 92 pp.



- Greig B. J. W., Pratt J.E. 1976. Some observations on longevity of *Fomes Annosus* in conifer stumps. *European Journal of Forest Pathology*, 6(4): 250–253.
- Gonthier P., Garbelotto M.M., Nicolotti G. 2005. Seasonal patterns of spore deposition of *Heterobasidion* species in four forests of the western Alps. *Phytopathology* 95(7), 759-767.
- Hagle S.K. Shaw III C.G. 1991. Avoiding and reducing losses from *Armillaria* Root disease. *Armillaria* root disease. United States Department of Agriculture Forest Service Agriculture Handbook No.691. 157-174 pp.
- Hansen, E.M., and Lewis, K.J. (Editors). 1997. *Compendium of conifer diseases*. American Phytopathological Society, St. Paul, Minn.
- Hodges C. S. 1969. Modes of infection and spread of *Fomes annosus*. *Annual Review of Phytopathology*, 7: 247 – 266.
- Ivory, M., Munga, F. 1983. Growth and survival of container-grown *Pinus caribaea* infected with various ectomycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 71: 339–344.
- Jonsson, B.G., Kruys, N., Ranius, T. 2005. Ecology of Species Living on Dead Wood – Lessons for Dead Wood Management. *Silva Fennica* 39 (2): 289-309.
- Junninen, K., Komonen, A. 2011. Conservation ecology of boreal polypores: A review. *Biological Conservation* 144:11-20.
- Kallio T. 1970. Aerial distribution of the root-rot fungus *Fomes annosus* (Fr.) Cooke in Finland. *Acta Forestalia Fennica* 107:1–55.
- Kallio T., Hallaksela A.-M. 1979. Biological control of *Heterobasidion annosum* (Fr.). *Bref. (Fomes annosus) in Finland. Eur. J. For. Path.*, 9 (5), 298-308.
- Kenigvalde, K. 2009. Vietējo un introducēto skujkoku sugu inficēšanās ar *Heterobasidion annosum* s.l. Bakalaura darbs. Rīga, Latvijas Universitāte, 52 lpp.
- Korhonen K. 1978. Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. - *Metsantutkimuslaitoksen Julkaisuja*, 94 (6): 25.
- Korhonen K. 2001. Simulated stump treatment experiments for monitoring the efficacy of *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion annosum*. In: *Proceedings of 10th IUFRO Conference on Root and Butt Rots. Quebec City. September 16-22, 2001. Canada: 207.*
- Korhonen K., Stenlid J. 1998. Biology of *Heterobasidion annosum*. – In: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. (ed.) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. Wallingford: CAB International, 43-70 pp.
- Lauska A. 1961. Sakņu trupe (*Fomes annosus* Fr.) priežu audzēs. *Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas vēstis*, 12 (173): 123 – 128.
- Lazdāns, V. & Zimelis, A. 2008. Dažādu meža atjaunošanas paņēmieni pielietošanas iespēju analīze platībās, kur veikta celmu izstrāde enerģētiskās koksnes sagatavošanai. *LVMI Silava*.
- Lazdiņa, D. 2008. Mehanizētās ietvarstādu stādīšanas tehnoloģiju mežsaimnieciskais novērtējums. Salaspils: Latvijas Valsts Mežzinātnes Institūts "SILAVA".
- Lazdiņa, D., Lazdiņš, A. & Zimelis, A. 2008. Mechanized planting in Latvia – preliminary results. *Proceedings of The Nordic-Baltic Conference on Forest Operations, Copenhagen, 2008. p 20. Copenhagen: Forest & Landscape Denmark University of Copenhagen. ISBN 978-87-7903-367-2.*
- Lazdiņš, A., Donis, J., Kļaviņa, D. & Šmits, A. 2010a. AS "Latvijas valsts meži" valdījumā esošajos mežos bojāto egļu audžu masveida bojājumu iemeslu noskaidrošana un rekomendāciju izstrāde bojāto audžu apsaimniekošanai. Salaspils: LVMI Silava. (5.5-5.1/0027/120/10/9).
- Lazdiņš, A., Donis, J., Kļaviņa, D. & Šmits, A. 2010b. Egļu audžu masveida bojājumu celozu izzināšana SIA "Rīgas meži" nosusinātās meža zemēs. Salaspils: LVMI Silava. (SRM-10-187-LĪ).
- Lee, K.J. 1992. A ten-year result of artificial inoculation of pines with ectomycorrhizal fungi, *Pisolithus tinctorius* and *Thelephora terrestris*. *Journal of Korean Forestry Society* 81: 156–163.

- Lindhe, A., Asenblad, N., Toresson, H.G. 2004. Cut logs and high stumps of spruce, birch, aspen and oak – nine years of saproxylic fungi succession. *Biological Conservation*. 119: 443-454.
- Lygis V. 2005. Root rot in north-temperate forest stands: biology, management and communities of associated fungi. Doctor's dissertation. 39 pp.
- Lygis V., Vasiliauskas R., Stenlid J., Vasiliauskas A. 2004a. Silvicultural and pathological evaluation of Scots pine afforestations mixed with deciduous trees to reduce the infections by *Heterobasidion annosum* s.s. *Forest ecology and management*, 201: 275–285.
- Marx, D.H., Cordell, C.E., Kenney, D.S., Mexal, J.G., Artman, J.D., Riffle, J.W., Molina, R. 1984. Commercial vegetative inoculum of *Pisolithus tinctorius* and inoculation techniques for development of ectomycorrhizae on bare root tree seedlings. *Forest science - Monograph* 25: 101.
- Menkis, A., Vasiliauskas, R., Taylor, A.F.S., Stenlid, J., Finlay, R. 2007. Afforestation of abandoned farmland with conifer seedlings inoculated with three ectomycorrhizal fungi - impact on plant performance and ectomycorrhizal community. *Mycorrhiza* 17: 337–348.
- Menkis, A., Uotila, A., Arhipova, N., Vasaitis, R. 2010. Effects of stump and slash removal on growth and mycorrhization of *Picea abies* seedlings outplanted on a forest clear-cut. *Mycorrhiza* 20: 505–509.
- Menkis, A., Bakys, R., Lygis, V., Vasaitis, R. 2011. Mycorrhization, establishment and growth of outplanted *Picea abies* seedlings produced under different cultivation systems. *Silva Fennica* 45: 283–289.
- Menkis, A., Vasaitis, R. 2011. Fungi in roots of nursery grown *Pinus sylvestris*: ectomycorrhizal colonisation, genetic diversity and spatial distribution. *Microbial Ecology* 61: 52–63.
- Ministru Kabinets (2012). MK noteikumi Nr. 308 "Meža atjaunošanas, meža ieaudzēšanas un plantāciju meža noteikumi". Latvijas vēstnesis. Pieejams: <http://www.likumi.lv/doc.php?id=247349>.
- Morrison D.J., Williams R.E., Whitney R. D. 1991. Infection, Disease, Development, Diagnosis and Detection. Armillaria root disease. United States Department of Agriculture Forest Service Agriculture Handbook No.691. 62-75. pp.
- Morrison D. J., Redfern D. B. 1994. Long-term development of *Heterobasidion annosum* in basidiospore-infected Sitka spruce stumps. *Plant Pathology*, 43(5): 897 – 906.
- Nugent, C., Kanali, C., Owende, P. M. ., Nieuwenhuis, M. & Ward, S. 2003. Characteristic site disturbance due to harvesting and extraction machinery traffic on sensitive forest sites with peat soils. *Forest Ecology and Management* [online], 180(1–3), 85–98.
- Ottosson, E. 2013. Succession of Wood-inhabiting Fungal Communities. Doctoral Thesis No. 2013:17 Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Penttila, R. 2004. The impacts of forestry on polyporous fungi in boreal forests. PhD thesis, University of Helsinki, Helsinki, Finland.
- Perry, A.D., Molina, R., Amaranthus, P.M. 1987. Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 929–940.
- Piri T. 1996. The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European Journal of Forest Pathology*, 26: 193 – 204.
- Piri T. 2003. Early development of root rot in young Norway spruce planted on sites infected by *Heterobasidion* in southern Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 33: 604 – 611.
- Piri T. 2003a. Silvicultural control of *Heterobasidion* root rot in Norway spruce forests in southern Finland. Regeneration and vitality fertilization of infected stands (vältöskirja). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja - The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 898, 64 pp.

- Prospero S., Holdenrieder O., Rigling D., 2006. Rhizomorph production and stump colonization by co-occurring *Armillaria cepistipes* and *Armillaria ostoyae*: an experimental study. *Forest pathology* 36,21-31.
- Redfern D.,B., Gregory.M. F.1991 Inoculum and infection. *Armillaria* root disease.United States Department of Agriculture Forest Service Agriculture Handbook No.691. 48-62. pp.
- Roll-Hansen, F.1985. The *Armillaria* species in Europe. *Eur. J. For. Path.* 15:22-31
- Shaw C. G., III; Kile G. A. 1991. *Armillaria* root disease.United States Department of Agriculture Forest Service Agriculture Handbook No.691. 231 pp.
- Sinclair W.A.,Lyon H. 2005. Diseases of trees and shrubs. Cornell University press. 660 pp.
- Slaughter, G. W.; J. R. Parmeter Jr., 1995: Enlargement of tree-mortality centers surrounding pine stumps infected by *Heterobasidion annosum* in northeastern California. *Canadian Journal of Forest Research*, 25, 244-252.
- Solheim H. 1994. Infeksjon av rotkjuke på granstubber til ulike årstider og effekten av ureabehandling (Seasonal infection of *Heterobasidion annosum* on stumps of Norway spruce and surface coating with urea). Norsk Institutt for Skogforskning, Rapport Skogforsk 3/94, p. 10 (in Norwegian with English summary).
- Stenlid, J. 1985. Population structure of *Heterobasidion annosum* as determined by somatic incompatibility, sexual incompatibility, and isoenzyme patterns. *Canadian Journal of Botany*, 63: 2268 – 2273
- Stenlid J., Redfern D.B. 1998. Spread within the tree and stand. – In: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. (ed.) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. Wallingford: CAB International, 126-129.
- Stivriņa, B., Kenigsvalde, K., Korhonen, K., Gaitnieks, T. 2010. Lielu dimensiju ciršanas atlieku ietekme uz *Heterobasidion* spp. infekcijas izplatību. *Mežzināte* 22(55): 88-102.
- Stokland, J.N., Larsson, K.H. 2011. Legacies from natural forest dynamics: Different effects if forest management on wood-inhabiting fungi in pine and spruce forests. *Forest Ecology and Management* 261: 1707-1721.
- Svensson S. 2011. *Pinus contorta* susceptibility to *Heterobasidion* spp. Master Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, 40 pp.
- Swedjemark G., Stenlid J. 1993. Population dynamics of the root rot fungus *Heterobasidion annosum* following thinning of *Picea abies*. *Oikos*, 66: 247 – 254.
- Vaario, L.M., Tervonen, A., Haukioja, K., Haukioja, M., Pennanen, T., Timonen, S. 2009. The effect of nursery substrate and fertilization on the growth and ectomycorrhizal status of containerized and outplanted seedlings of *Picea abies*. *Canadian Journal of Forest Research* 39: 64–75.
- Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I. M., Barklund, P. & Dahlberg, A. 2008. Stump removal to control root rot in forest stands. A literature review. *Silva Fennica*, 42, 457-483.
- Vasiliauskas, R., Lygis, V., Larsson, K.H., Stenlid, J. 2005. Airborne fungal colonization if coarse wood debris in North Temperate *Picea abies* forest: impact of season and local spatial scale. *Mycol. Res.* 109 (4): 487-496.
- Vollbrecht G., Gemmel P., Pettersson N. 1995. The effect of precommercial thinning on the incidence of *Heterobasidion annosum* in planted *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 10, 37–41.
- Wahlström K. T. 1992. Infection biology of *Armillaria* species:in vitro pectinolytic activity, infection strategy, field distribution and host responses. Uppsala.Swedish University of Agricultural Sciences 46 pp.
- Walmsley J. D., Godbold D. L. 2010. Stump harvesting for bioenergy – A review of the environmental impacts. *Forestry*, 83(1): 17 – 38.
- Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. (eds.) (1998) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control, CAB International, Wallingford, UK, 589 pp.
- Yu, T., Egger, K.N., Peterson, R.L. 2001. Ectendomycorrhizal associations - characteristics and functions. *Mycorrhiza* 11: 167–177.

- Василяускас, А. 1989. Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов. Вильнюс, 175 с.
- Спалвиньш З., Ружа Р., Гоба А. 1989. Региональные различия в устойчивости потомства сосны обыкновенной к корневым гнилям. Защита сосны и ели в Латвийской ССР.- Зинатне, Рига, 90-110 с.

## Ūdens analīžu rezultātu kopsavilkums.

Objekts	Variants	Dziļums, cm	pH			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg L <sup>-1</sup>			P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mg L <sup>-1</sup>		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Dursupe	atcelmots	30	8,0			0,00			0,06		
		60	8,2	8,1		0,00	0,00		0,00	0,03	
	kontrolē	30	8,1			0,00					
		60	7,9			0,00			0,03		
Nītaure	atcelmots	30	7,7	7,6	7,5	0,00	0,00		0,00	0,00	0,01
		60	7,8	7,8	7,8	6,18	0,02		0,00	0,00	0,00
	kontrolē	30	8,0	7,9	8,1	0,01	0,00		0,00	0,00	0,01
		60	8,0	8,0	8,3	6,92	0,00		0,00	0,00	0,00
Ķegums	atcelmots	30	8,1	8,1	8,3	0,21	0,00		0,00	0,00	0,01
		60	8,0	8,1	8,1	0,01	0,01		0,07	0,00	0,00
	kontrolē	30	8,1	8,1	8,2	0,00	0,00		0,01	0,01	0,01
		60	8,1	8,1	8,2	0,03				0,01	0,01
<b>Visi varianti</b>			<b>8,0</b>	<b>8,0</b>	<b>8,1</b>	<b>1,11</b>	<b>0,00</b>		<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
Objekts	Variants	Dziļums, cm	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg L <sup>-1</sup>			K, mg L <sup>-1</sup>			Ca, mg L <sup>-1</sup>		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Dursupe	atcelmots	30	0,02			6,69					
		60	0,01	0,03		4,67	2,71			23,00	
	kontrolē	30	0,03			2,71					
		60	0,26			2,47					
Nītaure	atcelmots	30	0,02	0,03		4,57	2,23	1,40	28,00	25,35	22,01
		60	0,01	0,01	0,02	4,46	3,55	2,75	32,60	32,49	25,21
	kontrolē	30	0,01	0,02		4,89	3,02			33,42	
		60	0,05	0,01		6,08	2,78	0,20	34,13	36,95	43,90
Ķegums	atcelmots	30	0,01	0,01		3,96	1,25	0,26	40,82	44,47	36,44
		60	0,00	0,01	0,01	1,72	0,92	0,63	24,28	32,54	23,76
	kontrolē	30	0,01	0,02		7,04	3,62		52,36	52,12	
		60	0,01	0,02		2,29	2,54	1,70		34,06	24,77
<b>Visi varianti</b>			<b>0,04</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>4,30</b>	<b>2,51</b>	<b>1,16</b>	<b>35,36</b>	<b>34,93</b>	<b>29,35</b>
Objekts	Variants	Dziļums, cm	Mg, mg L <sup>-1</sup>			N <sub>kop.</sub> , mg L <sup>-1</sup>			EVS, μS cm <sup>-1</sup>		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Dursupe	atcelmots	30	1,85			3,38					
		60	1,80	0,97		2,62	3,79			343,5	
	kontrolē	30				2,45					
		60	0,80			2,92					
Nītaure	atcelmots	30	3,54	1,55	1,89	2,09	1,44	0,92		205	191,25
		60	3,53	2,10	2,09	6,19	1,77	0,96		261	226,5
	kontrolē	30	4,12	1,64		1,89	1,7	1,43		283	304,5
		60	3,44	1,80	2,20	6,975	1,52	1,03		309	380
Ķegums	atcelmots	30	3,18	1,38		1,37	1,27	1,05		328	309
		60	1,88	1,27	1,56	0,83	0,61	0,58		276,5	229
	kontrolē	30	4,60	2,29		1,67	1,35	1,12		398,5	321,5
		60		1,91	2,05	1,04	1,16	0,83		314,5	267,5
<b>Visi varianti</b>			<b>2,87</b>	<b>1,66</b>	<b>1,96</b>	<b>2,785</b>	<b>1,623</b>	<b>0,99</b>		<b>302,11</b>	<b>278,656</b>

Pētījumā konstatēto taksonu saraksts sadalījumā pa materiāla ievākšanas veidiem.

Kārta, dzimta	Ģints, suga	Ievākto īpatņu skaits			
		Augsnes lamatas	Logu lamatas	Celmu mizas paraugi	KOPĀ
COLEOPTERA					
Dytiscidae					
1.	<i>Hydroporus palustris</i>		1		1
2.	<i>Copelatus haemorrhoidalis</i>	1			1
3.	<i>Ilybius fuliginosus</i>		1		1
4.	<i>Rhantus grapii</i>		1		1
5.	<i>Acilius canaliculatus</i>		1		1
Carabidae					
6.	<i>Carabus cancellatus</i>	15		2	17
7.	<i>Carabus granulatus</i>	18	1	7	26
8.	<i>Carabus coriaceus</i>	2			2
9.	<i>Carabus nemoralis</i>	11	1		12
10.	<i>Carabus hortensis</i>	9			9
11.	<i>Carabus glabratus</i>	5			5
12.	<i>Cychrus caraboides</i>	8			8
13.	<i>Notiophilus aquaticus</i>	2			2
14.	<i>Notiophilus biguttatus</i>	6			6
15.	<i>Notiophilus palustris</i>	2			2
16.	<i>Notiophilus greminyi</i>	1			1
17.	<i>Elaphrus cupreus</i>	1			1
18.	<i>Loricera pilicornis</i>	11	2		13
19.	<i>Dyschirius globosus</i>	1			1
20.	<i>Patrobus atrorufus</i>	6			6
21.	<i>Trechus secalis</i>	7	1		8
22.	<i>Trechus quadristriatus</i>	22			22
23.	<i>Bembidion lampros</i>	2		1	3
24.	<i>Bembidion properans</i>	6	1	1	8
25.	<i>Bembidion femoratum</i>	8			1
26.	<i>Bembidion tetracolum</i>	1			1
27.	<i>Bembidion humerale</i>	2			2
28.	<i>Bembidion doris</i>	2			2
29.	<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	7	1		8
30.	<i>Tachyta nana</i>			5	5
31.	<i>Agonum sexpunctatus</i>	6	3	1	10
32.	<i>Agonum fuliginosum</i>	3			3
33.	<i>Agonum muelleri</i>	1			1
34.	<i>Agonum afrum</i>	8		1	9
35.	<i>Platynus assimile</i>	25	2	19	46
36.	<i>Oxypselaphus obscurus</i>	12		8	20
37.	<i>Poecilus coereleus</i>	13			13
38.	<i>Pterostichus niger</i>	59		2	61
39.	<i>Pterostichus melanarius</i>	16		1	17
40.	<i>Pterostichus strenuus</i>	9			9
41.	<i>Pterostichus diligens</i>	3			3
42.	<i>Pterostichus minor</i>	2			2
43.	<i>Pterostichus nigrita</i>	5			5
44.	<i>Pterostichus rhaeticus</i>	1			1
45.	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	78	2	18	98
46.	<i>Pterostichus aethiops</i>	21		5	26
47.	<i>Calathus melanocephalus</i>	16			16
48.	<i>Calathus micropterus</i>	29			29
49.	<i>Calathus erratus</i>	56	4		60

50.	<i>Calathus fuscipes</i>	5			5
51.	<i>Amara familiaris</i>	8			8
52.	<i>Amara aenea</i>	6			6
53.	<i>Amara fusca</i>	5			5
54.	<i>Amara communis</i>	6			6
55.	<i>Amara similata</i>	1			1
56.	<i>Amara spreta</i>	2			2
57.	<i>Amara bifrons</i>	2			2
58.	<i>Amara consularis</i>	4			4
59.	<i>Amara aulica</i>	5	1		6
60.	<i>Badister bullatus</i>	1			1
61.	<i>Badister dilatatus</i>	1			1
62.	<i>Badister collaris</i>	1			1
63.	<i>Ophonus rufibarbis</i>	1			1
64.	<i>Harpalus rufipes</i>	15			15
65.	<i>Harpalus latus</i>	1			1
66.	<i>Harpalus laevipes</i>	6			6
67.	<i>Anisodactylus binotatus</i>	1			1
68.	<i>Acupalpus dorsalis</i>		1		1
69.	<i>Stenolophus mixtus</i>	1			1
70.	<i>Dicheirotichus rufithorax</i>	2			2
71.	<i>Anthracus consputus</i>		1		1
72.	<i>Dromius agilis</i>			3	3
73.	<i>Dromius fenestratus</i>			1	1
74.	<i>Philorhizus sigma</i>			5	5
75.	<i>Syntomus truncatellus</i>	1			1
<b>Cholevidae</b>					
76.	<i>Sciodrepoides watsoni</i>	22			22
77.	<i>Sciodrepoides sp.</i>	25			25
78.	<i>Apocatops nigrinus</i>	7			7
79.	<i>Catops sp.</i>	11			11
<b>Histeridae</b>					
80.	<i>Saprinus sp.</i>	1			1
90.	<i>Dendrophilus corticalis</i>			2	2
91.	<i>Margarinotus ventralis</i>	1			1
92.	<i>Margarinotus striola</i>	2			2
93.	<i>Hister unicolor</i>	2			2
<b>Leiodidae</b>					
94.	<i>Leiodes sp.</i>			9	9
95.	<i>Agathidium sp.</i>			7	7
<b>Silphidae</b>					
96.	<i>Thanatophilus sinuatus</i>	13	5		18
97.	<i>Thanatophilus rugosus</i>	1			1
98.	<i>Oiceoptoma thoracica</i>	17	8		25
99.	<i>Nicrophorus vespilloides</i>	56	34		90
100.	<i>Nicrophorus vespillo</i>	4	1		5
<b>Staphylinidae</b>					
101.	<i>Xantoholinus tricolor</i>			1	1
102.	<i>Nudobius lentus</i>			9	9
103.	<i>Anthobium sp.</i>	1	3		4
104.	<i>Drusilla canaliculata</i>	19			19
105.	<i>Staphylinus erythropterus</i>	34			34
106.	<i>Ocypus sp.</i>	1			1
107.	<i>Quedius sp.</i>	5	2	6	13
108.	<i>Phylonthus sp.</i>	17			17
109.	<i>Ontholestes murinus</i>	1			1
110.	<i>Lordithon lunulatus</i>		1		1
111.	<i>Anotylus rugosus</i>	6	5		11
112.	<i>Anotylus sp.</i>	2	7		9

113.	<i>Stenus sp.</i>	8			8
114.	<i>Tachyporus sp.</i>	12			12
115.	<i>Tachynus sp.</i>	4			4
116.	<i>Aleochara curtula</i>	1			1
117.	<i>Aleochara sp.</i>	6	1		7
118.	<i>Lordithon sp.</i>	13	5		18
	<i>Staphylinidae not det.</i>	85	12	25	122
Geotrupidae					
119.	<i>Anoplotrupes stercorosus</i>	66	3		69
Lucanidae					
120.	<i>Platycerus caraboides</i>		1		1
Scarabaeidae					
121.	<i>Aphodius rufipes</i>		1		1
122.	<i>Cetonia aurata</i>	1	3		4
123.	<i>Potosia metallica</i>		2		2
124.	<i>Serica brunnea</i>		19		19
125.	<i>Trichius fasciatus</i>	1	21		22
Scirtidae					
126.	<i>Microcara testacea</i>	1			1
127.	<i>Cyphon padi</i>	1	10		11
128.	<i>Cyphon variabilis</i>		5		5
129.	<i>Cyphon hilaris</i>		1		1
130.	<i>Cyphon sp.</i>		2		2
Buprestidae					
131.	<i>Chalcophora mariana</i>		1		1
132.	<i>Buprestis haemorrhoidalis</i>		3		3
133.	<i>Buprestis rustica</i>		1		1
134.	<i>Phaenops cyanea</i>		1		1
135.	<i>Anthaxia godeti</i>		1		1
135.	<i>Anthaxia quadripunctata</i>		2		2
Byrrhidae					
136.	<i>Byrrhus fasciatus</i>	1			1
Throscidae					
137.	<i>Trixagus dermestoides</i>		2		2
Elateridae					
138.	<i>Agrypnus murinus</i>		4		4
139.	<i>Hemicrepidius niger</i>		4		4
140.	<i>Athous subfuscus</i>		18		18
141.	<i>Athous vittatus</i>		1		1
142.	<i>Denticollis linearis</i>	1	11		12
143.	<i>Prosternon tessellatum</i>		2		2
144.	<i>Selatosomus aeneus</i>		5		5
145.	<i>Selatosomus impressus</i>		1		1
146.	<i>Selatosomus cruciatus</i>		1		1
147.	<i>Melanotus villosus</i>	1	8		9
148.	<i>Melanotus castanipes</i>		14		14
149.	<i>Sericus brunneus</i>		2		2
149.	<i>Agriotes lineatus</i>		1		1
142.	<i>Dalopius marginalis</i>	8	36		44
143.	<i>Adrastus pallens</i>	15	43		58
144.	<i>Ampedus balteatus</i>	1	6	2	9
145.	<i>Ampedus sanguineus</i>	1	4	1	6
146.	<i>Ampedus sp.</i>		1		1
147.	<i>Cardiophorus ruficollis</i>		2		2
Lycidae					
148.	<i>Pyropterus nigroruber</i>		2		2
149.	<i>Lygistopterus sanguineus</i>	1	5	1	7
Lampyridae					
149.	<i>Lampyris noctiluca</i>	1			1
150.	<i>Phosphaenus hemipterus</i>			1	1



Trogoxipidae					
151.	<i>Ostoma ferruginea</i>		8	7	15
152.	<i>Peltis grossum</i>		2		2
Cantharidae					
153.	<i>Rhagonycha fulva</i>		1		1
Anobiidae					
154.	<i>Hadrobregmus pertinax</i>		1		1
Cleridae					
155.	<i>Thanasimus formicarius</i>		9	2	11
156.	<i>Thanasimus femoralis</i>			1	1
Dasytidae					
157.	<i>Dasytes niger</i>		11		11
158.	<i>Dasytes sp.</i>		27		27
Melyridae					
159.	<i>Malachius aeneus</i>		1		1
160.	<i>Cordylepherus viridis</i>		1		1
161.	<i>Anthocomus rufus</i>	1			1
Nitidulidae					
162.	<i>Meligethes aeneus</i>		8		8
163.	<i>Meligethes viridescens</i>	2	34		36
164.	<i>Meligethes sp.</i>	2	23		25
165.	<i>Epuraea sp.</i>		9		9
166.	<i>Cychramus luteus</i>		42		42
167.	<i>Cychramus variegatus</i>		17		17
168.	<i>Glyschrochilus quadripunctatus</i>		2	8	10
169.	<i>Glyschrochilus hortensis</i>	2	6	4	12
170.	<i>Glyschrochilus quadrisignatus</i>			2	2
171.	<i>Glyschrochilus quadriguttatus</i>			2	2
172.	<i>Kateretes pedicularis</i>		1		1
173.	<i>Brachypterus urticae</i>		7		7
Monotomidae					
174.	<i>Rhizophagus ferrugineus</i>		1	9	10
175.	<i>Rhizophagus dispar</i>			1	1
176.	<i>Rhizophagus bipustulatus</i>			3	3
177.	<i>Rhizophagus grandis</i>			1	1
Silvanidae					
178.	<i>Silvanus bidentatus</i>		3	3	6
179.	<i>Dendrophagus crenatus</i>			1	1
Cryptophagidae					
180.	<i>Cryptophagus sp.</i>		3	1	4
181.	<i>Atomaria fuscata</i>		1		1
182.	<i>Atomaria sp.</i>		1	1	2
183.	<i>Antheroiphagus nigricornis</i>		1		1
Phalacridae					
184.	<i>Stilbus sp.</i>	1	4		5
185.	<i>Olibrus millefolii</i>		3		3
186.	<i>Olibrus sp.</i>		6		6
Erotylidae					
187.	<i>Triplax aenea</i>		1		1
188.	<i>Triplax scutellaris</i>		2		2
189.	<i>Dacne sp.</i>			1	1
Cerylonidae					
190.	<i>Cerylon ferrugineum</i>		1	12	13
191.	<i>Cerylon histeroides</i>			6	6
Coccinellidae					
192.	<i>Propylea quatuordecimguttata</i>		3	1	4
193.	<i>Aphydecta oblitterata</i>			7	7
194.	<i>Myrrha octodecimguttata</i>			3	3
195.	<i>Hippodamia notata</i>	2	2		4
196.	<i>Coccinella septempunctata</i>	1	14		15

197.	<i>Coccinella quinquepunctata</i>	2	5		7
198.	<i>Adalia decempunctata</i>		1		1
199.	<i>Myzia oblongoguttata</i>		1		1
200.	<i>Scymnus frontalis</i>		1		1
201.	<i>Scymnus suturalis</i>			3	3
202.	<i>Thea vigintiduopunctata</i>	2			2
Endomychidae					
203.	<i>Endomychus cocineus</i>			4	4
Latridiidae					
204.	<i>Enicmus sp.</i>			1	1
205.	<i>Corticaria sp.</i>		1	5	6
206.	<i>Corticicara gibbosa</i>		6	1	7
207.	<i>Corticarina fuscula</i>	1	4		5
Mycetophagidae					
208.	<i>Mycetophagus quadripustulatus</i>		3		3
209.	<i>Mycetophagus piceus</i>		1		1
210.	<i>Mycetophagus multipunctatus</i>		1		1
211.	<i>Typhaea stercorea</i>		1		1
Ciidae					
212.	<i>Cis boleti</i>			1	1
213.	<i>Cis sp.</i>			1	1
Melandryidae					
214.	<i>Serropapllus barbatus</i>		2		2
215.	<i>Xylita sp.</i>		2		2
216.	<i>Orchesia minor</i>			1	1
Mordellidae					
217.	<i>Mordella holomelaena</i>	2	15		17
218.	<i>Mordella aculeata</i>		4		4
219.	<i>Mordellistena sp.</i>		2		2
220.	<i>Curtimorda maculosa</i>		1		1
221.	<i>Hoshihananomia perlata</i>		1		1
Oedemeridae					
222.	<i>Oedemera lurida</i>		1		1
223.	<i>Chrysanthia viridis</i>		3		3
Zopheridae					
224.	<i>Synchita humeralis</i>			2	2
Pythidae					
225.	<i>Pytho depressus</i>		1	7	8
Salpingidae					
226.	<i>Sphaeriestes bimaculatus</i>			3	3
227.	<i>Robocerus foveolatus</i>			1	1
228.	<i>Salpingus ruficollis</i>			2	2
Anthicidae					
229.	<i>Omonadus floralis</i>		1		1
Tenebrionidae					
230.	<i>Lagria hirta</i>	1	11		12
231.	<i>Uloma rufa</i>	1	3	6	10
232.	<i>Uloma culinaris</i>			2	2
233.	<i>Corticeus sp.</i>		4		4
234.	<i>Prionychus ater</i>		1		1
Aderidae					
235.	<i>Anidorus nigrinus</i>		1		1
Cerambycidae					
236.	<i>Rhagium inquisitor</i>	1	7	5	13
237.	<i>Tetropium castaneum</i>		1		1
238.	<i>Tetropium fuscum</i>		1		1
239.	<i>Leptura quadrifasciata</i>	2	12		14
240.	<i>Anastrangalia reyi</i>		2		2
241.	<i>Stictoleptura rubra</i>	8	36		44
242.	<i>Paracorymbia maculicornis</i>		1		1

243.	<i>Stenurella melanura</i>		5		5
244.	<i>Acanthocinus aedilis</i>		1		1
245.	<i>Acanthocinus griseus</i>		1		1
246.	<i>Monochamus galloprovincialis</i>		1		1
247.	<i>Pogonocherus fasciculatus</i>			1	1
<b>Chrysomelidae</b>					
248.	<i>Chrysomela populi</i>		2		2
249.	<i>Chrysomela tremulae</i>		22		22
250.	<i>Chrysomela vigintipunctata</i>	1			1
251.	<i>Chrysolina staphylea</i>		2		2
252.	<i>Plagioderia versicolore</i>		1		1
253.	<i>Phratora vitellinae</i>		9		9
254.	<i>Phratora vulgatissima</i>	1	10		11
255.	<i>Phratora sp.</i>		2		2
256.	<i>Galerucella lineola</i>		5		5
257.	<i>Lochmaea caprea</i>		7		7
258.	<i>Batophila rubi</i>		1		1
259.	<i>Cassida viridis</i>		1		1
260.	<i>Psylliodes sp.</i>		1	1	2
	<i>Halticinae not det.</i>	4	12	1	17
<b>Curculionidae</b>					
261.	<i>Otiorhynchus ovatus</i>	1			1
262.	<i>Hylobius abietis</i>	33	29		62
263.	<i>Hylobius pinastri</i>	10	11		22
263.	<i>Magdalis sp.</i>		1		1
264.	<i>Strophosoma capitata</i>		9		9
265.	<i>Pissodes sp.</i>	1	6		7
266.	<i>Hypera sp.</i>		1		1
267.	<i>Sitona sp.</i>	1	2		3
	<i>Curculionidae, Apionidae not det.</i>	4	19		23
<b>DIPTERA</b>					
<b>Asilidae</b>					
268.	<i>Laphria flava</i>		4		4
269.	<i>Laphria gibbosa</i>		2		2
270.	<i>Laphria sp.</i>		4		4
	<i>Asilidae not det.</i>		5		5
<b>RAPHIDIOPTERA</b>					
<b>Raphidiidae</b>					
271.	<i>Raphidia sp.</i>		1		1
<b>CHILOPODA</b>					
<b>Lithobiidae</b>					
	<i>Lithobiidae not det.</i>	19	1		20
<b>DIPLOPODA</b>					
	<i>Diplopoda not det.</i>	11			11
<b>KOPĀ</b>					
		1188	931	267	<b>2386</b>

### 3.Pielikums

Vaboļu daudzveidības salīdzinājums atcelmotajos un neatcelmotajos parauglaukumos.

Kārta, dzimta	Sugu skaits atcelmotajos parauglaukumos	Sugu skaits neatcelmotajos parauglaukumos
COLEOPTERA		
Dytiscidae	4	3
Carabidae	49	43
Cholevidae	4	4
Histeridae	3	3
Leiodidae	2	2
Silphidae	3	4
Staphylinidae	10	13
Geotrupidae	1	1
Lucanidae	0	1
Scarabaeidae	2	3
Scirtidae	3	3
Buprestidae	2	5
Byrrhidae	1	0
Throscidae	1	0
Elateridae	8	12
Lycidae	0	2
Lampyridae	1	1
Trogossitidae	0	2
Cantharidae	1	0
Anobiidae	0	1
Cleridae	1	2
Dasytidae	2	1
Melyridae	2	1
Nitidulidae	9	6
Monotomidae	1	3
Silvanidae	0	2
Cryptophagidae	1	3
Phalacridae	3	2
Erotylidae	1	2
Cerylonidae	0	2
Coccinellidae	7	5
Endomychidae	0	1
Latridiidae	1	3
Mycetophagidae	1	3
Ciidae	0	1
Melandryidae	1	2
Mordellidae	3	4
Oedemeridae	2	0
Zopheridae	0	1
Pythidae	0	1
Salpingidae	0	3
Anthicidae	1	0
Tenebrionidae	3	4
Aderidae	1	0
Cerambycidae	7	10
Chrysomelidae	8	9
Curculionidae	8	6
KOPĀ	158	183

4.pielikums

Sēņu sugu daudzveidība uz lielu dimensiju trupējušām egles koksnes atliekām.

Nr.p. k.	Sēņu suga	Dm		Kp		Ar mizas bojājumiem		Bez mizas bojājumiem		Kopā uz atliekām		Celmi	
		Atliekas, skaits	Atliekas, %	Atliekas, skaits	Atliekas, %	Atliekas, skaits	Atliekas, %	Atliekas, skaits	Atliekas, %	Atliekas, skaits	Atliekas, %	Celmi, skaits	Celmi, %
1	<i>Amylostereum chailletii</i>	4	11,11							6	2,55		
2	<i>Armillaria sp.</i>	7	19,44	40	100	15	93,75	19	95	185	78,72	22	55
3	<i>Ascocoryne cylichnium</i>	3	8,33	2	5	2	12,5	1	5	5	2,13	4	10
4	<i>Bisporella citrina</i>									8	3,40		
5	<i>Bjerkandera adusta</i>	1	2,78							1	0,43		
6	<i>Calocera sp.</i>					1	6,25			5	2,13		
7	<i>Coniophora puteana</i>	3	8,33					1	5	7	2,98		
8	<i>Crepidotus sp.</i>			1	2,5					1	0,43		
9	<i>Cylindrobasidium evolvens</i>	8	22,22					1	5	20	8,51		
10	<i>Fomitopsis pinicola</i>	5	13,89	1	2,5			1	5	7	2,98		
11	<i>Gymnopilus penetrans</i>	1	2,78							3	1,28		
12	<i>Heterobasidion sp.</i>	34	94,44	40	100	12	75	20	100	219	93,19	33	82,5
13	<i>Hypholoma capnoides</i>									1	0,43		
14	<i>Hypholoma fasciculare</i>	2	5,56	2	5	2	12,5	1	5	21	8,94		
15	<i>Leocarpus sp.</i>	1	2,78	1	2,5			2	10	5	2,13		
16	<i>Lycogala sp.</i>									3	1,28		
17	<i>Marasmius sp.</i>	1	2,78	2	5					3	1,28		
18	<i>Mycena epipterygia</i>											4	10
19	<i>Mycena galericulata</i>									1	0,43		
20	<i>Mycena galopus</i>	1	2,78							2	0,85		
21	<i>Mycena leptcephala</i>									2	0,85	2	5
22	<i>Mycena sp.</i>	1	2,78	5	12,5	3	18,75	4	20	23	9,79	7	17,5
23	<i>Phanerochaete sordida</i>	4	11,11	1	2,5			3	15	7	2,98		
24	<i>Phanerochaete sanguinea</i>			6	15			3	15	13	5,53	1	2,5

Nr.p. k.	Sēņu suga	Dm		Kp		Ar mizas bojājumiem		Bez mizas bojājumiem		Kopā uz atliekām		Celmi	
		Atliek as, skaits	Atliek as, %	Atliek as, skaits	Atliek as, %	Atliek as, skaits	Atliek as, %	Atliek as, skaits	Atliek as, %	Atliek as, skaits	Atliek as, %	Celmi , skaits	Celmi , %
25	Phlebiopsis gigantea	13	36,11	4	10	1	6,25			19	8,09	1	2,5
26	Physarum sp.			1	2,5					4	1,70		
27	Pluteus cervinus					1	6,25			2	0,85	1	2,5
28	(Postia stiptica) Tyromyces stipticus					1	6,25	1	5	3	1,28		
29	Pseudeurotium bakeri									2	0,85		
30	Resinicium bicolor									2	0,85		
31	Sistotrema brinkmannii			1	2,5					1	0,43		
32	Stemonitis sp.									2	0,85		
33	Tomentella sp.1	5	13,89	6	15	1	6,25			26	11,06		
34	Tomentella sp.2			1	2,5					1	0,43		
35	Tomentella sp.3	1	2,78							2	0,85		
36	Tomentella sp.4									1	0,43		
37	Tremella sp.									1	0,43		
38	Trichaptum abietinum	7	19,44	1	2,5			1	5	8	3,40		
39	Trichoderma sp.	4	11,11	2	5					4	1,70	1	2,5
	<b>Nenoteiktas*, tai skaitā:</b>												
40	balta adataina			1						2	0,85		
41	balta askusēne			1						2	0,85		
42	balta poraina			2				1		14	5,96	2	
43	balta putojoša	1								1	0,43		
44	brūna kausiņsēne									1	0,43		
45	brūna klājeniska	4		1						8	3,40		
46	Daldinia/nemania					1				1	0,43		
47	krēmkrāsas klājeniska									2	0,85		
48	pelēka klājeniska	8		8		3		5		48	20,43		
49	pelēka putojoša	1								1	0,43		

Nr.p. k.	Sēņu suga	Dm		Kp		Ar mizas bojājumiem		Bez mizas bojājumiem		Kopā atliekām uz		Celmi	
		Atliek as, skaits	Atliek as, %	Atliek as, skaits	Atliek as, %	Atliek as, skaits	Atliek as, %	Atliek as, skaits	Atliek as, %	Atliek as, skaits	Atliek as, %	Celmi , skaits	Celmi , %
50	pelēkbalts micēlijs									1	0,43		
51	pelēkbrūna klājeniska			1						1	0,43		
52	pelēkbrūns micēlijs			1						1	0,43		
53	piepe ar oranžu apakšu	1						1		4	1,70		
54	sarkana askusēne					1				2	0,85		
55	tumši peleka klājeniska									1	0,43		
56	zaļgana klājeniska	3								3	1,28		
57	sēne 1							1		1	0,43		
58	oranža glotsēne	1								1	0,43		
	<b>miksomicētes</b>	<b>3</b>		<b>2</b>						<b>6</b>			

\* Sēnes identificētas kā atšķirīgas sugas, balstoties uz morfoloģiskajām īpašībām, bet nav bijis iespējams noteikt līdz ģints vai sugas līmenim.

Apekoto priežu jaunaudžu apraksts.

Mežsaimniecība, iecirknis	Kvartāls, nogabals	Platība, ha	Vecums, gadi	Meža tips	Audzes sastāvs	Piezīmes
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	292. kv., 7. nog.	0,8	11	Ln	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (24 kokiem); <i>Armillaria</i> sp. (6 kokiem); 36 kaltuši koki – kalšanas iemesls nav zināms.
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	280. kv., 23. nog.	1,4	9	Ln	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (8 kokiem) un <i>Armillaria</i> sp. (8 kokiem); 7 kaltuši koki – kalšanas iemesls nav zināms.
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	265. kv., 22. nog.	0,6	11	Mr	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (6 kokiem) un <i>Armillaria</i> sp. (42 kokiem); 22 kaltuši koki – kalšanas iemesls nav zināms.
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	266. kv., 8. nog.	2,3	14	Ln	10 P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (6 kokiem)
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	266. kv., 7. nog.	1,1	6	Ln	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (8 kokiem); <i>Armillaria</i> sp. (1 kokam); 3 kaltuši koki – kalšanas iemesls nav zināms.
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	476. kv., 1.nog.	1,3	11	Dm	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (5 kokiem); <i>Armillaria</i> sp. (5 kokiem); 7 kaltuši koki – kalšanas iemesls nav zināms.
Mežsaimniecība, iecirknis	Kvartāls, nogabals	Platība, ha	Vecums, gadi	Meža tips	Audzes sastāvs	Piezīmes
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	220. kv., 6. nog.	2,2	11	Ln	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (1 kokam) 4 koki kaltuši – kalšanas iemesls nav zināms.
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	220. kv., 10. nog.	0,4	11	As	10P	1 nokaltis koks – kalšanas iemesls nav zināms.
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	220. kv., 2. nog.	3,6	11	Ln	10 P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (12 kokiem); <i>Armillaria</i> sp. (3 kokiem); 19 kaltuši koki – kalšanas



						iemesls nav zināms.
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	236. kv., 16. nog.	1,5	16	Ln	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (20 kokiem); <i>Armillaria</i> sp. (33 kokiem); 14 kalšuši koki – kalšanas iemesls nav zināms.
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	238. kv., 27. nog.	3,3	15	Ln	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (1 kokam); <i>Armillaria</i> sp. (1 kokam).
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	238. kv., 32. nog.	1,1	15	Ln	10P	Nav konstatēti kalšuši koki.
Vidusdaugavas mežsaimniecība, Vecumnieku iecirknis	239. kv., 23. nog.	2,1	15	Mr	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (30 kokiem); <i>Armillaria</i> sp. (5 kokiem); 2 kalšuši koki – kalšanas iemesls nav zināms.
<b>Mežsaimniecība, iecirknis</b>	<b>Kvartāls, nogabals</b>	<b>Platība, ha</b>	<b>Vecums, gadi</b>	<b>Meža tips</b>	<b>Audzes sastāvs</b>	<b>Piezīmes</b>
Dienvidkurzemes mežsaimniecība, Akmenraga iecirknis	295. kv., 5. nog.	1,5	7	Ln	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (1 kokam); <i>Armillaria</i> sp. (127 kokiem); 48 kalšuši koki – kalšanas iemesls nav zināms.
Dienvidkurzemes mežsaimniecība, Akmenraga iecirknis	295. kv., 6. nog.	1,5	12	Ln	10 P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (1 kokam); <i>Armillaria</i> sp. (115 kokiem); 116 kalšuši koki – kalšanas iemesls nav zināms.
Dienvidkurzemes mežsaimniecība, Akmenraga iecirknis	297. kv., 5. nog.	2,4	9	Ln	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (3 kokiem); <i>Armillaria</i> sp. (90 kokiem); 53 kalšuši koki – kalšanas iemesls nav zināms.
Dienvidkurzemes mežsaimniecība, Akmenraga iecirknis	295. kv., 14. nog.	2,0	7	Dm	10P	Konstatēts <i>Heterobasidion</i> spp. (2 kokiem); <i>Armillaria</i> sp. (222 kokiem); 101 kalts koks – kalšanas iemesls nav zināms.
Dienvidkurzemes mežsaimniecība, Akmenraga iecirknis	295. kv., 15. nog.	1,4	12	Dm	10P	Konstatēta <i>Armillaria</i> sp. (306 kokiem); 57 kalšuši koki – kalšanas iemesls nav zināms.

## Eksperimentālo stādījumu shēmas numuru atšifrējumi.

Numurs	Atšifrējums	Numurs	Atšifrējums	Numurs	Atšifrējums	Numurs	Atšifrējums
1	Ma <sub>sv</sub> 24	42	Lub20	83	Lub28	124	Ma3
2	Jē3	43	Ma <sub>sv</sub> 13	84	Ma <sub>sv</sub> 6	125	Lub1
3	R-J4	44	Ma <sub>sv</sub> 20	85	Ja2	126	Ma <sub>sv</sub> 2
4	Str10	45	Jē17	86	Jē11	127	Ma20
5	Ja19	46	Ka21	87	Ka18	128	Ja10
6	Sm4	47	Sm28	88	Str28	129	Jē8
7	Ma <sub>sv</sub> 15	48	Ja21	89	Ja16	130	Ka1
8	Sm25	49	Sm12	90	Ja20	131	Str17
9	Lub12	50	Sm5	91	Ma8	132	Jē20l
10	Ma <sub>sv</sub> 16	51	Ma <sub>sv</sub> 14	92	Sm6	133	Ja22
11	Sm <sub>sv</sub> 3	52	Sm13	93	Lub6	134	Ma11
12	Jē6	53	Lub14	94	Ma <sub>sv</sub> 7	135	Sm21
13	Ja8	54	Ma <sub>sv</sub> 10	95	Ja15	136	Lub11
14	Str9	55	Ma <sub>sv</sub> 19	96	Jē12	137	Ma21
15	Jē20ll	56	Jē7	97	Ka25	138	Ja11
16	Sm2	57	R-J2	98	Str14	139	Jē15
17	Ja25	58	Jē2	99	Ja12	140	Ka5
18	Ma <sub>sv</sub> 3	59	Ja23	100	Sm1	141	Str12
19	Sm26	60	Ja18	101	Tu16	142	Sm18
20	Lub3	61	Ba1	102	Ma7	143	Sm20
21	Ma16	62	Ma <sub>sv</sub> 23	103	Sm7	144	Lub8
22	Sm <sub>sv</sub> 5	63	Sm22	104	Ma <sub>sv</sub> 1	145	Ma <sub>sv</sub> 4
23	Jē9	64	Ma <sub>sv</sub> 9	105	Ma <sub>sv</sub> 8	146	Ja6
24	Tu10	65	Ja3	106	Ja1	147	Jē13
25	Str1	66	Jē10	107	Jē14	148	Ka15
26	Ja17	67	R-J3	108	Ka19	149	Str11
27	Sm15	68	Str13	109	Str25A	150	Ja9
28	Ba3	69	Ja24	110	Ja14	151	Sm8
29	Ma <sub>sv</sub> 5	70	Du12	111	Sm16	152	Ma15
30	Sm30	71	Masv18	112	Ba20	153	Sm14
31	Lub4	72	Sm24	113	Ma6	154	Lub7
32	Ma22	73	Lub23	114	Sm27	155	Ma18
33	Ma <sub>sv</sub> 17	74	Ma24	115	Lub30	156	Lub21
34	Jē16	75	Ja13	116	Ma19	157	Ko2
35	Ma12	76	Jē5	117	Ja5	158	Tu12
36	Jē1	77	Ka14	118	Jē18	159	Ma13
37	Ja4	78	Str18	119	Ka3	160	Ma4
38	Sm3	79	Ja7	120	Sm19	161	Ma1
39	Ug1	80	Sm9	121	Jē19	162	Ma2
40	Ma <sub>sv</sub> 12	81	Ma9	122	Sm17		
41	Lub2	82	Sm11	123	Tu2		

**Apzīmējumi:**

Ba - Bauska

Du - Dundaga

Ja - Jaunjelgava

Jē - Jēkabpils

Ka - Kalsnava (MPS)

Ko - Koknese

Lub - Lubāna

Ma - Mazsalaca

R-J - Rīga-Jūrmala

Sm - Smiltene

Str - Strenči

Tu - Tukums

Ug - Ugāle

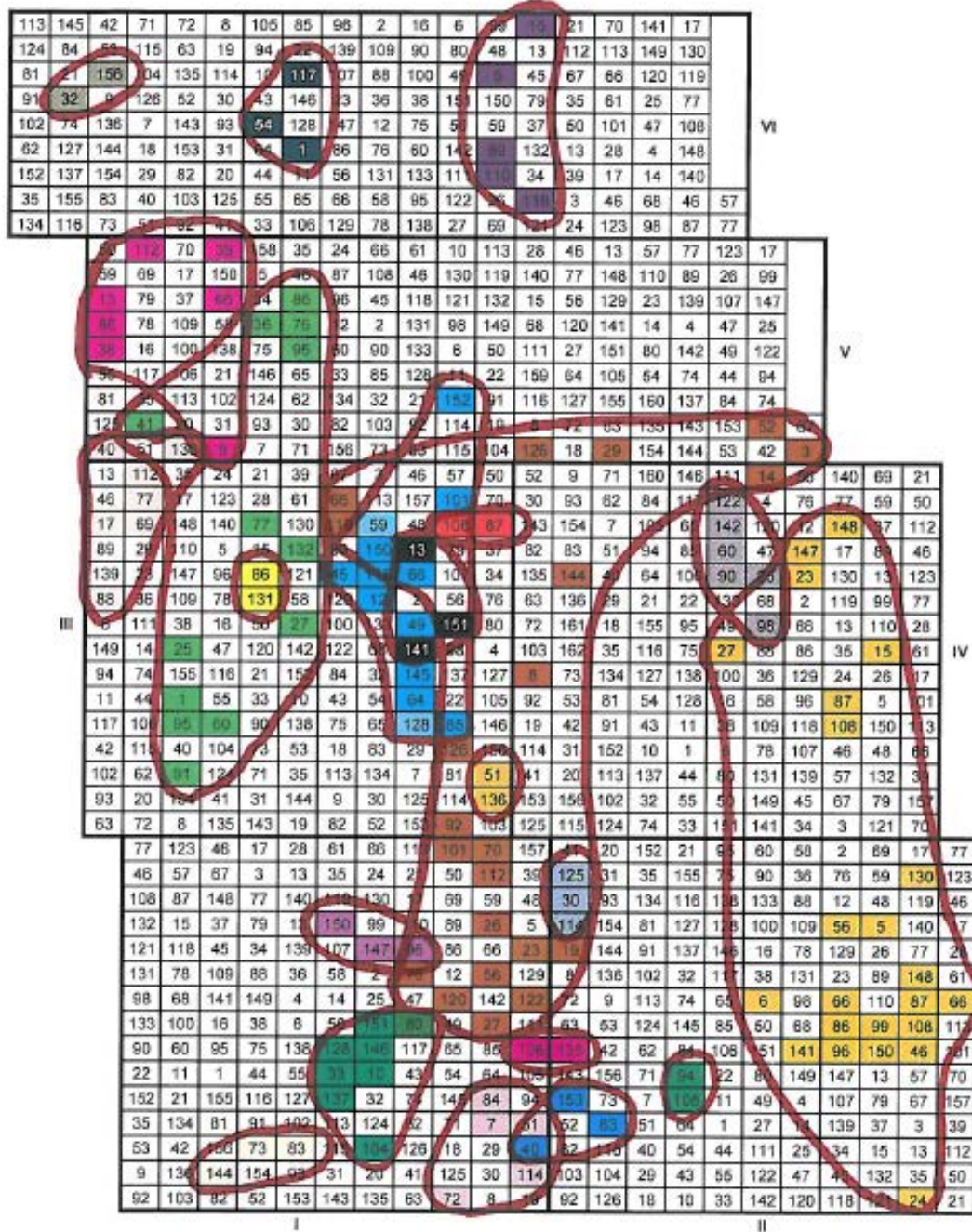
Inficēto parcelu skaits atkarībā no stādmateriāla varianta.

Variants	Inficēto parcelu skaits	Variants	Inficēto parcelu skaits	Variants	Inficēto parcelu skaits
Ba 1	1	Ka 18	3	Ma <sub>sv</sub> 24	2
Ba 20	1	Ka 19	3	Ma <sub>sv</sub> 5	1
Ja 10	3	Ka 21	2	Sm16	1
Ja 12	2	Lu 1	1	Sm 20	1
Ja 19	2	Lu 11	1	Sm 24	2
Ja 23	2	Lu 21	1	Sm 25	1
Ja 5	1	Lu 23	1	Sm 26	1
Ja 6	1	Lu 6	2	Sm 27	2
Ja 9	2	Ma 12	1	Sm 30	1
Ja 1	2	Ma18	1	Sm 4	1
Ja 2	2	Ma 22	1	Sm 6	1
Ja 25	1	Ma 6	1	Sm 9	1
Ja 8	1	Ma 8	1	Sm 12	2
Jē 9	2	Ma <sub>sv</sub> 10	1	Sm 14	1
Jē 1	1	Ma <sub>sv</sub> 12	3	sm 15	1
Jē 11	2	Ma <sub>sv</sub> 13	3	Sm 17	1
Jē 12	2	Ma <sub>sv</sub> 14	2	Sm 30	1
Jē 8	1	Ma <sub>sv</sub> 18	1	Sm8	2
Jē 10	1	Ma <sub>sv</sub> 5	1	Str 1	2
Jē 13	2	Ma <sub>sv</sub> 7	1	Str 12	1
Jē 14	1	Ma <sub>sv</sub> 8	2	Str 13	1
Jē 2	1	Ma <sub>sv</sub> 16	1	Str 17	1
Jē 3	1	Ma <sub>sv</sub> 23	1	Tu 10	1
Ka 1	1				
Ka 14	2				

## 8.pielikums

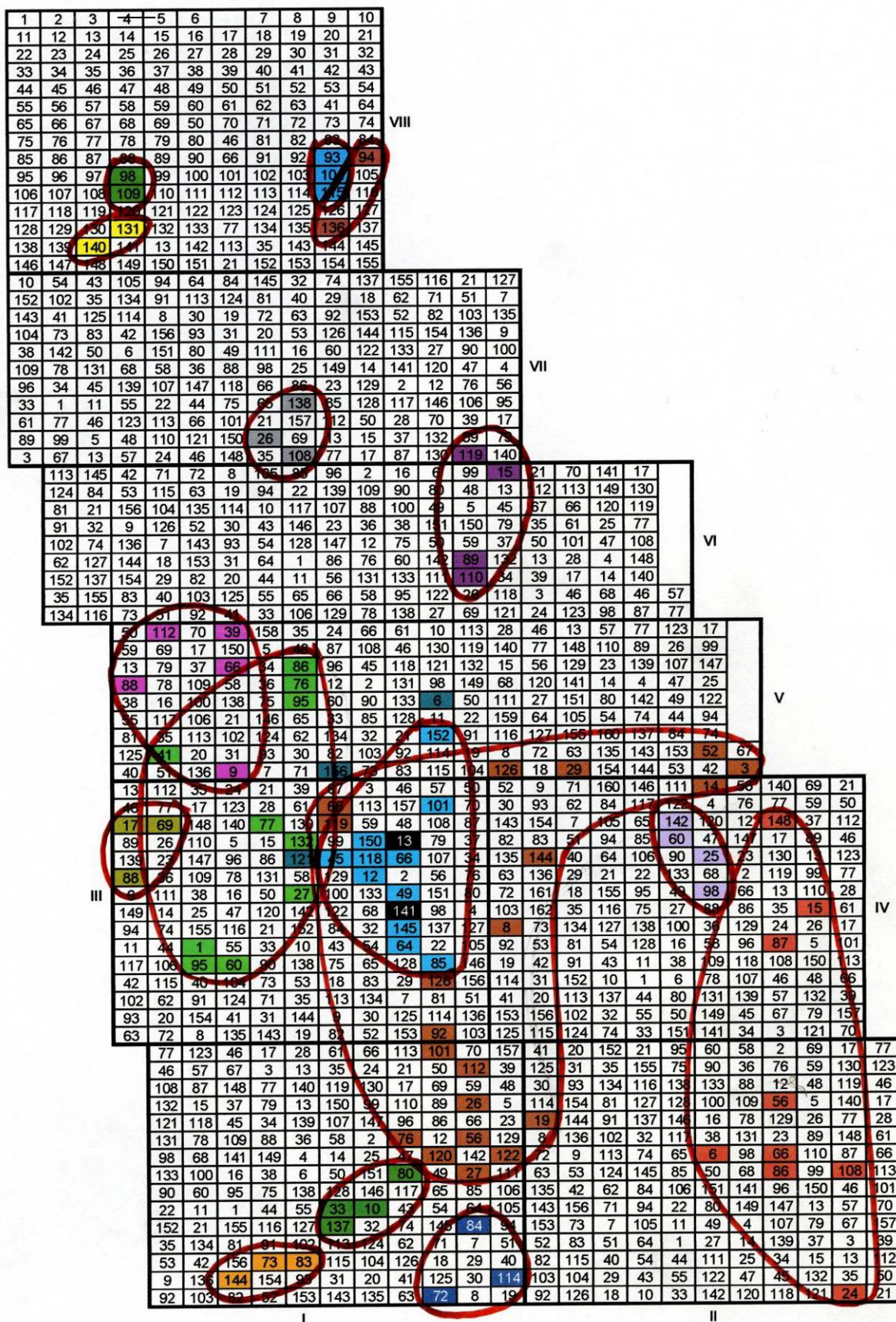
Eksperimentālo stādījumu shēma ar lielākajiem *H.annosum* genotipiem 2013. gadā.

○ - *H.annosum* genotipu robežas



## 9.pielikums

Eksperimentālo stādījumu shēma ar lielākajiem *H.annosum* genotipiem 2009. gadā (Gaitnieks 2009)



○ - *H.annosum* genotipu robežas

9 m

## 10.pielikums

Sakņu morfoloģiskie parametri veselajās un trupējušajās egļu biogrupās.

Dziļums	Vieta	Biogrupu raksturojums	Dzīvo īssakņu īpatsvars paraugos	Sakņu garums (cm)	Sakņu virsmas laukums (cm <sup>2</sup> )	Sakņu tilpums(cm <sup>3</sup> )	Sakņu galiņu skaits	Sakņu (Ø < 1mm) masa (g)	Sakņu (Ø < 2 mm) masa (g)
0-10	K1	Trup.	0.50± 0.04a	716 ±71a	107 ± 11a	1.3 ± 0.1a	3411 ± 284a	0.37 ± 0.06a	0.91 ± 0.11a
0-10	K1	Vesels	0.57± 0.02b	1134 ±131b	188 ± 24b	2.5± 0.4b	5113 ± 562b	0.66 ± 0.09b	1.34 ± 0.17b
0-10	Ogre	Trup.	0.52± 0.05	788 ±122	162 ± 24	2.7 ± 0.4	4675 ± 687	0.64 ± 0.11	1.26 ± 0.20
0-10	Ogre	Vesels	0.53± 0.04	1033 ±142	208 ± 37	3.5 ± 0.8	7099 ± 794	0.81 ± 0.16	1.67 ± 0.29
0-10	Strautiņi	Trup.	0.45± 0.03	395 ± 45	80 ± 8	1.3± 0.1	4036 ± 834	0.52 ± 0.07	1.10 ± 0.14
0-10	Strautiņi	Vesels	0.54± 0.03	366 ± 40	74 ± 7	1.2 ± 0.1	3596 ± 562	0.36 ± 0.04	0.82 ± 0.08
10-20	K1	Trup.	0.43 ± 0.04a	577 ± 84	87 ± 14a	1.1 ± 0.2	2764 ± 413	0.30 ± 0.06	0.59 ± 0.11a
10-20	K1	Vesels	0.60 ± 0.05b	845 ± 111	143 ± 21b	2.0 ± 0.3	4556 ± 636	0.50 ± 0.08	0.91 ± 0.12b
10-20	Ogre	Trup.	0.37 ± 0.04	485 ± 71	81 ± 10	1.1 ± 0.2	3814 ± 658	0.28 ± 0.04a	0.70 ± 0.08
10-20	Ogre	Vesels	0.39 ± 0.04	777 ± 131	134 ± 27	1.9 ± 0.5	6403 ± 1118	0.60 ± 0.13b	1.05 ± 0.17
10-20	Strautiņi	Trup.	0.41 ± 0.04	244 ± 36	53 ± 6	1.0 ± 0.1	3405 ± 1314	0.49 ± 0.06	1.05 ± 0.10
10-20	Strautiņi	Vesels	0.38 ± 0.04	195 ± 19	46 ± 4	0.9 ± 0.1	1705 ± 380	0.40 ± 0.06	0.89 ± 0.11

No trupējušu un veselu egļu sakņu paraugiem identificētās mikorizas sēņu sugas.

Suga	Veselu koku biogrupas	Trupējušu koku biogrupas
<i>Amanita citrina</i>	*	
<i>Amphinema byssoides</i>	**	**
<i>Amphinema</i> sp.	*	*
<i>Boletus</i> sp.	*	
<i>Clavulina</i> sp.	**	
<i>Hygrophorus pustulatus</i>	*	*
<i>Inocybe nitidiuscula</i>	*	**
<i>Inocybe proximella</i>		*
<i>Lactarius necator</i>	*	*
<i>Lactarius</i> sp.	*	
<i>Russula firmula</i>		*
<i>Russula nauseosa</i>	*	
<i>Sebacina epigaea</i>	*	
<i>Thelephora palmata</i>	*	*
<i>Tomentella cinerascens</i>		*
<i>Tomentella stuposa</i>	**	**
<i>Tomentella</i> sp.	*	
<i>Tylospora asterophora</i>	**	**
<i>Tylospora fibrillosa</i>	*	
Nenoteikta <i>Agaricomycetes</i>	*	
Nenoteikta <i>Ascomycota</i>	*	
Nenoteikta <i>Helotiaceae</i>	*	
Nenoteikta <i>Phialocephala</i>		*
Nenoteikta <i>Thelephoraceae</i>	*	

\* suga izdalīta no viena analizētā sakņu parauga;

\*\* suga izdalīta no vairāk kā viena sakņu parauga.

## IV Siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes pētījumi.

### Ievads

Pētījumu programmas par mežsaimniecisko darbību ietekmi uz SEG emisijām un CO<sub>2</sub> piesaisti īstenošana uzsākta 2010. gadā, izvērtējot AS “Latvijas valsts meži” saimnieciskās darbības ietekmi uz oglekļa rezervēm dažādās oglekļa krātuvēs (*dzīvā un nedzīvā koksnes biomasa, nedzīvā zemsega un augsne*) atbilstoši patreizējam zināšanu līmenim, kā arī identificējot nozīmīgākās SEG emisiju un potenciālās CO<sub>2</sub> piesaistes kategorijas.

SEG emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes aprēķinos izmantotā metodika ir nepilnīga. Viena no jūtāmākajām problēmām ir aprēķinu vienādojumu neesamība saimnieciski nozīmīgāko koku sugu tilpuma vienību vai uzmērījumu datu pārrēķinam uz biomasu un oglekli. Labas prakses vadlīniju (Penman 2003) piedāvāto bāzes koeficientu izmantošana var būtiski ietekmēt aprēķinu rezultātu gan piesaistes palielinājuma, gan samazinājuma virzienā. Sakarā ar atbilstošas metodikas neesamību pētījumā veiktajā aprēķinā nav ietverta lielākā oglekļa krātuve meža zemēs – augsne, kas, piemēram, apmežošanas gadījumā vai veidot sugu nomaiņu (*lapu koki skujkoku vietā*) saskaņā ar literatūras datiem var nodrošināt gandrīz tikpat lielu CO<sub>2</sub> piesaisti, kā dzīvā biomasa. Tajā pat laikā izmantot nepārbaudītus pieņēmumus par oglekļa uzkrājumu augsnē būtu nepamatoti optimistiski, jo klimatiskie procesi, kas notiek Latvijā un to ietekme uz oglekļa uzkrājumu augsnē nav pētīti.

Svarīgi novērtēt arī meliorācijas sistēmu tehnisko stāvokli apmežotajās zemēs, jo, paaugstinoties gruntsūdens līmenim, paralēli CO<sub>2</sub> piesaistei meža zemēs notiks CH<sub>4</sub> izdalīšanās. Arī SEG emisijas, sadaloties nedzīvajai koksnei, kas vecus mežus padara par emisiju radītājiem, nav iekļautas aprēķinā, jo nav izstrādāta metodika oglekļa satura noteikšanai nedzīvajā koksnē dažādās sadalīšanās stadijās, kā arī nav informācijas par nedzīvās koksnes sadalīšanās ilgumu dažādos apstākļos. MSI dati tikai daļēji atspoguļo nedzīvās koksnes uzkrājumu meža zemēs, tāpēc ir svarīgi pilnveidot šīs oglekļa krātuves uzskaiti, lai piesaistes aprēķinos iekļautu nedzīvās koksnes frakciju ar resgaļa caurmēru zem 6,1 cm (Lazdiņš et al. 2010).

Ir jāatrisina atsevišķi principiāli mežsaimnieciskās darbības novērtēšanas jautājumi. Piemēram, ja eksperimentāli dati pierādīs, ka, neveicot meliorācijas sistēmu atjaunošanu, susinātie meža tipi nākošajā aprītē atgriezīsies sākotnējā stāvoklī, t.i. veidojas slapjainiem un purvainiem raksturīgie augšanas apstākļi, bet dzīvās biomasas uzkrājums samazināsies līdz šiem meža tipiem raksturīgajiem rādītājiem, var pieņemt, ka meliorācijas sistēmu atjaunošana dzīvajā biomasā radījusi CO<sub>2</sub> piesaisti, kas līdzvērtīga krājas starpībai susinātajos un dabiski mitros meža tipos. Tieši tāpat var pieņemt, ka, neveicot mežsaimniecisko darbību kompleksu (*lai realizētu dabas aizsardzības mērķus*), mežaudze atgriezīsies dabiskajā stāvoklī. Tas nozīmē, ka CO<sub>2</sub> piesaiste vai emisijas ir līdzvērtīgas oglekļa uzkrājuma starpībai dabiskos un apsaimniekotos mežos. Patreiz šī mežsaimniecisko darbību kategoriju nav iekļauta aprēķinā (Lazdiņš et al. 2010).

Faktiskā mežsaimnieciskās darbības ietekme ir starp aprēķināto ietekmes rādītāju un neto SEG emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes rādītājiem meža zemēs. Saskaņā ar Kioto protokolā izmantotajiem pieņēmumiem (United Nations 2006; Ministry of the Environment of the Republic of Latvia 2006; United Nations 1998), ka mežsaimnieciskā darbība rada vidēji 3 % no neto piesaistes, mežsaimniecisko darbību ietekme valsts mežos ir ap 140 tūkst. t CO<sub>2</sub>.

Vislielāko ietekmi (*emisijas*) rada mežizstrāde, kas, no otras puses, no drošina koksnes produktu oglekļa krātuves palielināšanos. Otrajā vietā ir ceļu būve, taču aprēķinu metodes ceļu būves ietekmes novērtēšanai ir nepilnīgas un vērstas, galvenokārt, uz to, lai nepieļautu piesaistes pārvērtēšanu. Pētījuma ietvaros sagatavotā atslēgas kategoriju analīze nerada priekšstatu par visām potenciālajām atslēgas kategorijām, bet gan tikai par emisiju kategorijām. Piesaistes efektu varēs novērtēt, īstenojot mežsaimniecisko darbību ietekmes uz SEG emisijām un CO<sub>2</sub> piesaisti pētījumu programmu, taču



svarīgākās no piesaistes kategorijām, kuras ir identificējas jau tagad, ir meža kopšana un meža meliorācijas sistēmu rekonstrukcija.

2011. gadā uzsākta ilgtermiņa pētījumu programmas īstenošana mežsaimniecisko darbību ietekmes uz SEG emisijām un CO<sub>2</sub> piesaisti novērtēšanai. Tā ietver metodiku mežsaimniecisko darbību ietekmes atslēgas kategoriju novērtēšanai, tajā skaitā kopšanas ciršu, kailciršu, izlases ciršu un meža ceļu būvniecības radīto CO<sub>2</sub> emisiju noteikšanai. Ņemot vērā, ka pieejamās SEG inventarizācijas metodes raksturo, galvenokārt, emisijas, pētījumu programmā iekļauta arī metodika potenciālo mežsaimniecisko darbību atslēgas kategoriju (*CO<sub>2</sub> piesaistes un bojājumu radīto emisiju*) novērtēšanai. Potenciāli nozīmīgo mežsaimniecisko darbību kategorijā sākotnēji iekļauta meža ieaudzēšana un dabiskā apmežošanās, mākslīgā meža atjaunošana, jaunaudžu un krājas kopšana (*kā CO<sub>2</sub> piesaistes kategorijas*), meža meliorācijas sistēmu atjaunošana, meža ugunsgrēki un vēja bojājumi.

Izstrādātā SEG emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes novērtēšanas metodika vērsta uz to, lai īsā laikā (*5 gadu periodā*) sniegtu indikatīvu informāciju par mežsaimniecisko darbību ietekmēm un ilgtermiņā nodrošinātu datus izstrādāto aprēķinu vienādojumu verificēšanai. Metodika aptver visas oglekļa krātuves (*dzīvā un nedzīvā koksne, nedzīvā zemsega un augsne*), taču katrā pētījumu programmas komponentē vērtē galveno piesaistes vai emisiju avotu, piemēram, kopšanas izmēģinājumos vērtē kopšanas ietekmi uz dzīvās biomasas pieaugumu. Vērtējot mežsaimniecisko darbību ietekmi uz augsni, galvenā uzmanība pievērsta esošo un potenciālo mežsaimniecisko darbību emisiju atslēgas kategoriju (*apmežošana un meliorācijas sistēmu uzturēšana*) ietekmes būtiskuma novērtēšanai, lai izvairītos no tūlītējās oksidācijas metodes pielietošanas augsnei un novērtētu faktisko meža ieaudzēšanas efektu.

2011. gadā pētījuma ietvaros izstrādāta metodiku aprēķinu vienādojumu (*virszemes un pazemes dzīvā koksne*) saimnieciski nozīmīgāko koku sugām (*priede, egle, bērzs, apse*) CO<sub>2</sub> piesaistes noteikšanai pēc mežaudžu dendrometriskajiem rādītājiem. Pārējām koku sugām (*baltalksnis, melnalksnis, osis, ozols*) izmantos Valsts pētījumu programmas ietvaros un ārzemēs izstrādātus vienādojumus. Ir sagatavots apkopojums par līdzīgos klimatiskajos apstākļos izstrādātiem biomasas aprēķinu vienādojumiem, ko pētījumu programmā izmantos iegūto datu verificēšanai.

2012. gadā pētījuma ietvaros ierīkoti 27 ilgtermiņa novērojumu objekti meža ieaudzēšanas ietekmes uz augsnes oglekļa uzkrājumu novērtēšanai. Augsnes oglekļa uzkrājuma salīdzināšana ar augsnes oglekļa uzkrājumu meža zemēs apmežotajām lauksaimniecības zemēm raksturīgajos meža tipos liecina, ka būtiskāko ieguldījumu oglekļa piesaistē apmežotajās zemēs var dot nedzīvā zemsega. Salīdzinājums ar daudzgadīgo zālāju apsekojumu rezultātiem liecina, ka izraudzītie pētījumu objekti bija statistiski reprezentabli. Pētījumā secināts, ka 2013. gadā jāpalielina ievācamo datu apjoms un jānovērtē oglekļa uzkrājums līdz 80 cm dziļumam, lai noskaidrotu meža ieaudzēšanas ietekmi uz oglekļa uzkrājumu tieši dziļākajos augsnes slāņos.

2012. gadā veiktie stumbra koksnes blīvuma noteikšanas rezultāti liecināja, ka nosacītais koksnes blīvums saimnieciski nozīmīgākajām koku sugām (*bērzam, eglei, priedei*) ir būtiski mazāks, nekā SEG inventarizācijas vadlīnijās dotās vērtības. Krājas pieauguma aprēķinos tas rada 7 % atšķirību – samazinājumu, oglekļa uzkrājumā. Lai gan to var daļēji kompensēt faktiskais oglekļa saturs koksnē – sākotnējie dati liecināja, ka tas ir lielāks par 50 %. Nedzīvās koksnes apjoma un tās sadalīšanās gaitas novērtēšanas ietvaros 2012. gadā uzsākta pazemes biomasas paraugu vākšana, rokot iepriekšējās aprites celmus un vācot iepriekšējās aprites mežizstrādes atliekas.

Ceļu būves ietekmes uz SEG emisijām vērtēšanas aktivitātē iegūti pirmie dati par nedzīvās zemsegas mineralizēšanās gaitu. Sākotnējie rezultāti liecina, ka oglekļa uzkrājuma zudums gada laikā ir 1,9 %, taču izmaiņas nav statistiski būtiskas. Konstatēts, ka oglekļa saturs nedzīvajā zemsegā nemainās vai pat palielinās, bet samazinās kopējā masa.

Meža meliorācijas sistēmu izpētes ietvaros 2012. gadā novērtētas sakarības starp krājas pieaugumu, kopējo krāju un attālumu no grāvja susinātajos meža tipos. Paralēli uzsākta krājas pieauguma vienādojumu sagatavošana susinātajos un dabiski mitrajos meža tipos, lai novērtētu meža meliorācijas sistēmu atjaunošanas, t.i. susinātajiem mežiem raksturīgo augšanas apstākļu saglabāšanas, ietekmi uz krājas pieaugumu. Pētījumā secināts, ka sākotnējais uzstādījums koncentrēties uz jaunaudzēm ir jāmaina

un puses parauglāukumu jāierīko pieaugušās audzēs, kurās veikta kopšana, jo tieši briestaudzēs un pieaugušās audzēs konstatēta visciešākā korelācija starp krājas pieaugumu un attālumu no grāvjiem.

## Pētījuma rezultāti

### 1. Meža ieaudzēšanas ietekme uz CO<sub>2</sub> piesaisti augsnē un nedzīvajā zemsegā

#### 1.1. Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums

Pētījuma ietvaros ierīkoti 27 ilgtermiņa novērojumu objekti apmežotās lauksaimniecības zemēs līdz 10 gadus vecās mežaudzēs meža ieaudzēšanas ietekmes uz CO<sub>2</sub> piesaisti augsnē novērtēšanai. Lielāks objektu skaits izraudzīts, ņemot vērā oglekļa satura augsnē variāciju. Izraudzīto audžu saraksts dots . pielikumā 33. tabulā. Katrā parauglaukumā augsnes paraugi veikti 4 atkārtojumos (Z, D, R un A virzienā no parauglaukuma centra). Augsnei noteikts blīvums, frakcijas virs 2 mm (augsnē skelets) masas īpatsvars un noteikts kopējā un karbonātu oglekļa saturs.

2012. gadā veikto augsnes analīžu rezultātu kopsavilkums dots . pielikumā 34. tabulā. Vidējais oglekļa uzkrājums augsnē 0-30 cm biežā augsnes slānī pētījumam izraudzītajos objektos ir  $73,4 \pm 5,4$  tonnas ha<sup>-1</sup>.

Augsnes blīvums un oglekļa uzkrājums augsnē, atkarībā no valdošās sugas un meža tipa, parādīts 2. un 3. tabulā. Pētījumā konstatēta sakarība starp augsnes blīvumu un oglekļa uzkrājumu – jo vairāk augsne sablīvēta, jo tajā mazāk oglekļa.

1. Tabula: Augsnes blīvums un oglekļa uzkrājums dažādu koku sugu jaunaudzēs apmežotajās lauksaimniecības zemēs.

Rādītājs	Bērzs	Egle	Priede	Vidēji
Augsnes blīvums, kg m <sup>-3</sup>	1393 ± 52	1516 ± 31	1535 ± 23	1486 ± 23
C <sub>org.</sub> , tonnas ha <sup>-1</sup> 0-40 cm slānī	120 ± 15	90 ± 6	88 ± 13	98 ± 7
C <sub>org.</sub> , tonnas ha <sup>-1</sup> 0-30 cm slānī	90 ± 11	67 ± 5	66 ± 10	73 ± 5

2. Tabula: Augsnes blīvums un oglekļa uzkrājums dažādos meža tipos jaunaudzēs apmežotajās lauksaimniecības zemēs.

Rādītājs	As	Dm	Vr	Vidēji
Augsnes blīvums, kg m <sup>-3</sup>	1528 ± 50	1536 ± 22	1445 ± 38	<b>1486 ± 23</b>
C <sub>org.</sub> , tonnas ha <sup>-1</sup> 0-40 cm slānī	113 ± 36	78 ± 7	110 ± 10	<b>98 ± 7</b>
C <sub>org.</sub> , tonnas ha <sup>-1</sup> 0-30 cm slānī	<b>85 ± 27</b>	<b>58 ± 6</b>	<b>82 ± 7</b>	<b>73 ± 5</b>

2012. gadā konstatēta nepieciešamība precizēt augšņu tipu izplatību ierīkotajos parauglaukumos un novērtēt oglekļa uzkrājumu dziļākajos augsnes slāņos (40-80 cm). Šie darbi veikti 2013. gadā.

### 1.2.2013. gada darba rezultāti

2013. gadā noteikts augsnes oglekļa uzkrājums 40-80 cm dziļumā iepriekš ierīkotajos objektos, kā arī noteiks augsnes tips. Augsnes analīžu rezultātu kopsavilkums dots . pielikuma 34. tabulā.

Saskaņā ar analīžu rezultātiem organiskā oglekļa uzkrājums ilglaicīgo novērojumu parauglaukumos 0-40 cm dziļumā ir  $97,83 \pm 14,18$  tonnas  $ha^{-1}$  ( $73,37$  tonnas  $ha^{-1}$  0-30 cm dziļumā) un  $44,2 \pm 10,52$  tonnas  $ha^{-1}$  40-80 cm dziļumā, kopā 0-80 cm dziļumā  $142,03 \pm 22,78$  tonnas  $ha^{-1}$  organiskā oglekļa. Virsējos 40 cm koncentrēti 69 % augsnes organiskā oglekļa. Saskaņā ar 2012. gadā 1. līmeņa meža monitoringa parauglaukumos veikto analīžu rezultātiem vidējais organiskā oglekļa uzkrājums 0-80 cm dziļumā uz minerālaugsnēm ir  $128,05 \pm 19,26$  tonnas  $ha^{-1}$ , tajā skaitā 0-40 cm dziļumā  $91,8 \pm 12,41$  tonnas  $ha^{-1}$ . Papildus, nedzīvajā zemsegā mežaudzēs uz minerālaugsnēm ir vidēji  $15,19 \pm 2,56$  tonnas  $ha^{-1}$  organiskā oglekļa.

Oglekļa uzkrājums platībās, kas apmežotas ar dažādām koku sugām, kā arī meža tipu un augšņu tipu griezumā parādīts 4., 5. un 6. tabulā.

3. Tabula: Oglekļa uzkrājums ar dažādām koku sugām apmežotās teritorijās

Valdošā suga	Corg. 0-40 cm, tonnas $ha^{-1}$	Corg. 40-80 cm, tonnas $ha^{-1}$	Corg. 0-80 cm, tonnas $ha^{-1}$
Bērzs	119,88	51,05	170,93
Egle	89,52	36,35	125,87
Priede	87,67	45,78	133,45

4. Tabula: Oglekļa uzkrājums dažādos meža tipos apmežotajās teritorijās

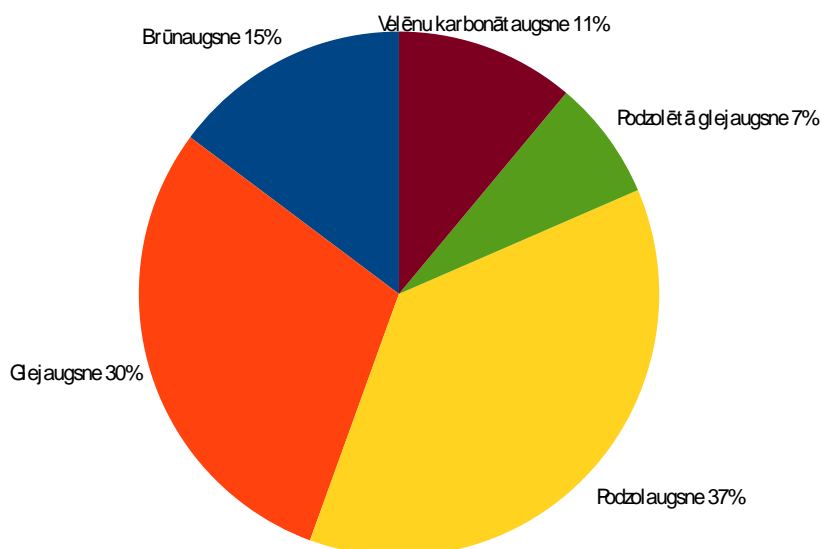
Meža tips	Corg. 0-40 cm, tonnas $ha^{-1}$	Corg. 40-80 cm, tonnas $ha^{-1}$	Corg. 0-80 cm, tonnas $ha^{-1}$
As	113,09	60,18	173,27
Dm	77,79	35,96	113,75
Mr	65,49	24,86	90,35
Vr	109,75	47,45	157,2

5. Tabula: Oglekļa uzkrājums atkarībā no augšņu tipa

Augsnes tips	Corg. 0-40 cm, tonnas $ha^{-1}$	Corg. 40-80 cm, tonnas $ha^{-1}$	Corg. 0-80 cm, tonnas $ha^{-1}$
Brūnaugsne	80,91	36,19	117,1
Glejaugsne	110,17	48,15	158,32
Podzolaugsne	93,99	45,33	139,32
Podzolētā glejaugsne	83,96	26,63	110,59
Velēnu karbonātaugsne	109,52	52,29	161,82

Lielākā daļa objektu (67 %) atrodas uz podzolaugsnēm un glejaugsnēm, kas atbilst nemeža zemju dominējošo augšņu tipu sadalījumam. Daži parauglaukumi atrodas uz brūnaugsnēm, velēnu karbonātaugsnēm un podzolētām glejaugsnēm (1. attēls).

Paplašinot ne-CO<sub>2</sub> emisiju izpēti, ir lietderīgi novērtēt, kā N<sub>2</sub>O un CH<sub>4</sub> emisijas ietekmē meža ieaudzēšana pushidromorfajās augsnēs, kuras veido būtisku daļu potenciāli apmežojamo teritoriju.



1. Attēls: Objektu skaita sadalījums pēc augsnes tipa.

Lauksaimniecības augšņu monitoringa programmā, kas īstenota meža statistiskās inventarizācijas ietvaros, noskaidrots, ka vidējais oglekļa uzkrājums 0-40 cm dziļumā ilggadīgajos zālajos ir  $103 \pm 4,6$  tonnas ha<sup>-1</sup>. Tas liecina, ka oglekļa objekti apmežošanās efekta novērtēšanai izraudzīti korekti un oglekļa uzkrājums tajos atbilst vidējiem rādītājiem lauksaimnieciskajai izmantošanai agrāk atmežotajās teritorijās.

## 2.Meža atjaunošanas ietekme uz CO<sub>2</sub> uzkrājumu augsnē un zemsegā

Meža atjaunošanas mērķis ir koksnes resursu kvalitātes un kvantitātes saglabāšana. Izšķir dabisko, mākslīgo un kombinēto meža atjaunošanu. Dabiskā meža atjaunošanās var notikt zem audzes vainagu klāja vai izcirtumā pēc galvenās cirtes no blakus esošās mežaudzes vai atstātajiem sēklas kokiem. Priedes (*Pinus sylvestris* L.) dabisko atjaunošanos zem esošās audzes vainaga klāja var panākt ar izlases cirtēm (Mangalis 1989), tomēr līdzšinējā izlases ciršu pieredze Latvijā nav viennozīmīgi pozitīva. Meža mākslīgās atjaunošanas (kultūru ierīkošanas sējot vai stādot) priekšrocības ir iespēja saīsināt meža atjaunošanās ciklu, izveidot vēlamā sastāva mežaudzi ar noteiktu vecuma struktūru un izmantot selekcionētu stādmateriālu, kas ļauj palielināt krāju pieaugušā audzē vismaz par 10 % (Jansons 2008). Viens no priekšnosacījumiem sekmīgai meža atjaunošanai ir augsnes sagatavošana, kuras mērķis ir radīt stādiņam labvēlīgus augšanas apstākļus un nomākt konkurējošos augus. Tajā pat laikā, augsnes apstrāde sekmē CO<sub>2</sub> emisiju pieaugumu no augsnes un nedzīvās zemsegas (Penman 2003) un, neskatoties uz pozitīvo ietekmi uz CO<sub>2</sub> piesaisti kokaugu biomasā, summārā CO<sub>2</sub> piesaistes bilance mākslīgās meža atjaunošanas rezultātā var būt negatīva, pateicoties papildus emisijām no augsnes un nedzīvās zemsegas (O horizonta).

Pētījuma ietvaros skaidrota meža atjaunošanas paņēmiena izvēles ietekme uz CO<sub>2</sub> uzkrājumu augsnē un nedzīvajā zemsegā. Eksperimenta objekts ir 1997. gadā ierīkota priedes kultūrā mētrājā. Darbā salīdzināti meža atjaunošanas 3 varianti – dabiskā atjaunošanās sagatavotā un

nesagatavotā augsnē un selekcionēta stādmateriāla stādīšana sagatavotā augsnē. Mākslīgajai atjaunošanai izmantoti divgadīgi priedes stādi, stādīšanas biežums – 5000 gab. ha<sup>-1</sup>. Četrpadsmit gadus pēc kultūru ierīkošanas veikta koku uzmērīšana un augsnes un nedzīvās zemsegas paraugu ievākšana. Mežaudžu taksācijas rādītāji doti 7. tabulā. Augsnes paraugi ievākti 0-80 cm dziļumā (0-10, 10-20, 20-40 un 40-80 cm augsnes slānī). Paraugu ievākšanai katrā variantā izraktas četras 1 m dziļas profilbedres, kas izvietotas 15 m attālumā Z, D, R un A virzienā no raksturīgā vietā ierīkota parauglaukuma centra. Augsnes paraugi blīvuma noteikšanai ievākti ar zondi (3 atkārtojumos katrā profildebrē un katrā augsnes slānī). Augsnes paraugi oglekļa analīzēm ievākti visā attiecīgā slāņa biežumā katrā profildebrē. O horizonta paraugus ievāca blakus profildebrēm 20 x 20 cm lielos laukumīņos visā horizonta dziļumā. Laboratorijā noteica augsnes blīvumu, kopējā un karbonātu oglekļa saturu. Aprēķinu ceļā ieguva organiskajos savienojumos ieslēgtā oglekļa saturu.

6. Tabula. Mežaudžu taksācijas rādītāji

Rādītājs	Dabiski atjaunots nesagatavotā augsnē	Dabiski atjaunots sagatavotā augsnē	Stādīts selekcionēts stādmateriāls
caurmērs (D), cm	4,6	2,9	4,8
augstums (H), m	3,7	2,4	4,2
koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	2980	4020	3300

Vislielākais oglekļa uzkrājums nedzīvajā zemsegā konstatēts dabiski atjaunotā audzē uz sagatavotas augsnes. Atšķirība no citiem variantiem ir statistiski būtiska ( $p < 0,05$ ). Arī kopējais oglekļa uzkrājums nedzīvajā zemsegā un augsnē ir lielāks šajā variantā ( $56,1 \pm 2,9$  tonnas ha<sup>-1</sup>), tomēr atšķirība nav statistiski būtiska ( $p > 0,05$ ). Vismazākais oglekļa uzkrājums nedzīvajā zemsegā un augsnē, attiecīgi,  $20,7 \pm 2,8$  un  $53,8 \pm 3,5$  tonnas ha<sup>-1</sup>, konstatēts dabiskās atjaunošanās uz nesagatavotas augsnes variantā (8. tabula).

7. Tabula. Oglekļa uzkrājums (tonnas ha<sup>-1</sup>) nedzīvajā zemsegā un augsnē

Atjaunošanas veids	O horizonts	Augsnes slānis, cm				Kopā
		0-10	10-20	20-40	40-80	
dabiski nesagatavotā augsnē	$20,7 \pm 2,8$	$17,8 \pm 1,6$	$6,1 \pm 0,9$	$4,8 \pm 1,0$	$4,5 \pm 0,3$	<b><math>53,8 \pm 3,5</math></b>
dabiski sagatavotā augsnē	$29,8 \pm 1,5$	$15,3 \pm 2,4$	$3,8 \pm 0,4$	$3,3 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,1$	<b><math>56,1 \pm 2,9</math></b>
sagatavotā augsnē stādīts selekcionēts stādmateriāls	$24,0 \pm 4,3$	$16,0 \pm 1,4$	$4,2 \pm 1,1$	$5,0 \pm 1,1$	$4,9 \pm 0,9$	<b><math>54,1 \pm 3,8</math></b>
<b>Vidēji</b>	<b><math>24,9 \pm 1,8</math></b>	<b><math>16,3 \pm 0,9</math></b>	<b><math>5,5 \pm 0,6</math></b>	<b><math>4,5 \pm 0,5</math></b>	<b><math>4,6 \pm 0,3</math></b>	<b><math>55,8 \pm 2,2</math></b>

Pētījuma rezultāti liecina, ka augsnes sagatavošanai meža atjaunošanas laikā nav negatīvas ietekmes uz oglekļa uzkrājumu nedzīvajā zemsegā, tieši pretēji – vismazākais oglekļa uzkrājums nedzīvajā zemsegā ir nesagatavotā augsnē, kur notikusi dabiskā atjaunošanās.

Vidējais oglekļa uzkrājums nedzīvajā zemsegā un augsnē Latvijas meža minerālaugsnes ir 215 tonnas ha<sup>-1</sup> (LEGMC 2010). Tas liecina, ka pētījums raksturo nabadzīgas meža augsnes, kas visāsāk reaģē uz dažādiem augsnes bojājumiem (Egnell and Hyvönen 2007) un atrodas augsnes oglekļa uzkrājuma samazināšanās riska grupā.

Pētījums nesniedz atbildi uz jautājumu par augsnes apstrādes ietekmi uz CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O emisijām. Kanādā boreālajos mežos veiktu pētījumu rezultāti par CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O emisijām no mežiem bezsala periodā pierāda, ka melnās egles (*Picea mariana* (Mill.) Britton, Sterns & Poggenburg), Benksa priedes (*Pinus banksiana* Lamb.) un parastās apses (*Populus tremula*

L.) meži uz labi susinātām augsnēm ir neto CH<sub>4</sub> piesaistes avots ( $-0,33 \pm 0,11$  mg m<sup>-2</sup> dienā). Alkšņu (*Alnus rugosa* Du Roi Spreng.) audzes uz dabiski mitrām augsnēm ir CH<sub>4</sub> emisiju avots ( $0,45 \pm 0,12$  mg m<sup>-2</sup> gadā). Pēc galvenās cirtes CH<sub>4</sub> emisijas no alkšņa audzēm uz dabiski mitras augsnes palielinās 131 reizi. Augsnes mitrums un temperatūra ir galvenie emisijas ietekmējošie faktori (Ullah, Frasier, Pelletier, et al. 2009). N<sub>2</sub>O emisijām Kanādas boreālajos skujkoku mežos konstatēta liela variabilitāte un šīs emisijas ir būtiski mazākas ( $1,6 \pm 0,33$  μg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), nekā lapkoku audzēs. N<sub>2</sub>O emisijas no skujkoku izcirtumiem ir 2,7 reizes lielākas, nekā no pieaugušām skujkoku audzēm. Skujkoku izcirtumos ar skarificētu augsni N<sub>2</sub>O emisijas ir 1,7 reizes lielākas, nekā izcirtumos, kur augsnes nav gatavota (attiecīgi,  $2,98 \pm 0,37$  μg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> un  $1,73 \pm 0,69$  μg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). Liela C/N attiecība zemsegā (27-78) pieaugušās skujkoku audzēs norāda uz palēninātu N mineralizāciju un nitrificēšas procesu, kas varētu būt galvenais iemesls mazākām N<sub>2</sub>O emisijām (Ullah, Frasier, Pelletier, and Moore 2009).

CH<sub>4</sub> emisiju pieaugums mežizstrādes rezultātā mežos uz dabiski mitrām augsnēm skaidrojams ar mitruma režīma izmaiņām. Tas nozīmē, ka pazemināta gruntsūdens līmeņa saglabāšana var būt nozīmīgs pasākums CH<sub>4</sub> emisiju samazināšanai samazināšanai pēc mežizstrādes susinātos mežos, kuros pastāv applūšanas risks pēc galvenās cirtes. Lai gan šī pieņēmuma pārbaudei nepieciešami empīriski dati par CH<sub>4</sub> emisijām šādās teritorijās.

Balstoties uz Kanādā veikto pētījumu rezultātiem, var secināt, ka meža augšņu skarificēšana samazina CO<sub>2</sub> un CH<sub>4</sub> emisijas no augsne, bet palielina N<sub>2</sub>O emisijas (9. tabula), lai gan nav skaidrs, cik ilga ir šī ietekme.

Vadlīnijās SEG inventarizācijas veikšanai norādīts uz augsnes sagatavošanas iespējamo ietekmi uz N<sub>2</sub>O un CH<sub>4</sub> emisijām, taču, pamatojoties uz pārbaudītu datu trūkumu, ieteikts izstrādāt nacionālu metodiku šo emisiju novērtēšanai, ja ir pamats uzskatīt, ka CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O emisijas no augsnes var būt emisiju pamatavots (Eggleston, Buendia, Miwa, et al. 2006).

8. Tabula. Kanādiešu pētījumu kopsavilkums par SEG emisijām no meža, pēc Ullah, Frasier, Pelletier, and Moore 2009

Variants	CH <sub>4</sub> emisijas, mg m <sup>-2</sup> dienā	N <sub>2</sub> O emisijas, μg m <sup>-2</sup> stundā	C <sub>2</sub> O emisijas, g m <sup>-2</sup> dienā
Skujkoku audzes	$-0,33 \pm 0,39$	$1,17 \pm 1,61$	$0,97 \pm 0,28$
<b>Skujkoku izcirtums</b>	<b><math>-0,14 \pm 0,54</math></b>	<b><math>1,73 \pm 0,69</math></b>	<b><math>0,94 \pm 0,14</math></b>
Skujkoku degums	$-0,32 \pm 0,43$	$1,34 \pm 1,46$	$0,67 \pm 0,22$
<b>Skujkoku izcirtums, skarificēts</b>	<b><math>-0,21 \pm 0,31</math></b>	<b><math>2,98 \pm 0,37</math></b>	<b><math>0,88 \pm 0,25</math></b>
Apse	$-0,19 \pm 0,29$	$1,88 \pm 1,99$	$1,51 \pm 0,17$
Alksnis mitrzemē	$0,41 \pm 0,21$	$2,35 \pm 2,12$	$1,4 \pm 0,25$
Alkšņa izcirtums	$63,3 \pm 25,16$	$2,57 \pm 0,1$	$0,95 \pm 0,29$

Attiecinot Kanādā iegūtos datus uz Latvijas teritoriju, meži uz dabiski mitrām augsnēm gadā rada aptuveni 1,2 tūkst. tonnas CH<sub>4</sub> emisiju (25 tūkst. tonnas CO<sub>2</sub> ekv.). Salīdzinot ar citiem emisiju avotiem, CH<sub>4</sub> emisijas no dabiski mitrām augsnēm, attiecīgi, ir niecīgas. Turpretim, ja uz dabiski mitrām augsnēm attiecinā izcirtumiem raksturīgo emisiju koeficientu ( $63,3$  mg CH<sub>4</sub> m<sup>2</sup> dienā), tās kļūst par otru lielāko emisiju avotu meža zemēs (2,1 milj. tonnas CO<sub>2</sub> ekv.). Tas nozīmē, ka CH<sub>4</sub> emisijas no dabiski mitrām meža augsnēm būtiski ietekmē izcirtumu un jaunaudžu īpatsvars – jo vairāk ir jaunu mežu, jo lielākas emisijas. Uz sausām un susinātām augsnēm konstatētie rezultāti liecina par to, ka šai

problēmai ir risinājums – gruntsūdens līmeņa pazemināšana. Jārēķinās ar to, ka uz organiskām augsnēm gruntsūdens līmeņa pazemināšana palielinās CO<sub>2</sub> emisijas; proporcionāli var pieaugt arī N<sub>2</sub>O emisijas.

Drošākais risinājums CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O emisiju novērtēšanai dažādos meža tipos ir kompleksa pētījuma veikšana Baltijas valstīs, ietverot gan dažādas vecuma grupas, gan meža augšanas apstākļu tipus.

### 3.Meža kopšanas ietekme uz CO<sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā

Pētījuma darba uzdevums 2013. gadā ir turpināt pētījumu objektu atlasī izmēģinājumiem meža kopšanas ietekmes uz CO<sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā ietekmes novērtēšanai; kā arī turpināt parauglaukumu ierīkošanu un empīrisku datu ievākšanu papildus pieauguma raksturošanai.

#### 3.1.Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums

2011.-2012. gadā veikta pētījumu metodikas aktualizēšana un objektu atlase pēc taksācijas datiem un uzsākta apsekošana dabā. Pētījuma ietvaros apsektas audzes ar augstu biežumu un vidējo augstumu 2-4 m, plānojot kopumā 43 nogabalos ģeogrāfiski atšķirīgās vietās izveidot ilgtermiņa sastāva kopšanas ciršu ietekmes novērojumu parauglaukumus.

Sākotnējā atlasē, salīdzinot datu bāzes informāciju ar stāvokli dabā, netika atrast piemērots parauglaukumu skaits. Galvenās nesakritības: audzes sastāvs, vidējais augstums. Tāpat daļā apsektoto nogabalu augšanas apstākļi nebija vienmērīgi visā to platībā. Veikta atkārtota atlase pēc datu bāzes, izslēdzot ierobežojumu par konkrētām vēlamajām objektu atrašanās vietām pa iecirkņiem. Arī atkārtotā apsekošanā neizdevās iegūt visu vēlamo parauglaukumu skaitu, tādēļ samazināt platības ierobežojums, atlasot arī tādu nogabalus, kur nebūs iespējams izvietot visus paredzētos kopšanas variantu 3 atkārtojumos. Lai nodrošinātu statistiski ticamu rezultātu iegūšanu šī iemesla dēļ būs nepieciešams palielināt izvēlēto nogabalu skaitu. Pirmā apsekošanas cikla rezultāti doti 10. tabulā, kopumā parauglaukumu atlasē lietderības koeficients ir 20 %.

Tāpat 2011.-2012. gadā apsektas arī audzes ar lielu koku skaitu un vidējo augstumu 10-12 m, plānojot kopumā 23 nogabalos ģeogrāfiski atšķirīgās vietās izveidot ilgtermiņa novērojumu objektus novēlotas sastāva kopšanas izmēģinājumiem. Darba izpildes procesā konstatētas līdzīgas problēmas kā jaunajās audzēs un pielietota tāda pat risinājumu shēma.

9. Tabula: 2011.-2012. gadā apsektās mežaudzes

Mežsaimniecība	Apsektas audzes	Parauglaukumu ierīkošanai atlasītas audzes
Ziemeļkurzeme	64	11
Zemgale	54	8
Vidusdaugava	34	10
Austrumvidzeme	60	17
Ziemeļlatgale	21	3
Dienvidlatgale	78	13
<b>Kopā</b>	<b>311</b>	<b>62</b>

2011.-2012. gadā kopumā atlasīti aptuveni 50 % no nepieciešamajiem nogabaliem. Sešos nogabalos veikta kopšanas objektu robežu izzīmēšanas dabā un skīču sagatavošana.



### 3.1.1. Pastāvīgie pētījumu objekti

Saskaņā ar metodiku pastāvīgo pētījumu objektu ierīkošana plānota meža tipos, kur ir lielākais attiecīgās sugas audžu īpatsvars: priedei Mr, Dm, As, Ks (Ln un Sl nav izvēlēts, lai samazinātu ierīkojamo objektu skaitu, reizē ar to arī izmaksas); eglei Dm, Vr, As, Ks; bērzam Vr, As, Ks, Dms, apsei Vr. Apsekojot objektus izvēlētajos iecirkņos ar potenciāli augstvērtīgākajām katras koku sugas audzēm, nebija iespējams atlasīt parauglaukumu izveidei nepieciešamo nogabalu ar nekoptām tīraudzēm skaitu, tādēļ nogabalu apsekošana un izvēlē tupināta ģeogrāfiski attālās vietās visās AS „Latvijas valsts meži” apsaimniekotajās platībās. Veicot atlasi no datu bāzes pēc koku augstuma un apsekojot audzes tika atrasts ļoti mazs nogabalu skaits, tādēļ vairākas atkārtotas atlases veiktas pēc koku vecuma. Rezultātā izvēlēts 31 nogabals, uzsākta stigošana. Kopumā no potenciāli piemēroto nogabalu saraksta vēl neapsekotās audzes apkopotas 11. tabulā.

10. Tabula: AS “Latvijas valsts meži” apsaimniekotajās platībās parauglaukumu ierīkošanai vēl apsekojamo jaunaudzū skaits

2-4m augstās audzēs			
Priede	Egle	Bērzs	Apse
186	39	62	17
10-12m augstās audzēs			
Priede	Egle	Bērzs	Apse
32	59	13	2

Kopējais darba apjoms objektu atlasē nozīmīgi pārsniedz plānoto taksācijas kļūdu dēļ. Ņemot vērā šo faktu un kopējo projekta darbu apjomu, kā arī to, ka jau pārbaudīti virkne dažādu atlase kritēriju un papildus nogabalu izvēle pēc datu bāzes vairs nebūs iespējama, redzams, ka projekta ietvaros nebūs iespējams ierīkot visu bērza un apšu audzēs paredzētos parauglaukus.

Lai palielinātu objektu skaitu, potenciālo nogabalu atlase un apsekošana veikta arī Meža pētīšanas stacijas mežos (12. tabula). Izmantota tā pati metodika, kas veicot darbus AS „Latvijas valsts meži” apsaimniekotajās platībās.

11. Tabula: MPS platībās apsekoto nogabalu kopsavilkums pa audžu augstuma grupām

Nogabali	Kalsnavas MN		Jelgavas MN		Auces MN		Šķēdes MN		Mežoles MN		Kopā	
	2-4m	10-12m	2-4m	10-12m	2-4m	10-12m	2-4m	10-12m	2-4m	10-12m	2-4m	10-12m
Apsekots	12	51	11	3	19	2	25	2	18	9	85	67
Atlasīts	1	20	0	0	0	0	7	1	2	0	10	21

MPS mežos atlasīto nogabalu saraksts ietverts 13. tabulā. Kā redzams, arī ar šo aktivitāti piemērotu (kritērijiem atbilstošu) lapu koku nogabalu skaitu nav izdevies palielināt.

12. Tabula: MPS atlasīto nogabalu saraksts stigošanai un sagatavošanai kopšanai

Mežniecība	Kvartāls	Nogabals	Platība	Meža tips	Sastāvs
Kokneses	105	6	1,4	Dm	10P 23

Mežniecība	Kvartāls	Nogabals	Platība	Meža tips	Sastāvs
Kokneses	105	14	2,8	Dm	10P 23
Kokneses	79	16	7,0	Dm	10P 27
Kokneses	149	1	1,8	As	10E 20
Kokneses	206	3	4,3	As	10E 22
Kokneses	121	9	10,9	As	10E 24
Kokneses	148	4	1,3	As	10E 24
Kokneses	150	11	1,3	As	8E2B 24
Kokneses	112	10	5,1	As	10E 25
Kokneses	125	10	3,1	As	10E 25
Kokneses	154	1	1,7	As	10E 28
Kokneses	124	23	2,8	Dm	10E 22
Kokneses	130	15	2,0	As	10E 23
Kokneses	191	13	3,9	As	10E 25
Kokneses	192	10	1,4	As	10E 29
Kokneses	191	4	1,8	Dm	10E 19
Madonas	95	7	6,2	As	9E1B 23
Madonas	90	11	1,3	As	10E 26
Madonas	229	16	1,6	As	10E 7
Madonas	237	17	3,0	As	10E 24
Smiltenes	29	1	2,8	Dm	10P 6
Smiltenes	74	13	3,0	Dm	8E2B 6
Talsu	43	10	1,2	Vr	10E 4
Vandzenes	2	5	1,3	Vr	10E 4
Vandzenes	7	12	1,2	Vr	10E 4
Vandzenes	59	7	2,2	Dm	10P 6
Vandzenes	71	20	1,1	As	10E 19
Vandzenes	72	7	1,5	Vr	10E 6
Valdemārpils	10	11	1,5	Vr	10E 4
Valdemārpils	11	17	2,1	Vr	10E 4

Tāpat pārskata periodā MPS mežos veikta stigošanas, dastošana, esošā un paliekošā šķērslaukuma aprēķins un koku izzīmēšana kopšanai, shēmu sagatavošana 11 egļu nogabalos kopumā 20,6 ha platībā. Nogabalos šajā ziemā jau uzsākta kopšanas ciršu izpilde. Šie nogabali ir ar zināmu un atšķirīgu sākotnējo stādīšanas attālumu, kas nodrošina iespēju novērtēt piesaistītā oglekļa apjomu un sniegs iespēju nākotnē analizēt stādīšanas attāluma-kopšanas intensitātes (izmantotas 3 dažādas intensitātes) mijiedarbību.

### 3.1.2.Īslaicīgie pētījumu objekti

Nemot vērā iepriekšējo pieredzi, nogabalu atlase jaunaudžu kopšanas efekta novērtēšanai veikta tīraudzes, kā kritēriju izmantojot koku vecumu, tādēļ koku augstums ierīkotajos parauglaukumos nav vienmērīgs. Katrā nogabalā izvietoti 3 apļveida parauglaukumi (platība 500 m<sup>2</sup>), kuros veikta koku uzmērīšana, kā arī detāli mērījumi un pieauguma urbumi 15 kokiem. Ja nogabalā augšanas apstākļi variējoši (piemēram, reljefs), meža tips noteikts katrā parauglaukumā atsevišķi.

Kopumā 2012. gadā apsekoti 118 nogabali, no kuriem daļā parauglaukumi nav ierīkoti, jo neatbilst audzes sastāvs (piemistrojums pārsniedz 2 vienības), ļoti zems biežums vai arī koku dimensijas ievērojami mazākas nekā paredzētās.

Parauglaukumi ierīkoti 81 nogabalā no šajā darba uzdevumā kopumā plānotajiem 216 nogabaliem. Faktiska sugu maiņa no skuju kokiem uz bērzu konstatēta 10 nogabalos. Kopumā iegūtais nogabalu skaits pa sugām priede: 39, egle: 25, bērzs: 17. Kopumā ievākti 3707 koku pieauguma urbumi un veikta pieaugumu uzmērīšana. Koku vidējais vecums 10,2 gadi, vidējais pieaugums 38,4mm. Prognozējams, ka šo projekta darba uzdevumu plānotajā darba laikā būs iespējams izpildīt pilnā apmērā.

#### 3.2.2013. gada darba rezultāti

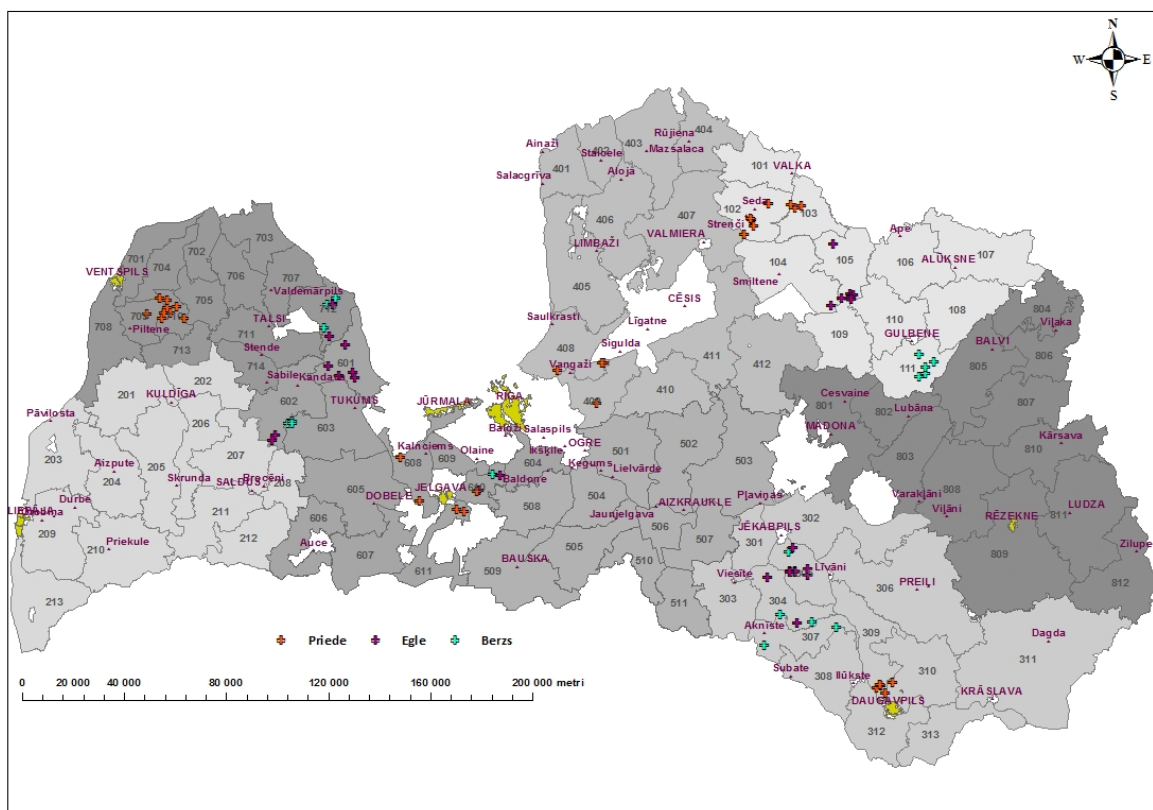
Saskaņā ar projekta plānu kopšanas ciršu ietekmes novērtēšanu uz SEG bilanci paredzēts veikt, izmantojot datus no pastāvīgiem (ilglaicīgiem) un īslaicīgiem pētījumu objektiem. Pētījuma sadaļas progresa kopsavilkums dots 14. tabulā.

13. Tabula: Kopšanas ietekmes novērtēšanas parauglaukumos iegūto datu kopsavilkums

Pētījumu grupa	Parauglaukumu grupa	Progresa rādītāji
Īstermiņa parauglaukumi	jaunaudžu kopšana	118 PL apsekoti LVM un 8 ārpus LVM, kopā 58% no plāna; saurbts 71% no apsekotajiem (89 PL) samērītas 3707 skaidas.
	krājas kopšana	parauglaukumi ierīkoti visos projektā paredzētajos 72 koptajos objektos un 6 no plānotajiem kontroles (nekopto audžu) objektiem, tātad kopā 78 audzes, 55 % no kopējā; saurbts visos uzmērītajos, 78 PL, ievāktas 3512 skaidas; samērītas – 738 skaidas (21%).
ilgtermiņa objekti	savlaicīga kopšana	apsekots vismaz 5 reizes vairāk objektu nekā nepieciešams (apgrūtināta izvēle dēļ neatbilstībām Meža

Pētījumu grupa	Parauglaukumu grupa	Progresu rādītāji
		valsts reģistrā, izmaksas šajā etapā vairākkārtīgi pārsniedz plānu); samērīti un sastigoti 46 nogabali, kopumā vēl būs 77 objekti (izdarītais ir 37%).
	“novēlota” kopšana	apsekots vismaz 5 reizes vairāk objektu nekā nepieciešams (apgrūtināta izvēle dēļ neatbilstībām Meža valsts reģistrā, izmaksas šajā etapā vairākkārtīgi pārsniedz plānu); samērīts un sastigots 21 nogabals, parauglaukumu vēl būs jau apsekotos un izvēlētos 40 nogabalos, t.i. paveiktais ir 34% no kopējā apjoma.

Īslaicīgo parauglaukumu ierīkošana jaunaudzēs pabeigta 2012. gadā, bet šajā pārskata periodā veikta parauglaukumu ierīkošana otrā audžu grupā – 40-60 gadus vecās audzēs, kur pirms 5-20 gadiem veikta kopšana. Izmēģinājumu objekti ierīkoti 3 ģeogrāfiski atšķirīgos reģionos, vairākos meža tipos (Priedei: Mr, Dm, As; Eglei: Dm, Vr, As; Bērzam: Vr, As). Parauglaukumi ierīkoti visos projektā paredzētajos 72 objektos (2. attēls; . pielikuma 35. tabula).



2. Attēls: Mežaudzes, kurās pārskatā periodā izvietoti parauglaukumi.



Parauglaukumu ierīkošanas metodika:

parauglaukumi izvietoti audzēs, kur veikta kopšana, valdošā suga veido vismaz 8 sastāva vienības audzes formulā, projekta nosacījumiem atbilstošā meža tipā; audzes atlasītas datu bāzē un pirms parauglaukumu izvietošanas šie nosacījumi pārbaudīti, nepieciešamības gadījumā izvēloties citu nogabalu;

katrā mežaudzē izvietoti četri (atsevišķās audzēs ar lielu biezumu – 2) apļveida parauglaukumi 500 m<sup>2</sup> platībā (r = 12,62 m), atzīmētas to centru ģeogrāfiskās koordinātes;

parauglaukumi izvietoti nogabalam tipiskā vietā, ne tuvāk par 10 m no audzes malas, ņemot vērā pievešanas ceļus: 2 ar centru uz pievešanas ceļa, 2 starp ceļiem; lai novērtētu pievešanas ceļa aizņemot platību parauglaukumā, katrā tā ceturtdaļā noteikts attālums un azimuts no parauglaukuma centra ceļa garenasij tuvākajam kokam;

katram kokam ar caurmēru no 6,1 cm uzmērīts: attālums un azimuts no parauglaukuma centra, caurmērs, noteikta suga, raksturoti stumbra bojājumi;

katrā parauglaukumā augstumi mērīti 9-12 dažāda caurmēra valdošās sugas 1. stāva kokiem un pēdējo 5 gadu pieaugumu urbumi ievākti 15 dažāda caurmēra kokiem.

Izmantojot biomasas vienādojumus, iegūtie dati nodrošina iespēju raksturot audzes kopējo koku piesaistītā oglekļa apjomu. Izmantotā metodika nodrošina iespēju rekonstruēt ne tikai mežaudzes šķērslaukumu (ņemto vērā arī pievešanas ceļu aizņemtās platības), bet arī raksturot koku savstarpējo konkurenci (zinot to izvietojumu un caurmēru) un tās ietekmi uz pieaugumu – līdz ar to piesaistītā oglekļa apjomu. Tāpat dati var tikt izmantoti turpmākos pētījumos, vērtējot mežaudzes struktūras (un kopšanas) ietekmi uz nobiru apjomu un augsnes oglekļa bilanci.

Darba uzdevuma izpildei saskaņā ar projekta plānu nākamajā pārskata periodā paredzēts pēc līdzīgas metodikas uzmērīt kontroles (nekoptās) mežaudzes un veikt piesaistītā oglekļa apjoma aprēķinus.

Ilglaicīgo parauglaukumu ierīkošana saskaņā ar projekta plānu pārskata periodā veikta gan līdz 10 gadus vecās jaunaudzēs (vidējais augstums 2-4 m), gan otrās vecuma klases jaunaudzēs.

Jaunaudzēs ar vidējo augstumu 2-4 m saskaņā ar projekta metodiku parauglaukumus paredzēts izvietot 3 ģeogrāfiski atšķirīgos reģionos, katrai no koku sugām (priede, egle, bērzs) vairākos meža tipos un katrā no meža tipā izmantojot 3 atšķirīgas kopšanas intensitātes, kā arī saglabājot nekoptu (kontroles) platību. Saskaņā ar projekta metodiku mežaudzes atlasītas, tajās izvietojot apļveida parauglaukumus (r = 2,82 m), kuros noteikta koku suga un caurmērs. Meža pētīšanas stacijas mežos kopumā atlasīti 46 nogabali (atsevišķos gadījumos vairāki blakus nogabali apvienoti vienā objektā), kas ir vairāk, nekā projektā sākotnēji plānots (43 objekti, . pielikuma 36. tabula), tādēļ, ka visos objektos nebija iespējams saskaņā ar projekta metodiku reprezentēt visas kopšanas intensitātes. Šī paša iemesla dēļ, un paredzot mazāk laika ieguldīt īslaicīgo parauglaukumu izveidē jaunaudzēs, ziemas sezonā jau uzsākta arī papildus nogabalu apsekošana Meža pētīšanas stacijas mežos, plānojot to kopšanu nākamajā pārskata periodā (. pielikuma 37. tabula). Šajā pārskata periodā veikta atkasīto nogabalu sadalīšana parauglaukumos, sagatavotas skices, veikta kopšana; palikušās audzes inventarizācija veikta 25 nogabalos (10 Šķēdes MN, 9 Auces MN un 6 Šķēdes MN). Pārējās inventarizācijas paredzēts veikt ziemas periodā.

Ilglaicīgo parauglaukumu izvietošana otrās vecuma klases jaunaudzēs saskaņā ar projekta plānu paredzēta kopumā 23 objektos, katrā izmantojot 3 atšķirīgas kopšanas intensitātes un daļu platības saglabājot kā kontroli (nekoptu). Daļa no plānotajiem parauglaukumiem izveidota 2012. gadā Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas meža novada, šajā pārskata periodā darbi pabeigti 10 nogabalos AS “Latvijas valsts meži” apsaimniekotās platībās (. pielikuma

38. tabula). Atsevišķas no sākotnēji izraudzītajām platībām tomēr nav bijušas piemērotas parauglaukumu izvietojumam, tomēr tas nekavēs kopējo projekta rezultāta sasniegšanu, jo līdzvērtīgas platības atlasītas MPS Kalsnavas mežu novadā. Līdzīgi kā ilglaicīgajos parauglaukumos jaunākajās audzēs, ne visur nogabalā bija iespējams izvietot plānoto parauglaukumu skaitu, tādēļ veikta papildus nogabalu atlase MPS Kalsnavas mežu novadā un ziemas periodā tajos tiks veikta uzmērīšana un stigošana, sagatavojot platības kopšanai. Ilglaicīgo parauglaukumu ierīkošanu paredzēts pabeigt nākamajā pārskata periodā.

## **4.Kokaugu virszemes un pazemes dzīvās biomasas aprēķinu vienādojumi**

### **4.1.Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums**

Pētījuma darba uzdevums 2012. gadā ir ievākt paraugus (veikt koku zāgēšanu un celmu rakšanu) kokaugu virszemes un pazemes dzīvās biomasas aprēķinu vienādojumu izstrādāšanai vismaz 50 % no 2011. gadā ierīkotajiem parauglaukiem virszemes biomasas novērtēšanai un 30 % no parauglaukiem – pazemes biomasas novērtēšanai.

Kokaugu virszemes un pazemes biomasas vienādojumu izstrādāšanai nepieciešamo paraugu ievākšanai pētījuma ietvaros apsektas 164 mežaudzes Vidusdaugavas, Ziemeļlatgales un Ziemeļkurzemes mežsaimniecībās. Ierīkoti 42 parauglaukumi paraugkoku zāgēšanai. Pārējās audzes atzītas par neizmantojamām pētījuma ietvaros, un paralēli biomasas paraugu ievākšanai notiek jaunu mežaudžu atlase.

Lielākajā daļā no mežaudzēm, kurās nevarēja ierīkot parauglaukus, atradās tālu no piebraucamiem ceļiem, attiecīgi, būtu apgrūtināta paraugu (galvenokārt, celmu) izvešana no meža un aprīkojuma nogādāšana mežā. Jaunaudzēs, tāpat kā kopšanas izmēģinājumos, grūtības radīja tas, ka valdošā suga pēc taksācijas apraksta neatbilda faktiskajai valdošajai sugai. Lielākās grūtības radīja veco (2 vecuma desmitgades virs galvenās cirtes vecuma) mežaudžu atlase, jo vairums no šīm audzēm izrādījās saimnieciski mazvērtīgākas, un nebija izstrādātas vai nu tāpēc, ka atrodas tālu no ceļiem vai arī kokiem ir daudz bojājumu (galvenokārt, trupe), kas pazemina to saimniecisko vērtību. Šādu audžu izvēle biomasas vienādojumu izstrādāšanai radītu nekorektu priekšstatu par oglekļa uzkrājumu dzīvajā biomasā vecās audzēs. Tāpēc pētījumā jau 2011. gadā pilnveidota metodika un biomasas analīzē ietvertas tikai mežaudzes, kas nav pārsniegušas galvenajai cirtei raksturīgo vecumu. Vecāku mežaudžu biomasas vienādojumus lietderīgi izstrādāt dabiskās sukcesijas ietekmes uz SEG emisijām un CO<sub>2</sub> piesaisti pētījumu ietvaros, izvēloties pētījumu objektus nevis saimnieciskajos mežos, bet aizsargājamās dabas teritorijās, kur lēmumu par mežaudzes saglabāšanu nepieņem, balstoties uz saimnieciskiem apsvērumiem.

Darba uzdevuma ietvaros ievāc paraugus (veic koku zāgēšanu un celmu rakšanu) kokaugu virszemes un pazemes dzīvās biomasas aprēķinu vienādojumu izstrādāšanai, 2012. gadā atbilstoši plānam vajadzēja ievākt virszemes biomasas paraugus 50 % no 2011. gadā ierīkotajiem parauglaukiem un 30 % no parauglaukiem pazemes biomasas novērtēšanai.

Uz 2012. gada 1. decembri bija nozāģēti un apstrādāti 180 paraugkoki no 60 meža nogabaliem, izrakti 98 dzīvo koku celmi un 23 iepriekšējās aprites koku celmi. Koku zāgēšana un paraugu ievākšana veikta ziemā pirms pumpuru plaukšanas; celmu rakšana veikta nākošajā vasarā pēc koku zāgēšanas.

Pavisam projekta ietvaros pēc pāraugušo audžu atmešanas beigās ir paredzēts iegūt paraugkokus 144 nogabalos, katrā ir 3 paraugkoki, attiecīgi, kopā 432 paraugkoki. Darba izpildes progress un informācija par izraudzītajiem objektiem dota . pielikumā.

Laboratorijā notiek koksnes blīvuma un mitruma satura noteikšana. Oglekļa satura noteikšanai sagatavoti 900 koksnes virszemes daļas un 360 koksnes pazemes daļas paraugi no

dzīviem kokiem un 46 koksnes pazemes daļas paraugi no iepriekšējās aprites celmiem. Oglekļa satura analīzes koksnes paraugiem vēl nav uzsāktas.

Sākotnējie stumbra koksnes mitruma un blīvuma analīžu rezultāti apsei, bērzam, eglei un priedei parādīti 15. tabulā. Visām koku sugām, izņemot apsi, mitruma saturs koksne tievgalī ir lielāks, lai gan atšķirības būtiskumu varēs novērtēt tikai pēc visu paraugu ievākšanas. Vidējais relatīvais mitruma saturs koksne ir 57 %. Koksnes blīvums resgalī un tievgalī visām sugām svārstās šaurākās robežā. Jāņem vērā, ka tievgaļa paraugs ņemts nevis koka galā, bet aptuveni 70 % no koka garuma no koka pamatnes, lai raksturotu no koka smaguma centra tievgaļa virzienā ejošo stumbra daļu. Resgaļa paraugs ņemts 15 % no koka garuma no stumbra pamatnes.

Vidējais koksnes blīvums, kas izmantojams krājas / biomasas pārrēķinos, apsei ir  $0,38 \text{ g cm}^{-3}$ , bērzam –  $0,48 \text{ g cm}^{-3}$ , eglei –  $0,36 \text{ g cm}^{-3}$  un priedei –  $0,38 \text{ g cm}^{-3}$ . Salīdzinot ar SEG inventarizācijas vadlīnijās ieteiktajiem stumbra koksnes blīvuma rādītājiem (Penman 2003), apses blīvums Latvijā ir par 9 % lielāks, bet pārējām koku sugām faktiskais koksnes blīvums ir mazāks, nekā vadlīnijās; bērzam – par 5 %, eglei – par 11 %, bet priedei – par 17 %.

Izmantojot pētījumā iegūtos koksnes blīvuma koeficientus krājas pieaugumā saistītā oglekļa aprēķiniem, valsts kopējā  $\text{CO}_2$  piesaiste dzīvajā biomasā 2012. gadā samazinātos par 7 %. Tas atbilst sākotnējām prognozēm par precizētu koksnes blīvuma rādītāju pielietošanu aprēķinos. Tomēr pētījumā iegūtos rezultātu pagaidām nevar izmantot praksē, jo nav izstrādāti biomasas pārrēķinu vienādojumi, kas atstās būtisku ietekmi uz pārrēķinu rezultātiem.

14. Tabula: Mitruma saturs un koksnes blīvums stumbra koksnes paraugos ar mizu

Suga	Rādītājs	Parauga veids		Vidēji
		stumbra resgalis	stumbra tievgalis	
A	Relatīvais mitrums, %	55	52	<b>54</b>
	Koksnes blīvums, $\text{g cm}^{-3}$	0,38	0,39	<b>0,38</b>
B	Relatīvais mitrums, %	49	50	<b>50</b>
	Koksnes blīvums, $\text{g cm}^{-3}$	0,49	0,46	<b>0,48</b>
E	Relatīvais mitrums, %	57	60	<b>59</b>
	Koksnes blīvums, $\text{g cm}^{-3}$	0,36	0,36	<b>0,36</b>
P	Relatīvais mitrums, %	58	65	<b>62</b>
	Koksnes blīvums, $\text{g cm}^{-3}$	0,36	0,33	<b>0,35</b>
<b>Relatīvais mitrums, %</b>		<b>56</b>	<b>59</b>	<b>57</b>
<b>Koksnes blīvums, <math>\text{g cm}^{-3}</math></b>		<b>0,39</b>	<b>0,37</b>	<b>0,38</b>

Pētījuma ietvaros biomasas aprēķiniem noteikts mitruma saturs zaļajos un sausajos zaros (16. tabula). Lapkokiem mitruma saturs noteikts bezlapu stāvoklī, skujkokiem – ar skujām.



Tas izskaidro, kāpēc priedes un egles zaļajos zaros ir vairāk mitruma, nekā apses un bērza zaļajos zaros. Vidējais mitruma saturs zaros ir būtiski mazāks, nekā stumbra koksne. Sausie zari satur vidēji 2 reizes mazāk ūdens, nekā stumbra koksne. Zaru koksnes blīvumu varēs izrēķināt pēc koku biomasas datu apstrādes.

15. Tabula: Mitruma saturs sausos un dzīvos zaros

Suga	Relatīvais mitrums sausajos zaros, %	Relatīvai mitrums zaļajos zaros, %
A	22	48
B	31	48
E	20	51
P	27	54

Skujkoku celmos un saknēs konstatēts būtiski lielāks mitruma saturs, nekā lapkoku celmos un saknēs (17. tabula). Koku pazemes daļas blīvums nevienai koku sugai, izņemot bērzu, būtiski neatšķiras no virszemes daļas vidējā blīvuma. Bērza celma un sakņu koksnes blīvums ir mazāks, nekā virszemes daļas koksnes blīvums.

16. Tabula: Mitruma saturs un koksnes blīvums celmā un balstsaknēs

Suga	Rādītājs	Parauga veids		Vidēji
		balstsaknes	celms	
A	Relatīvais mitrums, %	57	50	<b>53</b>
	Koksnes blīvums, g cm <sup>-3</sup>	0,33	0,42	<b>0,38</b>
B	Relatīvais mitrums, %	52	49	<b>51</b>
	Koksnes blīvums, g cm <sup>-3</sup>	0,41	0,44	<b>0,42</b>
E	Relatīvais mitrums, %	58	59	<b>59</b>
	Koksnes blīvums, g cm <sup>-3</sup>	0,37	0,36	<b>0,36</b>
P	Relatīvais mitrums, %	61	58	<b>60</b>
	Koksnes blīvums, g cm <sup>-3</sup>	0,35	0,38	<b>0,36</b>
<b>Relatīvais mitrums, %</b>		<b>57</b>	<b>56</b>	<b>57</b>
<b>Koksnes blīvums, g cm<sup>-3</sup></b>		<b>0,37</b>	<b>0,39</b>	<b>0,38</b>

Pētījumā noteikta arī sīksakņu ( $D < 2$  mm) biomasas, mitruma saturs un koksnes blīvums (18. tabula). Mitruma saturs sīksaknēs būtiski neatšķiras no mitruma satura balstsaknēs un celma koksne, bet sīksakņu koksnes blīvums visām koku sugām ir mazāks, nekā virszemes daļai un lielajām saknēm. Aktualizējot projekta metodiku 2011. gadā, nolemts sīksaknes pieskaitīt augsnes biomasai, jo augsnes paraugos nav viegli nodalīt dzīvās un nedzīvās

sīksaknes. Dati, kas iegūti no līdz šim izraktajiem celmiem, tiks izmantoti tikai lielo sakņu un celma biomasas noteikšanai, atskaitot sīksaknes no celmu un sakņu biomasas.

17. Tabula: Mitruma saturs un koksnes blīvums par 2 mm tievākās saknēs

Suga	Relatīvais mitrums, %	Koksnes blīvums, g cm <sup>-3</sup>
A	57	0,32
B	51	0,36
E	49	0,35
P	63	0,29

#### 4.2.2013. gada darba rezultāti

Pētījuma ietvaros oglekļa saturs atsevišķi noteikts balstsaknēs, celmā, saknē, kas tievākas par 2 cm, sausajos zaros, stumbrā un zaļajos zaros. Stumbra biomasā atsevišķi noteikts oglekļa saturs koksnē ar mizu (vidējiem paraugiem 2 šķērsriezuma vietās) un vidējam paraugam bez mizas, kas veidots no ik pēc 1 m no stumbra iegūtiem koksnes paraudziņiem. Uz lauka un laboratorijā mērīto, kā arī aprēķināto rādītāju saraksts dots 19. tabulā.

18. Tabula: Biomasas aprēķiniem uz lauka, laboratorijā un aprēķinu ceļā noteiktie rādītāji

Uz lauka noteiktie rādītāji	Laboratorijā noteiktie rādītāji	Aprēķinātie rādītāji
Vecums	Dabiski mitra sausa zara parauga masa, g	Attiecība D pret DBH
Stumbra garums, m	Dabiski mitra zaļa zara parauga masa, g	Relatīvais mitruma saturs sausā zarā, %
DBH, cm	Absolūti sausa sausā zara parauga masa, g	Relatīvais mitruma saturs zaļā zarā, %
DBH grupa, cm	Absolūti sausa zaļā zara parauga masa, g	Lielās ripas parauga relatīvais mitrums, %
D <sub>30</sub> , cm	Lielās ripas <sup>30</sup> tilpums ar mizu, cm <sup>3</sup>	Lielās ripas blīvums, g cm <sup>-3</sup>
D <sub>BM</sub> , cm	Dabiski mitra lielās ripas parauga masa, g	Mazās ripas parauga relatīvais mitrums, %
Celma augstums, cm	Absolūti sausa lielās ripas parauga masa, g	Mazās ripas blīvums, g cm <sup>-3</sup>
Sauso zaru masa uz lauka, kg	Mazās ripas tilpums ar mizu, cm <sup>3</sup>	Stumbra vidējais relatīvais mitrums, %
Zaļo zaru masa uz lauka, kg	Dabiski mitra Mazās ripas parauga masa, g	Vidējais stumbra blīvums, g cm <sup>-3</sup>
Stumbra masa uz lauka, kg	Absolūti sausa Mazās ripas parauga masa, g	Stumbra biomasas masa, kg

Biomasas raksturošanai izmantotas 2 šķērsriezuma ripas, kas pēc smaguma centra sadala stumbru 2 daļās, attiecīgi, mazākā ir “mazā rīpa” un lielākā “lielā rīpa”.

Uz lauka noteiktie rādītāji	Laboratorijā noteiktie rādītāji	Aprēķinātie rādītāji
	< 2 cm sakņu masa, kg	Sumbra tilpums, m <sup>3</sup>
	Balstsakņu masa, kg	Oglekļa saturs stumbrā, kg
	Celma masa, kg	Zaļo zaru biomasa, kg
	Celma tilpums, ml	Oglekļa saturs zaļajos zaros, kg
	Dabiski mitra celma parauga masa, g	Sauso zaru biomasa, kg
	Absolūti sausa celma parauga masa, g	Oglekļa saturs sausajos zaros, kg
	Balstsakņu tilpums, ml	Virszemes biomasa, kg
	Dabiski mitra balstsakņu parauga masa, g	Oglekļa saturs virszemes biomasā, kg
	Absolūti sausa balstsakņu parauga masa, g	Attiecība starp virszemes un stumbra biomasu
		Pazemes daļu masa kopā, kg
		Relatīvā mitruma saturs celma paraugā, %
		Celma koksnes blīvums, g cm <sup>-3</sup>
		Relatīvā mitruma saturs balstsakņu paraugā, %
		Balstsakņu koksnes blīvums, g cm <sup>-3</sup>
		Relatīvā mitruma saturs sīksakņu paraugā, %
		Sīksakņu koksnes blīvums, g cm <sup>-3</sup>
		< 2 cm sakņu biomasa, kg
		Oglekļa saturs < 2 cm saknēs, kg
		Balstsakņu biomasa, kg
		Oglekļa saturs balstsaknēs, kg
		Celma biomasa, kg
		Oglekļa saturs celmā, kg
		Mazo sakņu tilpums, m <sup>3</sup>
		Balstsakņu tilpums, m <sup>3</sup>
		Celma tilpums, m <sup>3</sup>
		Pazemes biomasa kopā, kg

Uz lauka noteiktie rādītāji	Laboratorijā noteiktie rādītāji	Aprēķinātie rādītāji
		Oglekļa saturs pazemes biomasā, kg
		Pazemes biomasas tilpums, m <sup>3</sup>
		Pazemes biomasas blīvums, kg m <sup>3</sup>
		Kopējā biomasā, kg
		Kopējais oglekļa saturs, kg
		Vidējais oglekļa saturs, kg tonnā
		Attiecība starp pazemes un virszemes biomasu
		Attiecība starp pazemes un stumbra biomasu

2013. gadā pabeigtas oglekļa analīzes 1408 biomasas paraugos, kas iegūti no 432 paraugkokiem. Pabeigtas visu skujkoku paraugu analīzes un daļēji – arī lapkoku paraugu analīzes. Oglekļa satura kopsavilkums dažādos paraugos dots 20. tabulā. Salīdzinot dažādu sugu biomasu, oglekļa saturs ir nedaudz mazāks apses koksnē. Pārējo pētīto koku sugu koksnē oglekļa saturs būtiski neatšķiras.

19. Tabula: Oglekļa saturs biomasā

	A	B	E	P	Visas sugas
Balstsaknes	490 ± 14,2	523 ± 6,1	529 ± 6,1	524 ± 6,1	522 ± 4
Celms	507 ± 11,1	526 ± 7,1	530 ± 8,1	536 ± 6,8	530 ± 4,3
Sakne < 2 cm	514 ± 5,3	548 ± 4,9	537 ± 7,5	533 ± 6,7	534 ± 3,7
Sausais zars	521 ± 5,7	523 ± 7,6	544 ± 5,2	548 ± 5,8	538 ± 3,7
Stumbrs	509 ± 2,6	516 ± 2,4	514 ± 3,1	527 ± 2,6	517 ± 1,4
Zaļais zars	515 ± 6,1	529 ± 4,7	540 ± 4,9	537 ± 4,8	533 ± 2,9
Biomasas kopā	511 ± 2,1	524 ± 2,2	526 ± 2,5	532 ± 2	525 ± 1,2

Dažādu koku frakciju biomasas aprēķināšanai bieži lieto biomasas pārrēķina koeficientus (BPK). Daudzās valstīs mežaudžu biomasas un oglekļa apjoma aprēķiniem izmanto BPK, kā faktoriālo pazīmi izmantojot stumbru tilpumu – ar taksācijas metodēm aprēķināmu lielumu. BPK izmantošana ir ļoti vienkārša un ērta un tā balstās uz pieņēmumu, ka starp stumbra tilpumu un frakciju biomasas pastāv lineāra sakarība.

Vispārējā gadījumā lineārā funkcija izsakāma ar 1. vienādojumu.

$$Y = k \cdot X + b, \text{ kur:}$$

*Y* – rezultātīvā pazīme;

*k* – virziena koeficients; (1)

*X* – faktoriālā pazīme;

*b* – sākuma ordināta.

Ja pieņem, ka taisne koordinātu sistēmu krusto tās krustpunktā, tad izmantojams 2. vienādojums.

$$Y = k \cdot X \quad (2)$$

Šādā gadījumā lineārās funkcijas virziena koeficients  $k$  ir BPK.

Arī mūsu dati norāda, ka starp paraugkoku sugu frakciju biomasu un stumbra tilpumu pastāv cieša lineāra atkarība, kas attēlota grafiski 3 un 4. attēlos bērzam, 9. un 10. attēlos apsei, 15. un 16. attēlos priedei un 21 un 22. attēlos eglei. Pazemes biomasas BPK, attiecīgi, parādīti 5. un 6. attēlos bērzam, 11. un 12. attēlos apsei, 17. un 18. attēlos priedei un 23. un 24. attēlos eglei. Lineāro vienādojumu regresijas koeficienti  $R^2$  ir būtiski un variē no 0,9157 līdz 0,9933. Neskatoties uz pazīmju ciešu atkarību, uz lineāro vienādojumu bāzes izveidoto BPK pielietošana frakciju biomasas aprēķiniem raksturojas ar augstu neprecizitāti – pielietošanas kļūda ir no 5,39% (bērza virszemes biomasas aprēķināšanai) līdz 31,02% (21. tabula).

Kļūdas izkļedes izpēte liecina, ka neprecizitātei ir tendence pieaugt, palielinoties stubru izmēriem – 4. attēls bērzam, 10. attēls apsei, 16. attēls priedei, 24. attēls eglei. Tas norāda, ka unificētu BPK pielietošana katrai no koku sugām visā vecuma diapazonā radīs augstu neprecizitāti. Lai nodrošinātu augstāku aprēķinu precizitāti, nepieciešams izveidot BPK katrai vecuma grupai, vai arī pielietot allometriskās sakarības.

Koku frakciju biomasas un koku krūšaugstuma caurmēra attiecība ir izsakāma ar pakāpes vienādojumu (3).

$$Y = a \cdot X^b, \text{ kur:}$$

$Y$  – rezultātvā pazīme;

$a$  – funkcijas parametrs; (3)

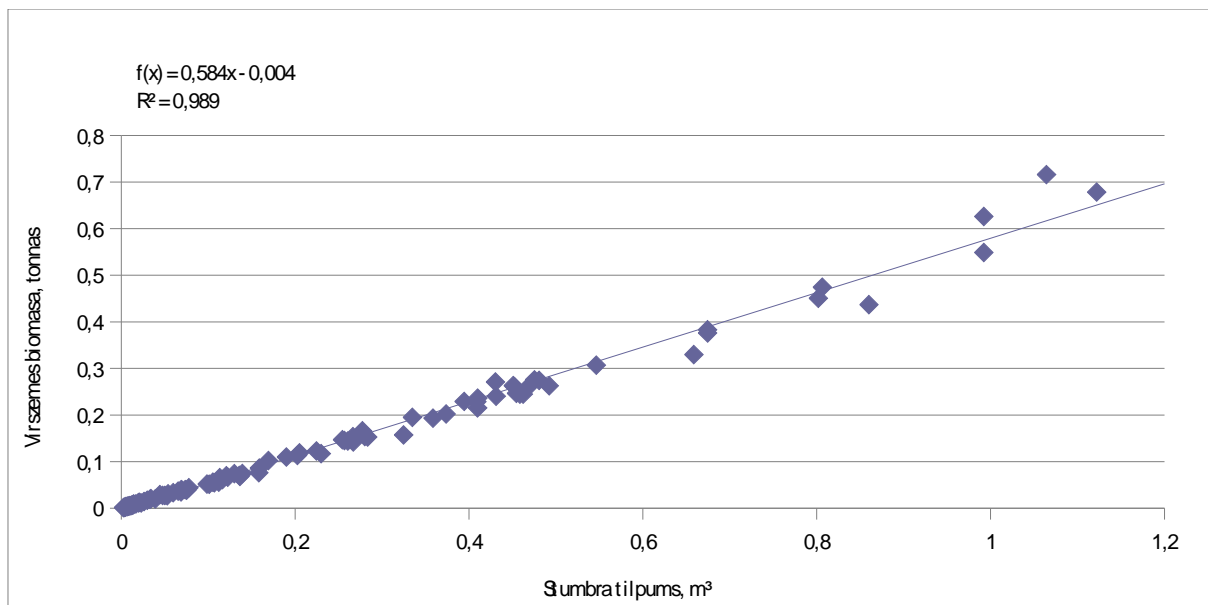
$X$  – faktoriālā pazīme;

$b$  – funkcijas parametrs.

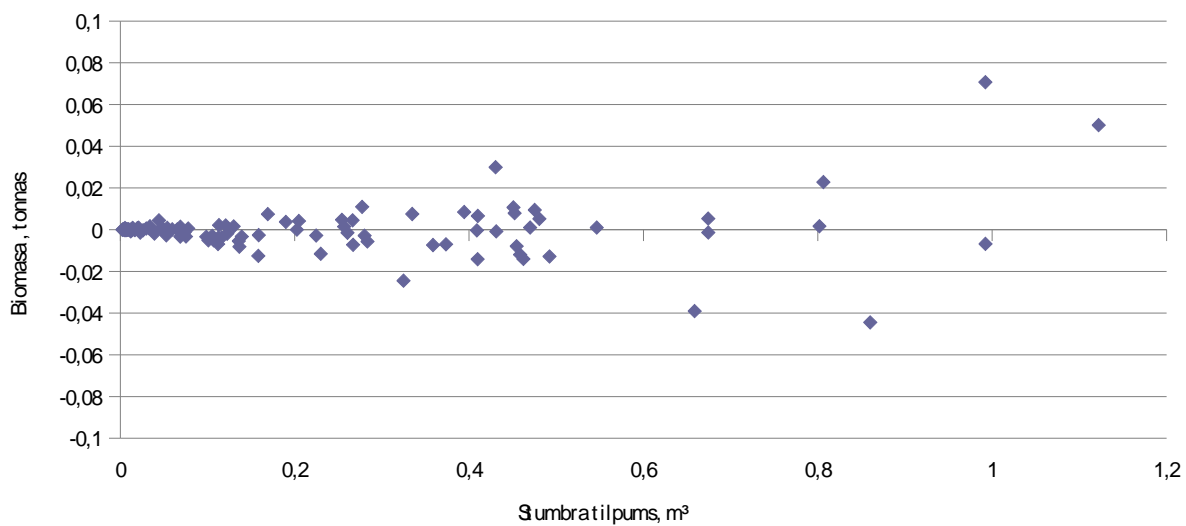
Mūsu pētījumā iegūto paraugkoku datu analīze liecina par ciešu koku caurmēra un frakciju biomasas sakarību visām analizētajām koku sugām – bērzam (7. un 8. attēls), apsei (13. un 14. attēls), priedei (19. un 20. attēls) un eglei (25. un 26. attēls). Šobrīd iegūtie vienādojumi vēl nav pielietojami aprēķinu veikšanai un ir izmantojami vien vispārējo kopsakarību izvērtēšanai. Darba turpinājumā paredzēts veikt iegūto funkcionālo sakarību validāciju un precizēšanu.

20. Tabula: BPK pārrēķinam no koka stumbra tilpuma ( $m^3$ ) uz virszemes, pazemes biomasu (tonnas) un virszemes, pazemes oglekli (tonnas)

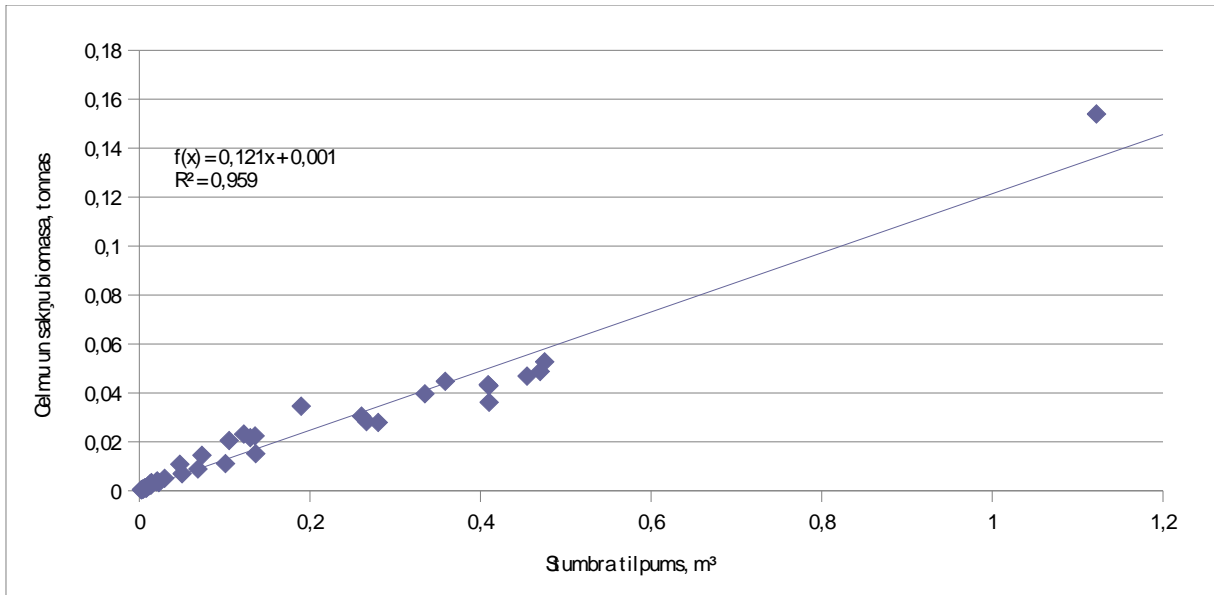
Suga	Virszemes biomasa	E%	Oglekļa saturs virszemes biomasā	E%	Pazemes biomasas	E%	Oglekļa saturs pazemes biomasā	E%	Koka kopējā biomasas	Oglekļa saturs koka biomasā
Apse	0,487337	10,98	0,248839	11,05	0,152565	31,02	0,076357	31,18	0,639902	0,325196
Priede	0,550366	16,49914	0,2918	16,84877	0,127868	18,95048	0,06783	19,06241	0,678234	0,359629
Egle	0,690483	30,45922	0,363551	31,36229	0,18115	24,85817	0,096303	24,94227	0,871633	0,459854
Bērzs	0,559893	5,39111	0,289892	5,474316	0,155247	22,45054	0,082556	22,58598	0,71514	0,372448



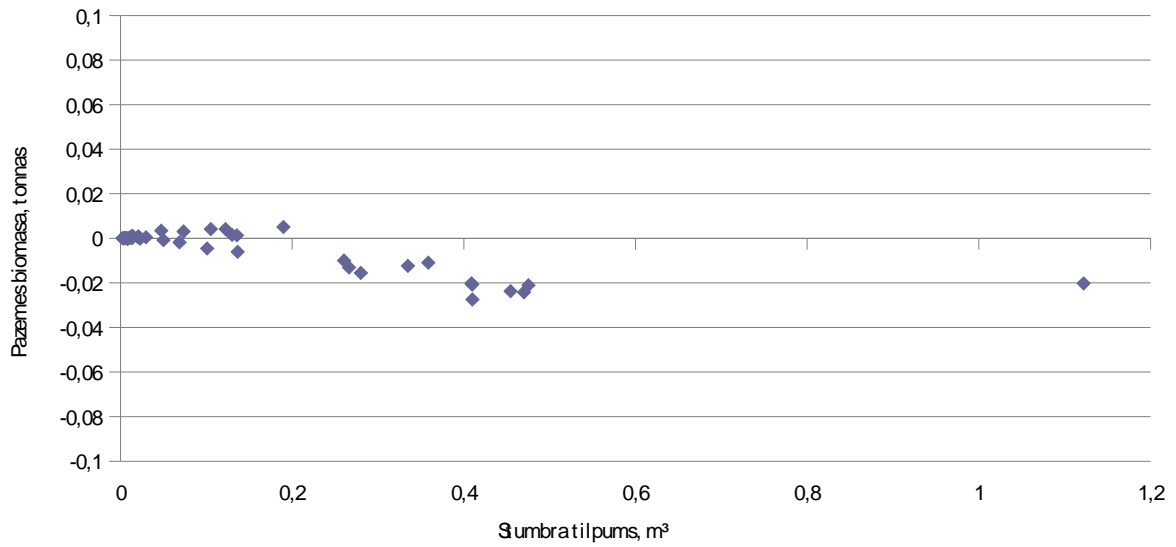
3. Attēls: Stumbra tilpuma un virszemes biomasas attiecība bērzam.



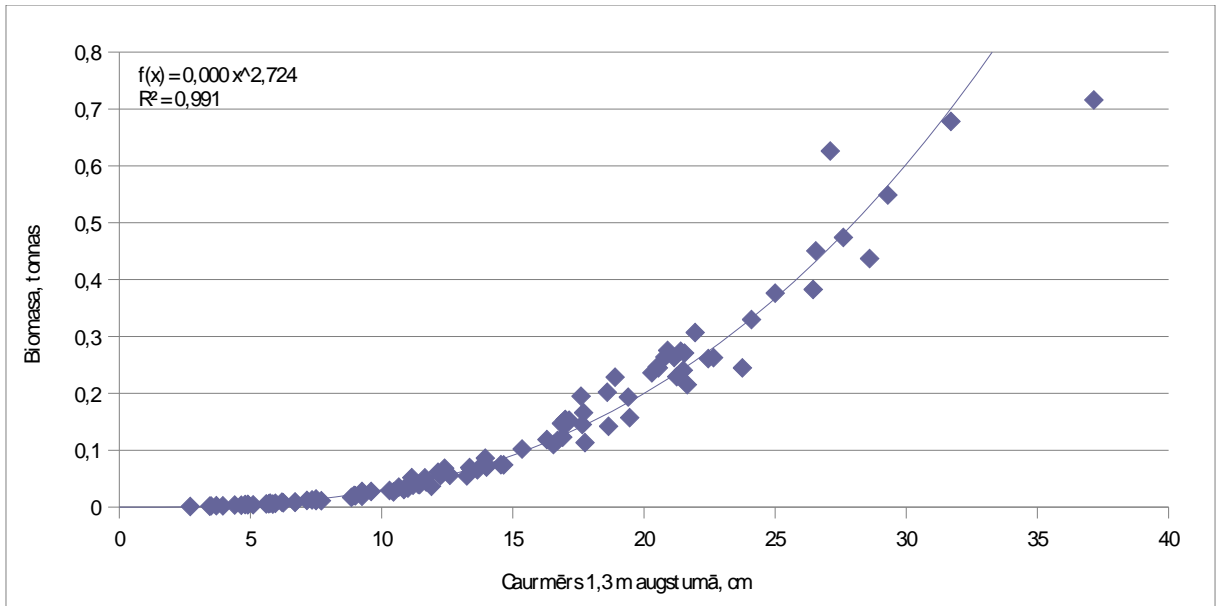
4. Attēls: Atlikumu izklide bērza virszemes biomasas aprēķinam.



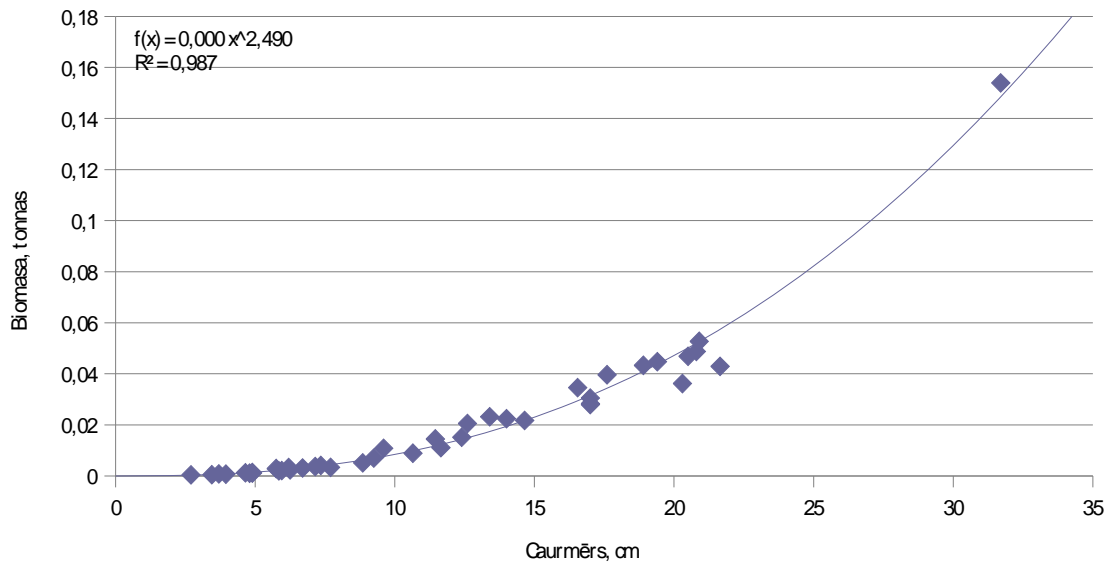
5. Attēls: Stumbra tilpuma, celma un sakņu biomasas attiecība bērzam.



6. Attēls: Atlikumu izkliede bērza celma un sakņu biomasas aprēķinam.

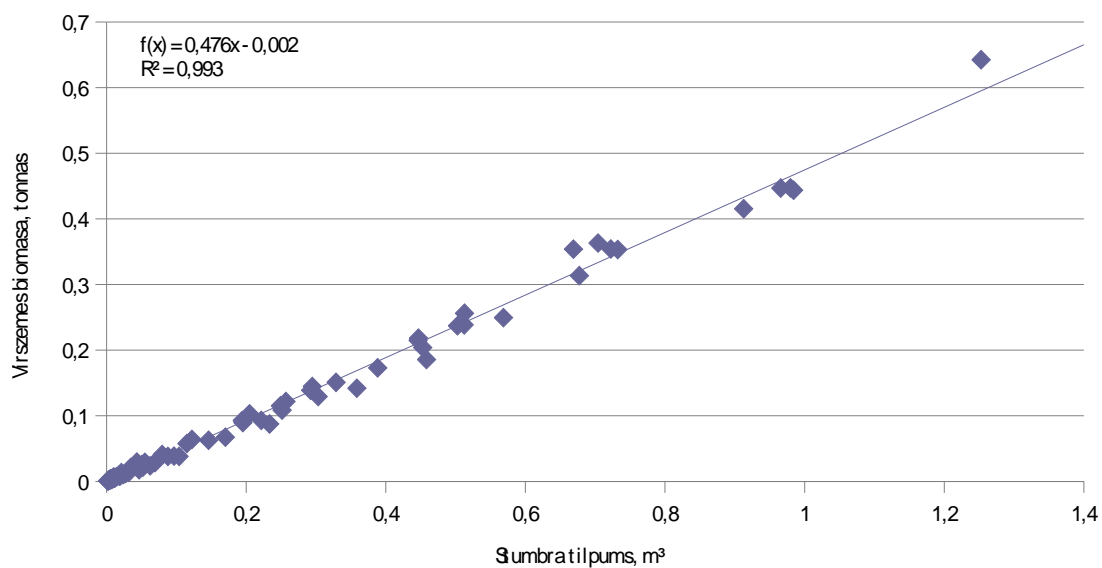


7. Attēls: Bērza virszemes biomasa atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra.

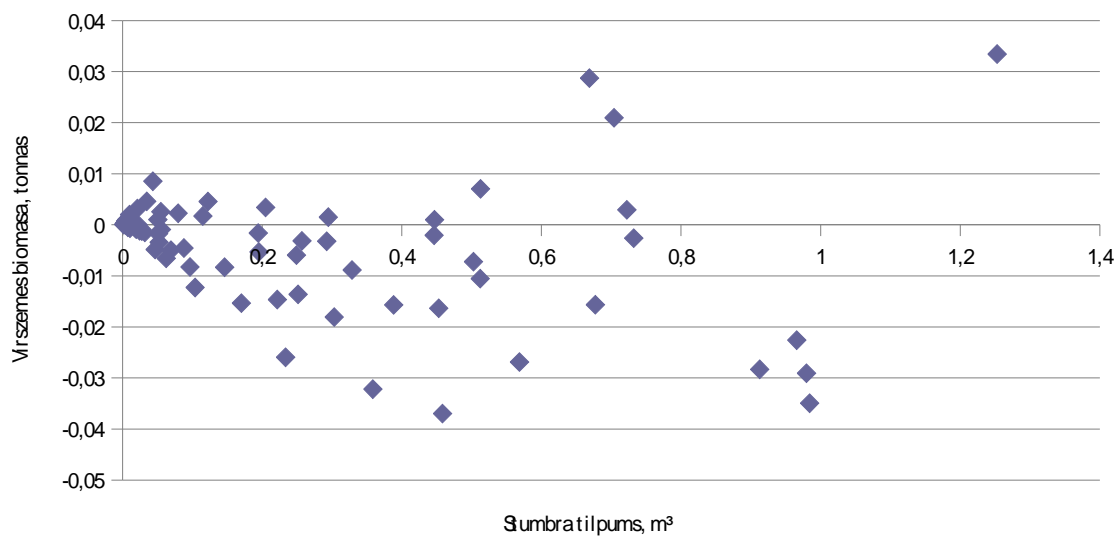


8. Attēls: Bērza celma un sakņu biomasa atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra.

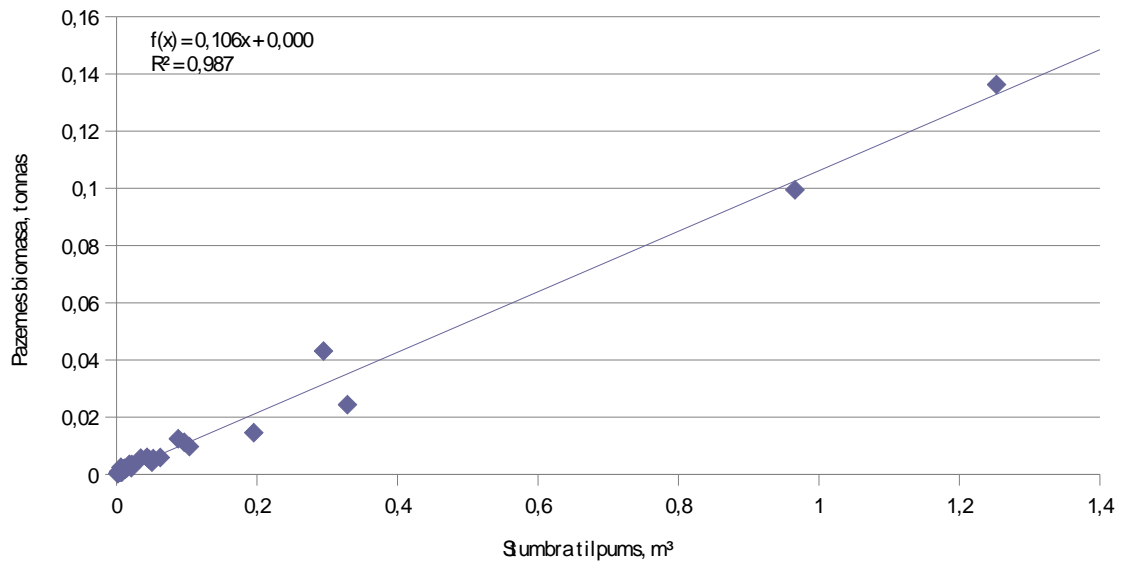




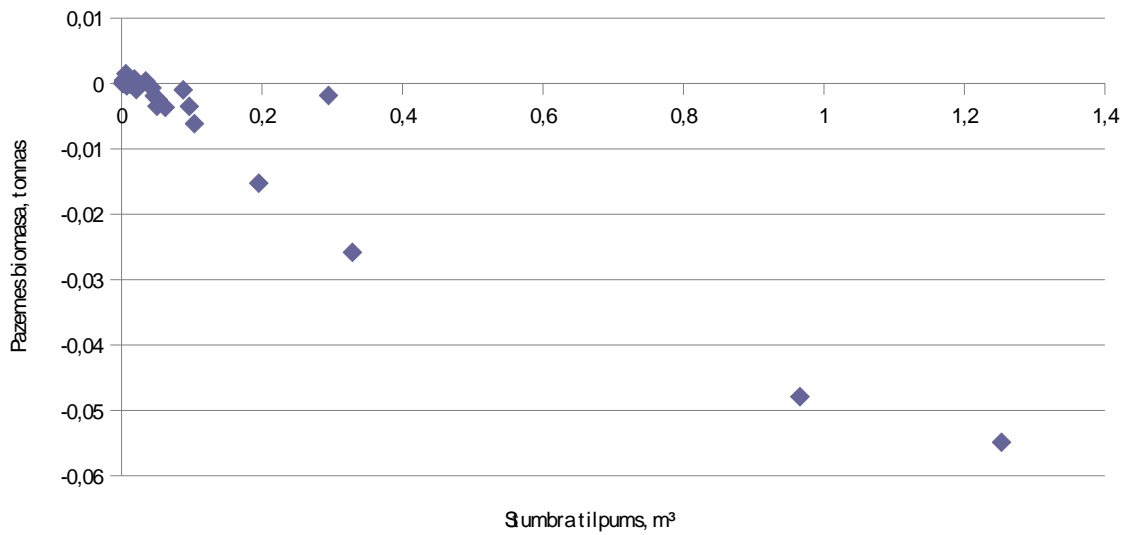
9. Attēls: Stumbra tilpuma, virszemes biomasas attiecība apsei.



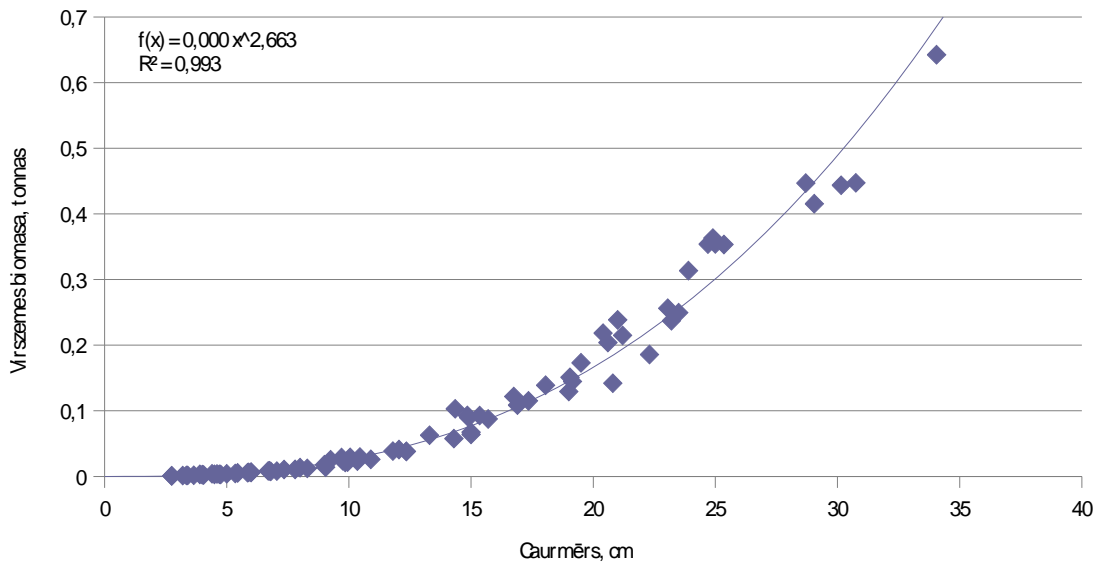
10. Attēls: Atlikumu izklide apses virszemes biomasas aprēķinam.



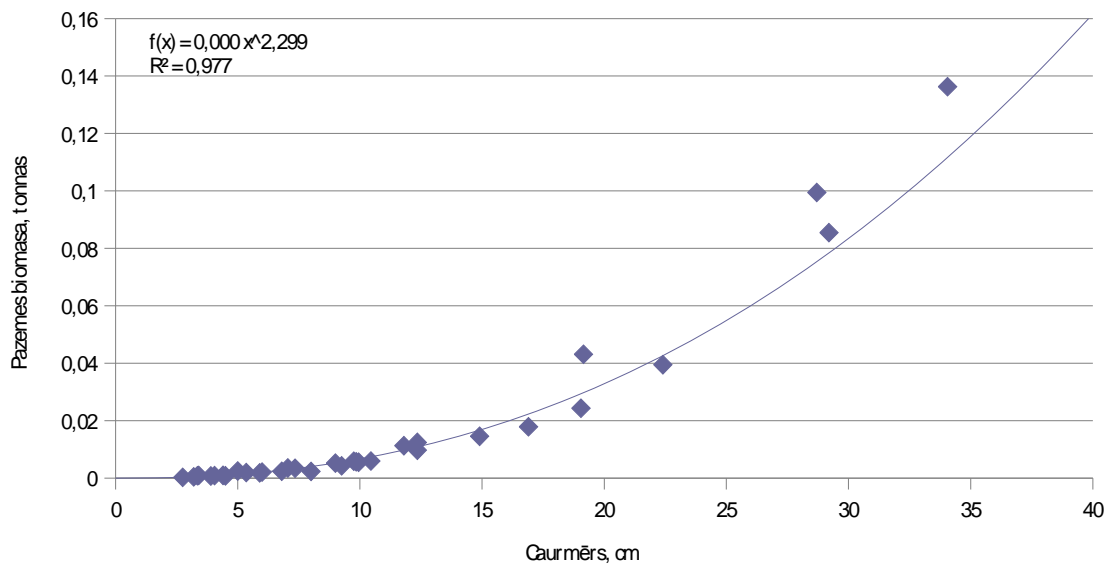
11. Attēls: Stumbra tilpuma, celma un sakņu biomasas attiecība apsei.



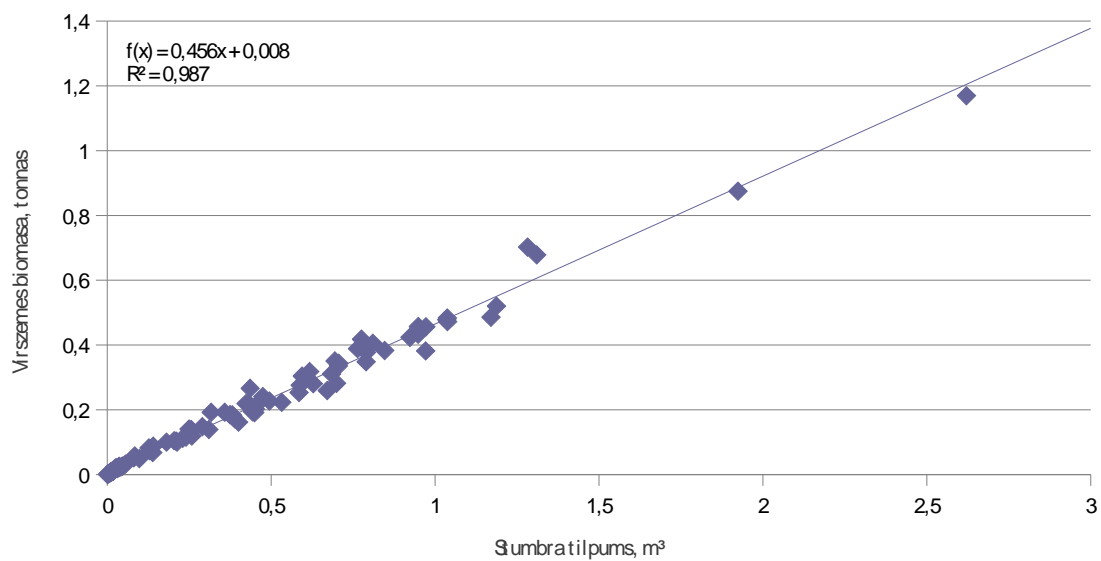
12. Attēls: Atlikumu izkliede apses celma un sakņu biomasas aprēķinam.



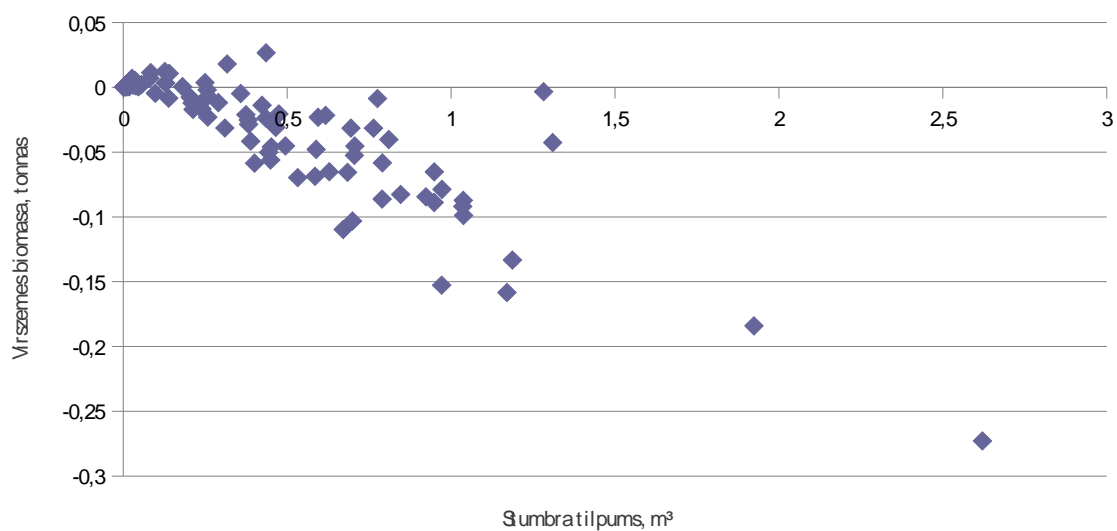
13. Attēls: Apses virszemes biomasa atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra.



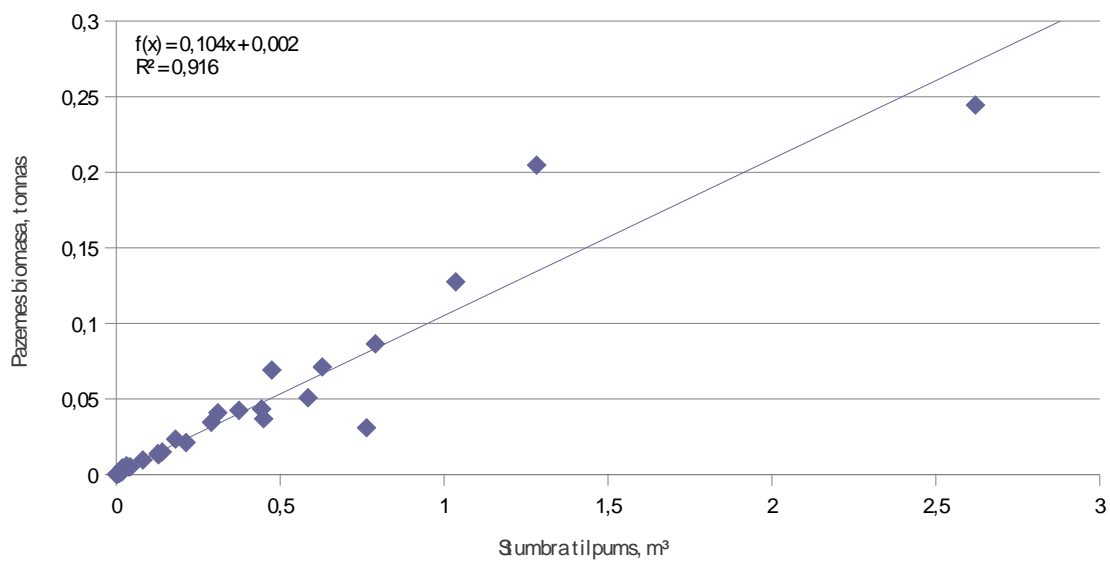
14. Attēls: Apses celma un sakņu biomasa atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra.



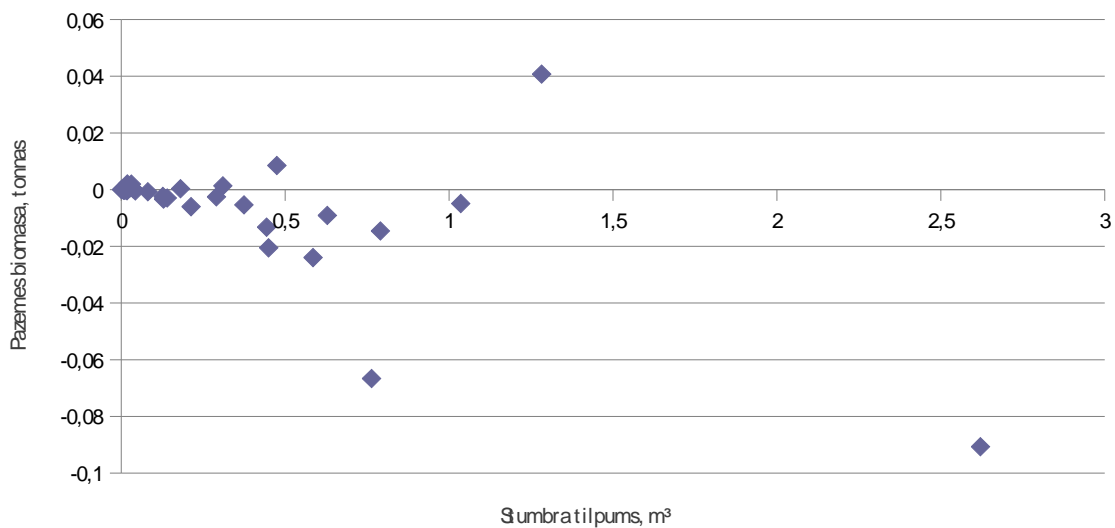
15. Attēls: Stumbra tilpuma un virszemes biomasas attiecība priedei.



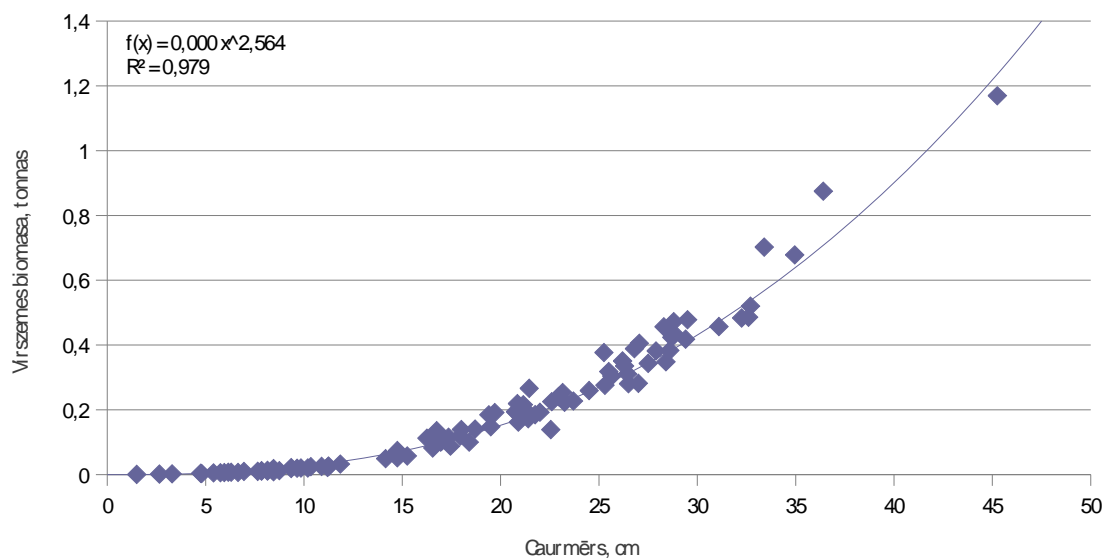
16. Attēls: Atlikumu izkliede priedes virszemes biomasas aprēķinam.



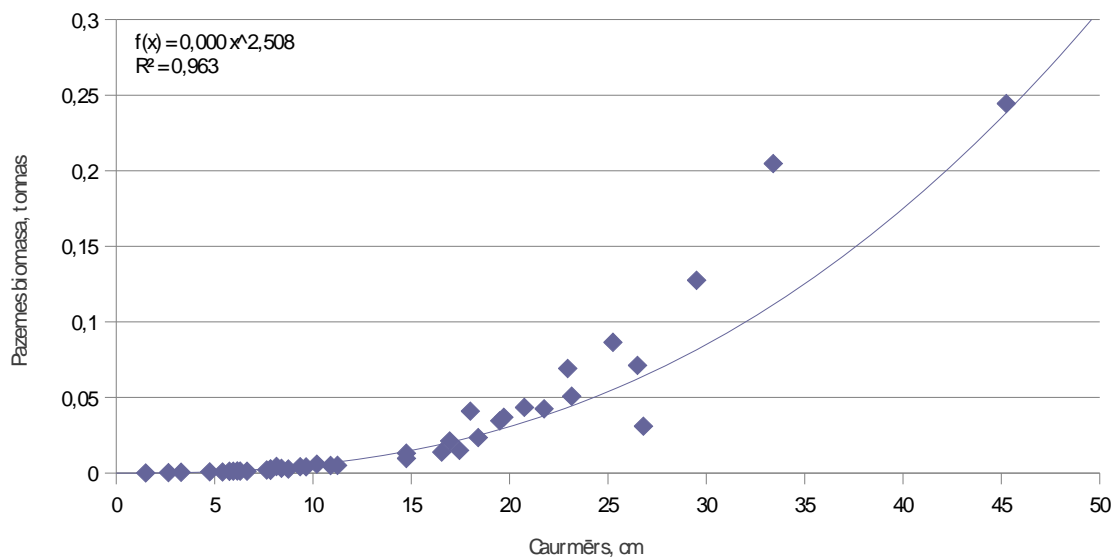
17. Attēls: Stumbra tilpuma, celma un sakņu biomasas attiecība priedei.



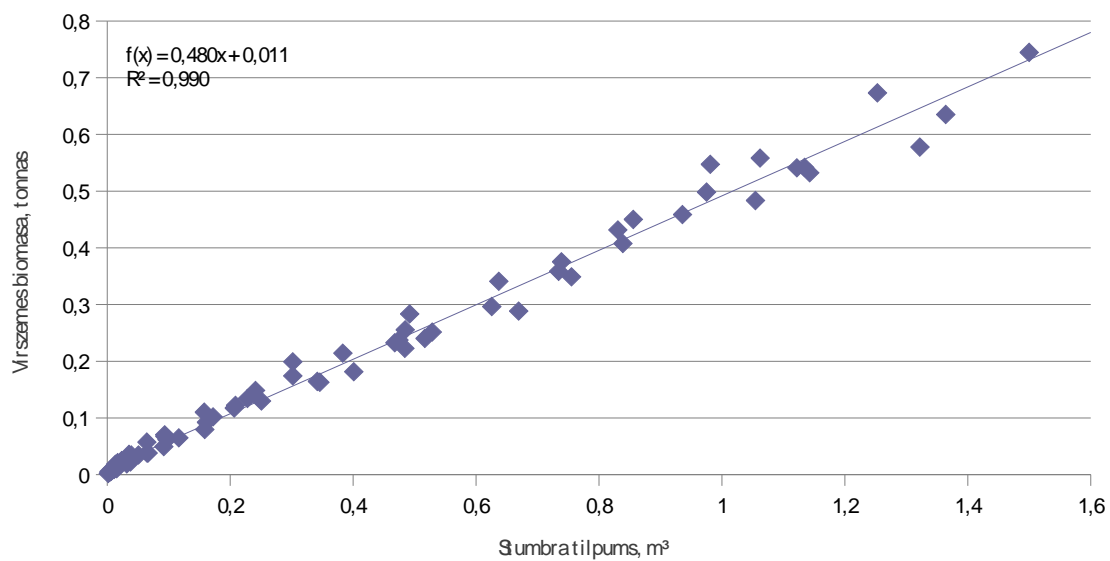
18. Attēls: Atlikumu izkliede priedes celma un sakņu biomasas aprēķinam.



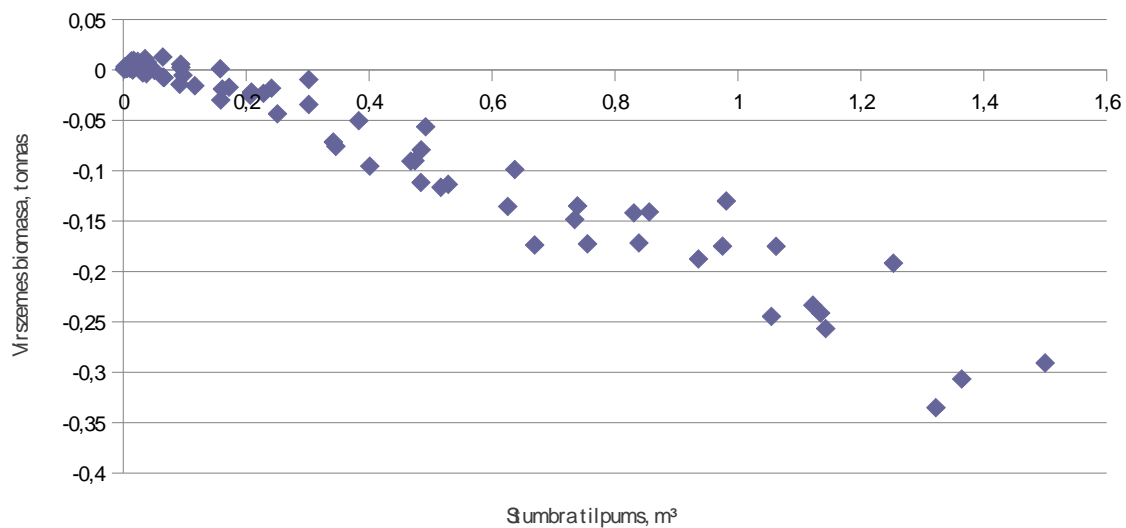
19. Attēls: Priedes virszemes biomasa atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra.



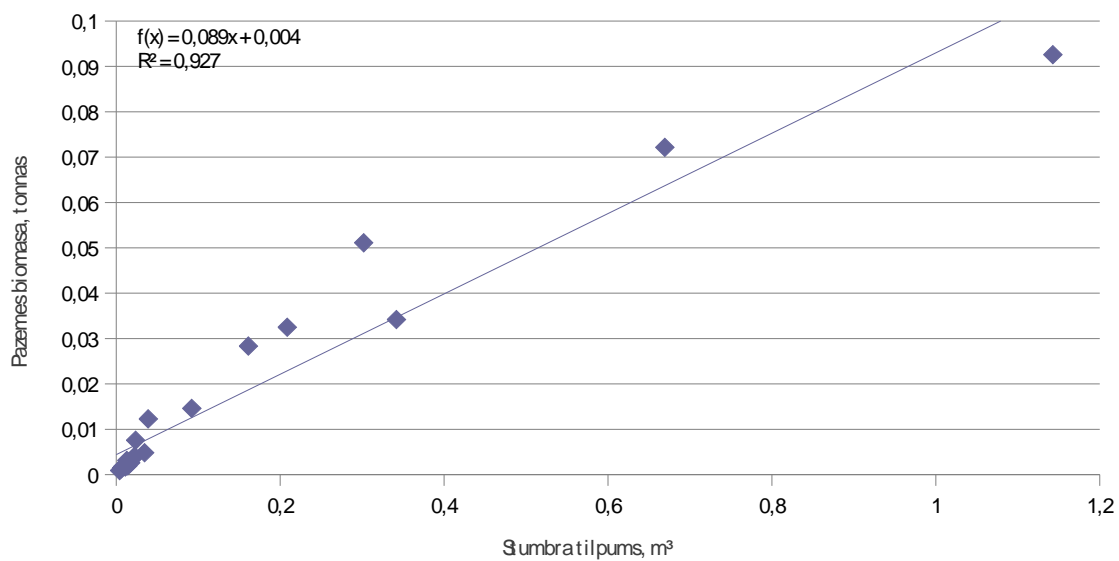
20. Attēls: Priedes celma un sakņu biomasa atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra.



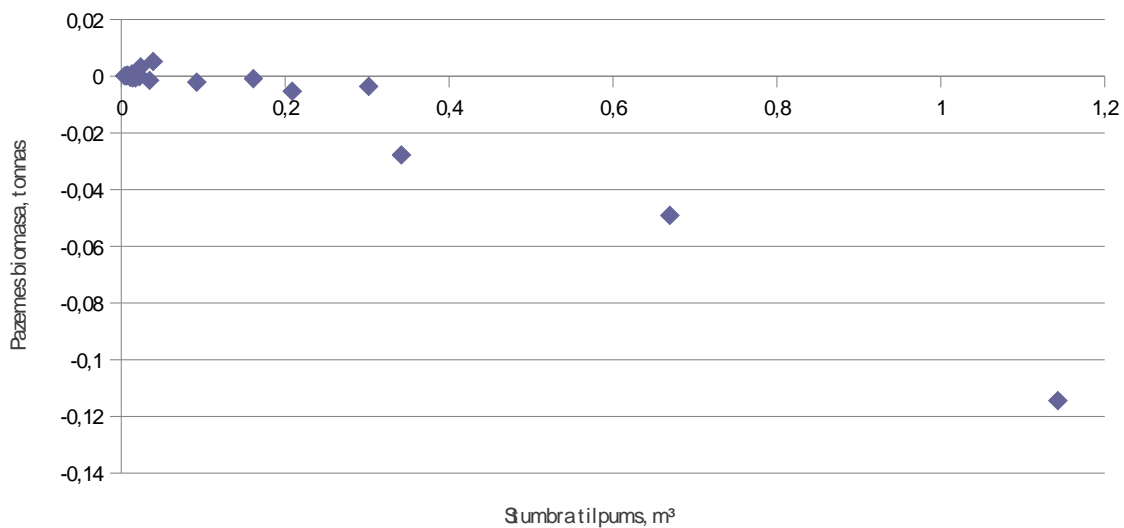
21. Attēls: Stumbra tilpuma, virszemes biomasas attiecība eglei.



22. Attēls: Atlikumu izkliede egles virszemes biomasas aprēķinam.

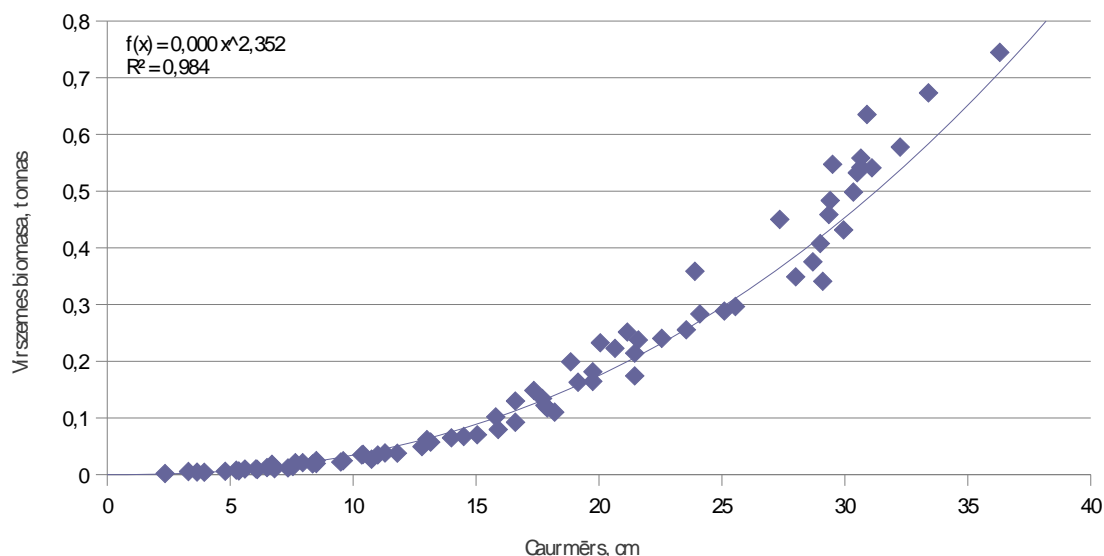


23. Attēls: Stumbratilpuma, celma un sakņu biomasas attiecība eglei.

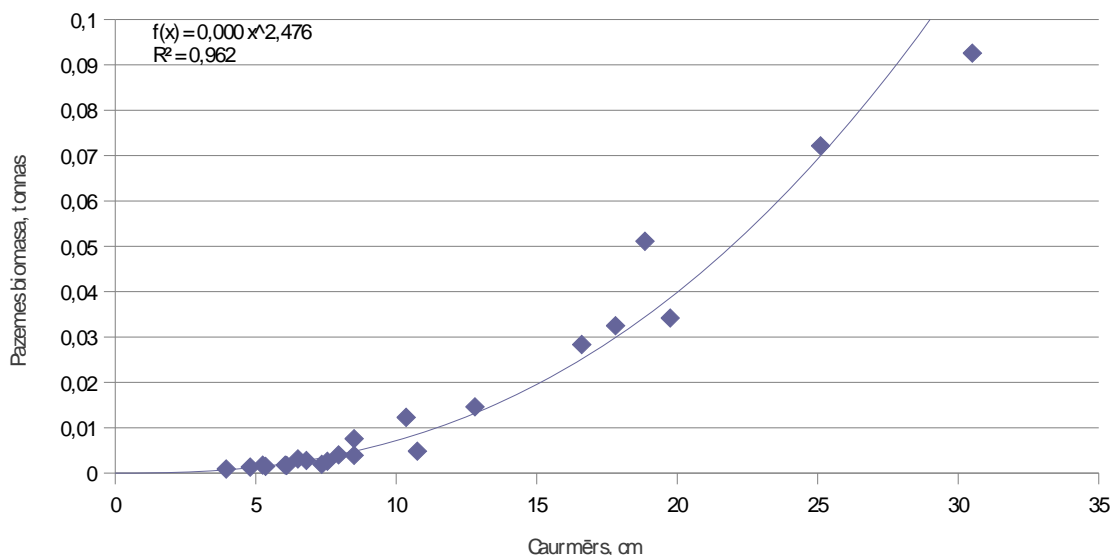


24. Attēls: Atlikumu izkliede egles celma un sakņu biomasas aprēķinam.





25. Attēls: Egles virszemes biomasa atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra.



26. Attēls: Egles celma un sakņu biomasa atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra.

Salīdzinot ar SEG inventarizācijā izmantotajiem biomasas pārrēķinu koeficientiem, pētījumā iegūtie koeficienti (skujkokiem svērti pēc vidējā koka caurmēra atbilstoši Meža statistiskās inventarizācijas 1. cikla datiem) lapkokiem un priedei ir nedaudz mazāki, bet eglei – lielāki (22. tabula). Sugām, kas nav ietvertas pētījumu programmā, izmantots vidējais aritmētiskais biomasas pārrēķinu koeficients. Pazemes biomasas pārrēķinu koeficienti (visām koku sugām svērti pēc vidējā caurmēra) visām sugām ir lielāks, nekā patreiz SEG inventarizācijā izmantojamie koeficienti. Izņēmums ir ozola un oša audzes, kur izmantota vidējā visu koku sugu attiecība starp pazemes un stumbra biomasu, jo šajās audzēs ir būtiski lielāks vidējā koka caurmērs, attiecīgi, būtiski mazāks sakņu biomasas īpatsvars (23. tabula).

21. Tabula: Virszemes biomasas pārrēķinu koeficienti

Koku suga	Vidējais svērtais pēc caurmēra	Vidējais aritmētiskais	IPCC vadlīnijas(Penman 2003)
A	1,22	1,22	1,30
Ba	1,45	1,45	1,30
B	1,19	1,19	1,30
E	1,58	1,94	1,35
Ma	1,45	1,45	1,30
Oz, Os	1,45	1,45	1,30
Pārējās sugas	1,45	1,45	1,30
P	1,27	1,52	1,35

22. Tabula: Pazemes biomasas pārrēķinu koeficienti

Koku suga	Vidējais svērtais pēc caurmēra	Vidējais aritmētiskais	IPCC vadlīnijas (Penman 2003)
A	0,28	0,38	0,26
Ba	0,34	0,40	0,26
B	0,29	0,34	0,26
E	0,43	0,52	0,32
Ma	0,28	0,40	0,26
Oz, Os	0,18	0,40	0,26
Pārējās sugas	0,27	0,40	0,26
P	0,31	0,38	0,32

Oglekļa saturs biomasā atbilstoši pētījuma rezultātiem ir vidēji par 4 % lielāks, nekā pieņemts atbilstoši SEG inventarizācijas vadlīnijām.

Koksnes blīvums atbilstoši pētījuma rezultātiem ir vidēji par 12 % mazāks, nekā pieņemts IPCC vadlīnijās (24. tabula). Izņēmums ir apsei, kurai koksnes blīvums atbilstoši pētījuma rezultātiem ir būtiski lielāks, nekā SEG inventarizācijas vadlīnijās dotais rādītājs. Būtiskas atšķirības koksnes blīvumā nav konstatētas bērzam.

Sugām, kas nav iekļautas pētījumā pētījumā pieņemts vidējais pētījumā iekļauto koku sugu blīvums. Korektai CO<sub>2</sub> piesaistes un SEG emisiju uzskaitē nepieciešams precizēt arī Ba, Ma un līdz 2020. gadam arī vītoli un papeļu koksnes blīvumu un biomasas pārrēķinu koeficientus.

23. Tabula: Nosacītā koksnes blīvuma (tonnas m<sup>-3</sup>) rezultātu salīdzinājums

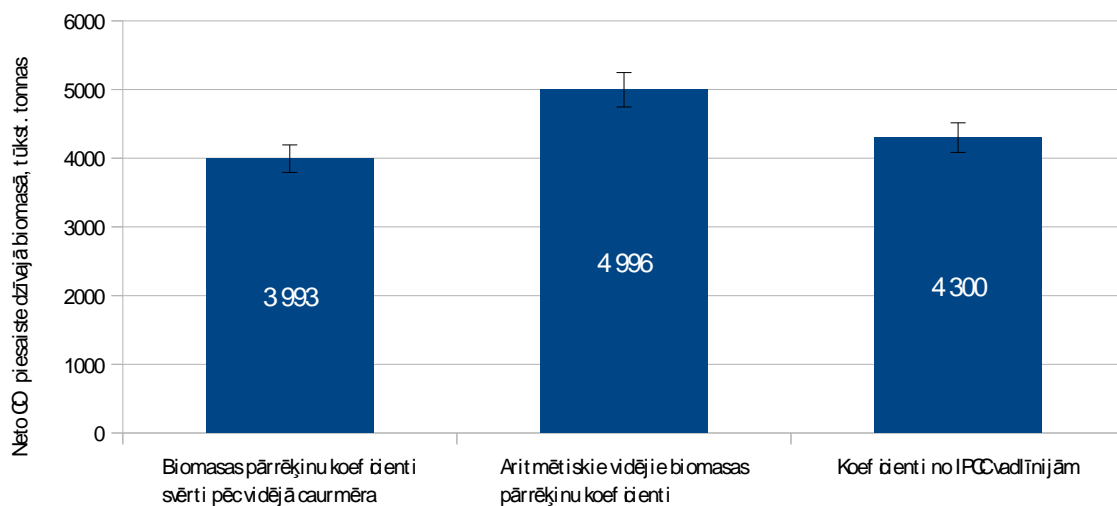
Koku sugas	Vidējais rādītājs pētījumā	IPCC vadlīnijas (Penman 2003)
A	0,40	0,35

Ba	0,41	0,45
B	0,47	0,48
E	0,36	0,40
Ma	0,41	0,45
Oz, Os	0,41	0,58
Pārējās sugas	0,41	0,48
P	0,38	0,42

Pieauguma, atmiruma un mežizstrādes rādītāju pārrēķins oglekļa uzkrājuma mērvienībās atbilstoši starpībai 1. un 2. MSI cikla mērījumu rezultātos dots 25. tabulā. Ar dažādiem koeficientiem iegūto rezultātu par neto CO<sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā dots 27. attēlā. Grafikā redzams, ka vidējo aritmētisko rādītāju (pieņemot, ka caurmēra sadalījums Latvijas mežaudzēs atbilst pētījumā iekļauto koku caurmēra sadalījumam) izmantošana biomasas pārrēķinu koeficientos būtiski pārvērtē CO<sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā, turpretim, svērto biomasas pārrēķinu koeficientu izmantošana uzrāda nedaudz mazāku CO<sub>2</sub> piesaisti, nekā izmantojot SEG inventarizācijas vadlīniju koeficientus. Lai gan atšķirība nav statistiski būtiska.

24. Tabula: Ikgadējā vidējā CO<sub>2</sub> piesaiste dzīvajā biomasā atbilstoši 1. un 2. Meža statistiskās inventarizācijas cikla sākotnējiem rezultātiem (tūkst. tonnas CO<sub>2</sub>) un pētījumā iegūtajiem vienādojumiem

Krājas pieaugums	Mežizstrāde	Dabiskais atmirums	Neto izmaiņas
35028,91	21292,57	9743,15	3993,18



27. Attēls: Ar dažādiem koeficientiem iegūto biomasas pārrēķinu rādītāju kopsavilkums.

## 5. Nedzīvās koksnes apjoms un tās sadalīšanās gaita

### 5.1. Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums

Pētījuma ietvaros 2012. gadā uzsākta nedzīvās koksnes paraugu (iepriekšējās aprites celmu un sakņu) ievākšana pazemes biomasas sadalīšanās gaitas analīzei, kā arī turpināta zemsegas sadalīšanās gaitas analīze 10 parauglaukumos ceļu būves un atmežošanas ietekmes uz SEG emisijām no nedzīvās zemsegas noskaidrošanai.

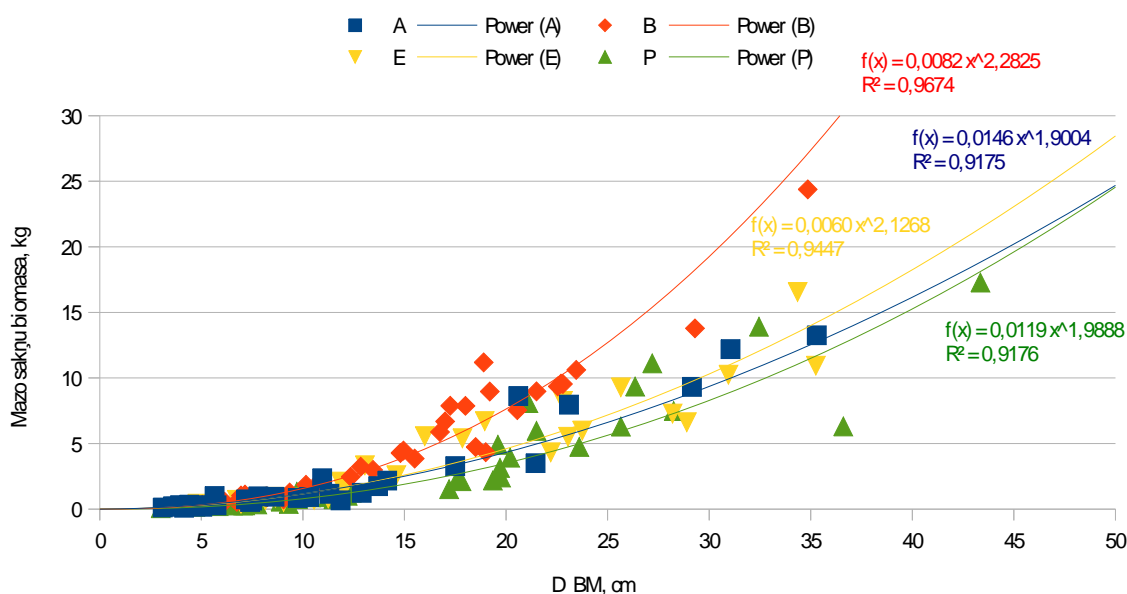
2012. gadā izrakti 23 iepriekšējās aprites celmi. No visiem celmiem ievākti paraugi oglekļa uzkrājuma analīzēm.

### 5.2. 2013. gada darba rezultāti

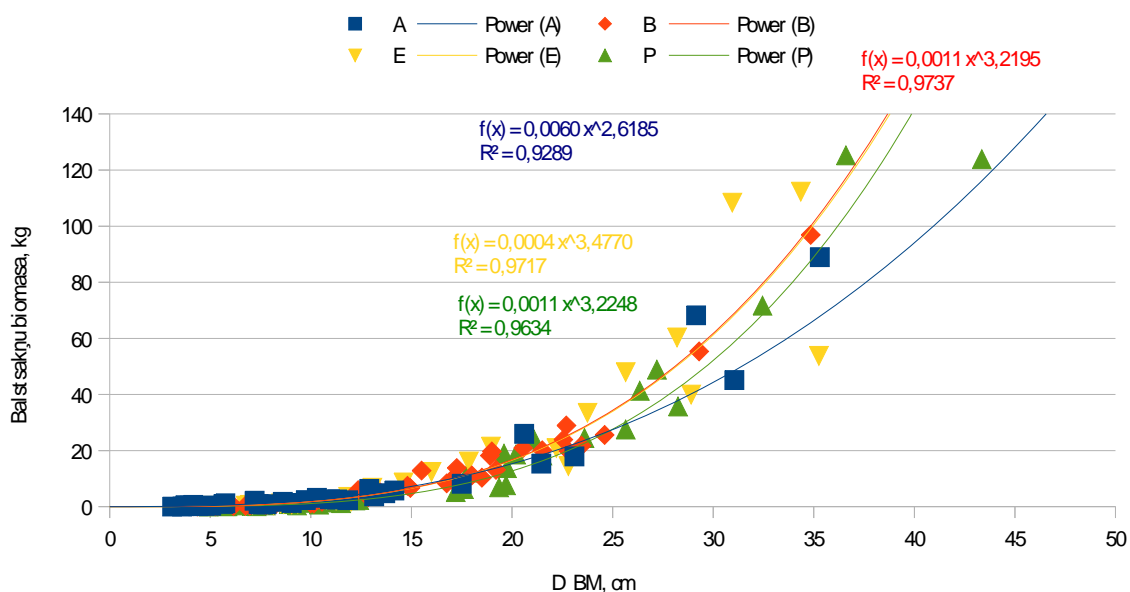
2013. gadā gandrīz pilnībā pabeigta iepriekšējās aprites celmu rakšana. Kopumā paraugi iegūti no 54 celmiem (plānoto 48 celmu vietā), taču vienādojumu precizēšanai būs nepieciešami vēl daži iepriekšējās aprites egles un priedes celmi. Paraugu apstrāde un analīzes pabeigtas 38 celmiem.

Izmantotās metodikas pārbaudei veikta sākotnējo datu analīze, izrēķinot izrakto iepriekšējās aprites celmu sākotnējo biomasu un oglekļa uzkrājumu un faktisko biomasu un oglekļa uzkrājumu. Sākotnējo rādītāju aprēķiniem izmantoti projekta ietvaros iegūtie dati par sakarību starp celma caurmēru bez mizas un dažādu pazemes frakciju biomasu. Aprēķinos izmantotie vienādojumi mazajām saknēm, balstsaknēm un celmam sugu griezumā doti 28., 29. un 30. attēlos. 2014. gadā pēc visu analīžu pabeigšanas šie vienādojumi tiks precizēti, taču arī patreiz iegūstamais rezultāts ir ar pietiekoši lielu ticamību.

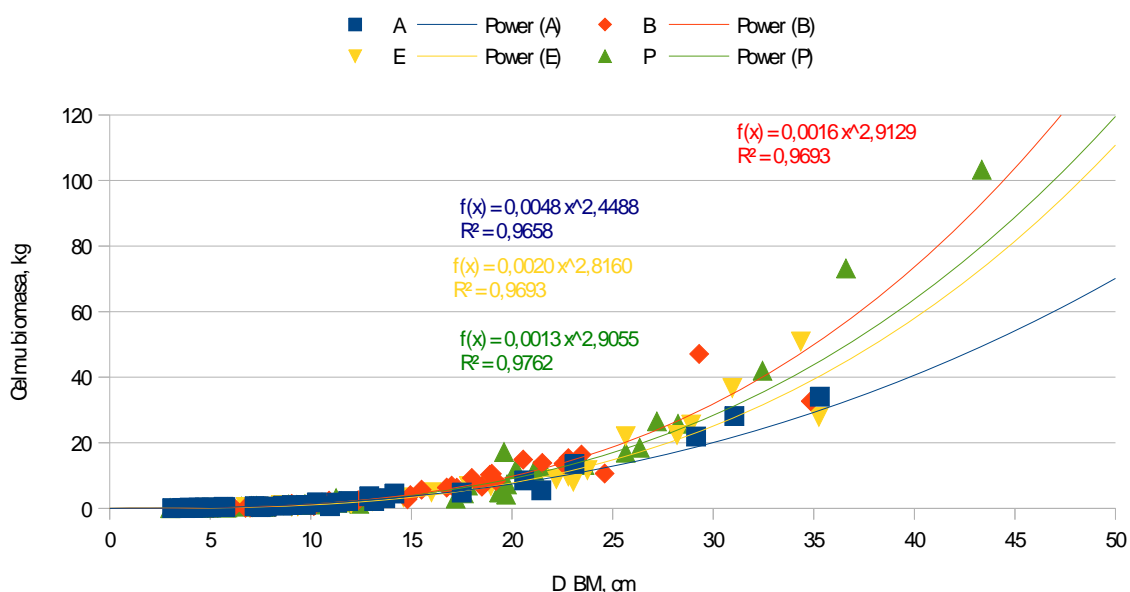
Oglekļa satura noteikšanai izmantoti 20. tabulā dotie kopsavilkuma dati.



28. Attēls: Sīksakņu biomasas un celma caurmēra sakarība.

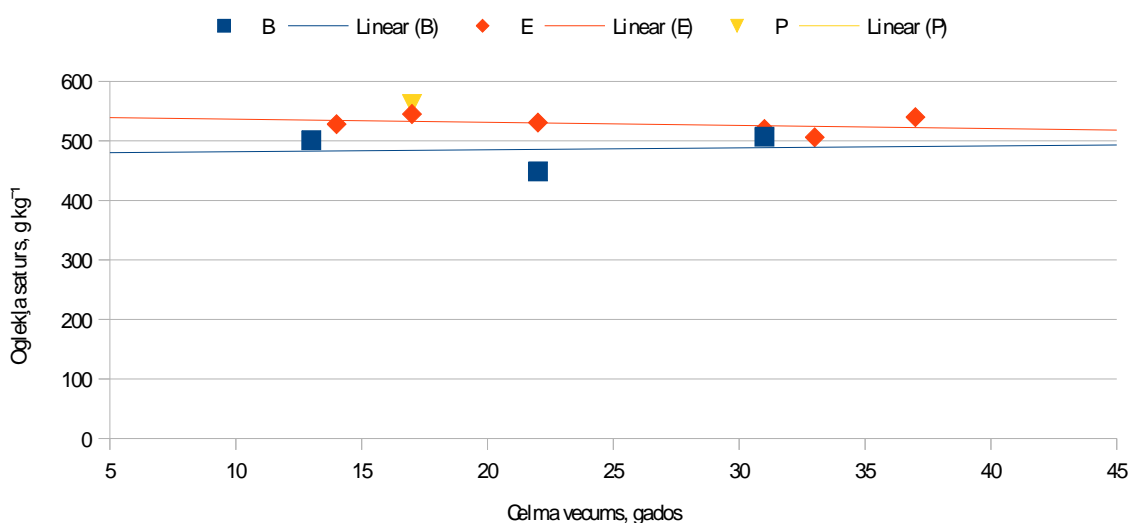


29. Attēls: Balstsakņu biomasas un celma caurmēra sakarība.

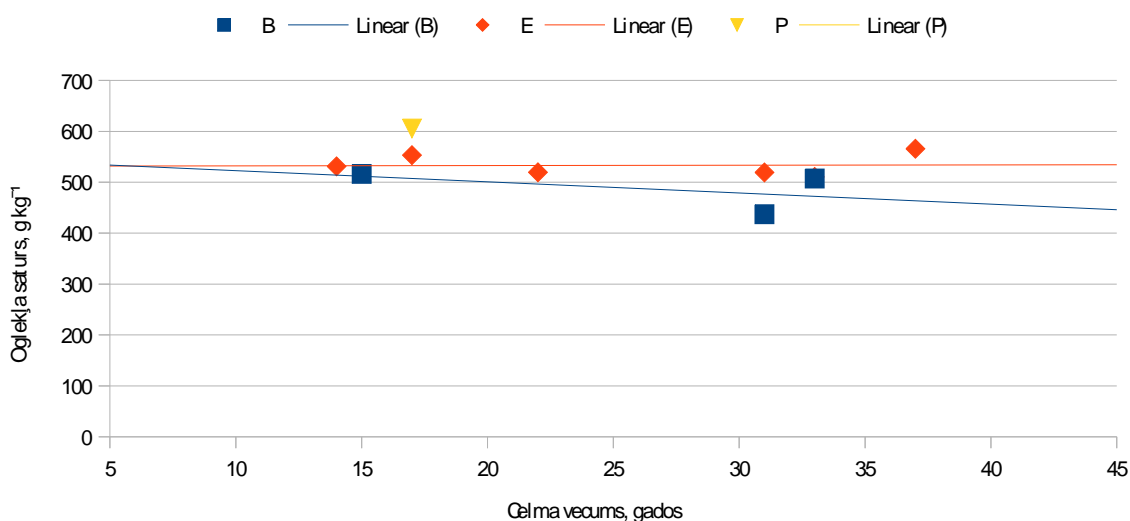


30. Attēls: Celma biomasas un celma caurmēra sakarība.

Salīdzinot oglekļa saturu dažāda vecuma iepriekšējās aprites celmos un balstsaknēs (31. un 32. attēls), nav konstatētas būtiskas izmaiņas, tāpēc pieņemts, ka oglekļa saturs biomasā laika gaitā nemainās. To apstiprina arī nedzīvās zemsegas analīžu rezultāti projekta darba uzdevumā [Ceļu būves ietekme uz SEG emisijām nedzīvās zemsegas mineralizācijas rezultātā](#).

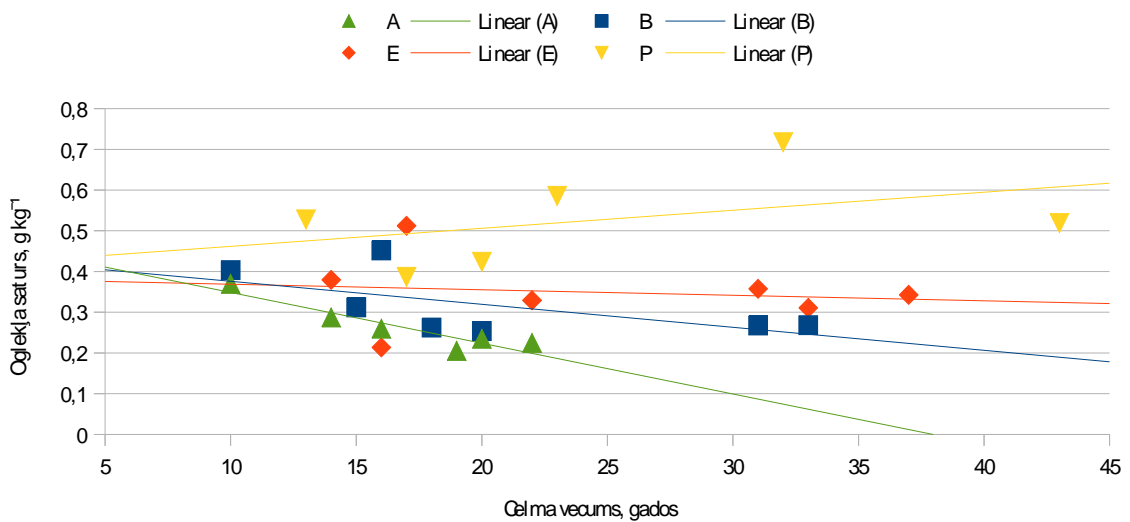


31. Attēls: Oglekļa saturs dažāda vecuma celmu balstsaknēs.

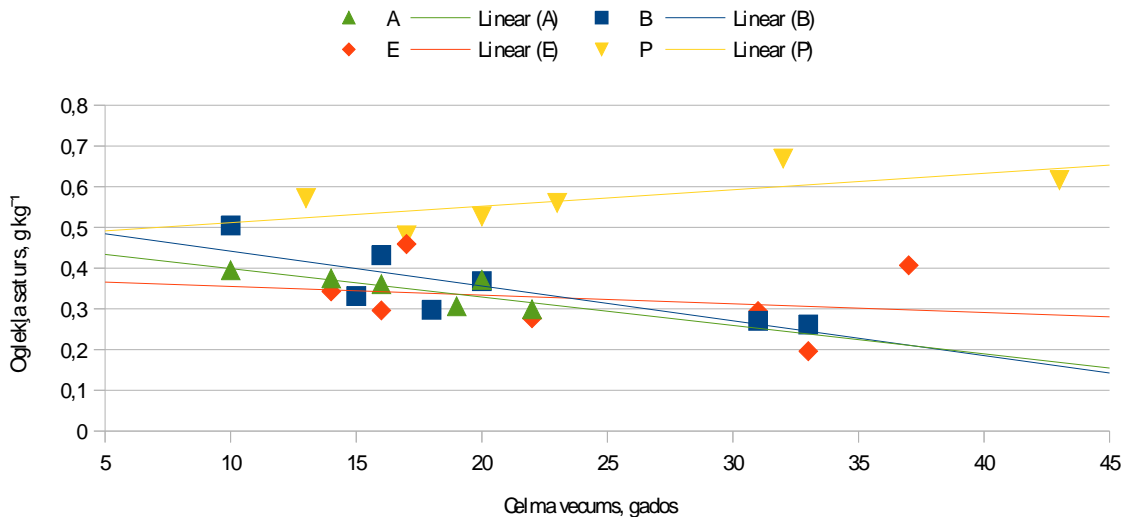


32. Attēls: Oglekļa saturs dažāda vecuma celmos.

Salīdzinot celmu un balstsakņu koksnes blīvumu, konstatēts, ka lapkoku (apses un bērza) koksnes blīvums samazinās, sekojot lineārai regresijai, turpretim, skujukokiem koksnes blīvums nemainās (egle) vai pat pieaug (priede, 33. un 34. attēls). Šī īpatnība saistīta ar faktu, ka skujukoku saknēs, it īpaši tas raksturīgi priedei, sveķvielas koncentrējas sakņu un celma centrā, veidojot blīvāku kodola daļu, kas sadalās lēnāk, nekā aplievas daļa. Jāņem vērā, ka analīzes pabeigtas nedaudz vairāk kā pusei paraugu, tāpēc aprēķinu rezultāti vēl tiks precizēti.

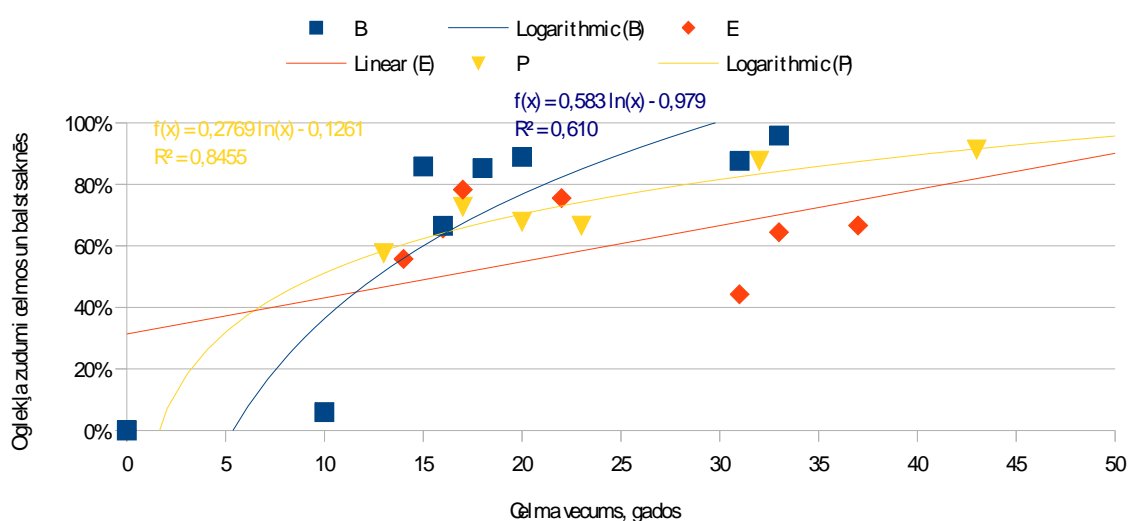


33. Attēls: Dažāda vecuma celmu balstsakņu koksnes blīvums.



34. Attēls: Dažāda vecuma celmu koksnes blīvums.

Pazemes biomasas sadalīšanās gaita analizēta, salīdzinot iespējamo sākotnējo balstsakņu un celma biomasu un faktisko biomasu, kas noteikta, sverot iegūtos iepriekšējās aprites celmus. Oglekļa zudumi balstsaknēs un celmos atbilstoši sākotnējiem aprēķinu rezultātiem parādīti 35. attēlā. Oglekļa zudums biomasā priedei un bērzam seko logaritmiskās regresijas vienādojumiem. Saskaņā ar šiem vienādojumiem aptuveni puse koku celmos un saknēs uzkrātā oglekļa transformējas emisijās 10-15 gadu laikā. Lielākā daļa priedes pazemes biomasas transformējas augsnes elementos un CO<sub>2</sub> 60 gados, bet lielākā daļa bērza pazemes biomasas sadalās 30 gadu laikā, t.i. skujkoku celmu un sakņu sadalīšanās ir 2 reizes ilgāka. Eglei nav konstatēta šāda likumsakarība; neatkarīgi no celma vecuma oglekļa zudums ir 50-80 %, tāpēc 2014. gadā nolemts izrakt vēl vismaz 4 priedes un 4 egles celmus no iepriekšējās aprites (pusi 5-10 un pusī 45-50 gadus vecus celmus), lai precizētu biomasas sadalīšanās vienādojumus.



35. Attēls: Dažāda vecuma celmu koksnes blīvums.

## 6.Ceļu būves ietekme uz SEG emisijām nedzīvās zemsegas mineralizācijas rezultātā

### 6.1.Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums

2011.gadā ierīkoti 10 izmēģinājumu objekti nedzīvās zemsegas sadalīšanās gaitas novērtēšanai. Parauglaukumu ierīkošanas laikā veikto augsnes analīžu rezultātu apkopojums (*oglekļa uzkrājums augsnē un zemsegā*) dots 26. tabulā. Vidēji visos pētījumu objektos augsnē 0-80 cm slānī un zemsegā ir 214 tonnas C ha<sup>-1</sup>. Vidējā aritmētiskā relatīvā standartklūda ir 17 %. Vidēji Latvijas mežos saskaņā ar projekta BioSoil rezultātiem organiskajās augsnēs ir 651 tonnas C ha<sup>-1</sup> un minerālaugsnēs 215 tonnas ha<sup>-1</sup> (Bārdule, Bāders, Stola, et al. 2009b). Vidējais oglekļa uzkrājums nedzīvajā zemsegā pētījumu objektos ir 24 ± 8 tonnas C ha<sup>-1</sup>, savukārt, projektā BioSoil konstatēts, ka Latvijā meža augsnē vidēji ir 21 tonna C ha<sup>-1</sup> (Bārdule, Bāders, Stola, et al. 2009a; Komorovska, Lazdiņš, Bāders, et al. 2009). Ierīkotajos parauglaukumos zemsegā un augsnē konstatētais oglekļa uzkrājums atbilst vidējiem rādītājiem Latvijas mežos.

25. Tabula: Ogleklis augsnē un zemsegā izmēģinājumu objektos

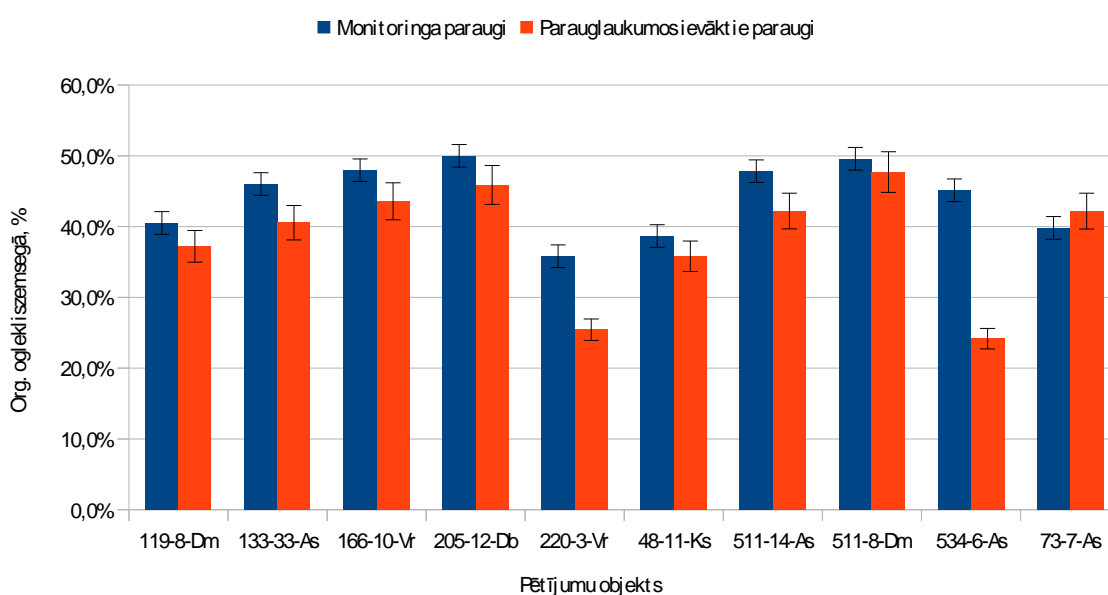
Objekts <sup>31</sup>	Oglekļa saturs, tonnas ha <sup>-1</sup>			Standartklūda
	Augsne	Zemsega	Kopā	
119-8-Dm	134,57	10,76	145,33	47,53
133-33-As	115,14	56,43	171,57	23,49
166-10-Vr	107,62	15,93	123,55	16,27
205-12-Db	331,06	19,98	351,04	41,41
220-3-Vr	157,58	13,18	170,77	58,87

<sup>31</sup> Izmēģinājuma objekta kodu veido kvartāla un nogabala numurs un meža tipa saīsinājums, izmēģinājuma objektu raksturojums dots . pielikumā .



Objekts <sup>31</sup>	Oglekļa saturs, tonnas ha <sup>-1</sup>			Standartklūda
	Augsne	Zemsega	Kopā	
48-11-Ks	344,04	17,17	361,2	30,29
511-14-As	131,19	20,58	151,76	30,74
511-8-Dm	188,46	53,13	241,59	39,54
534-6-As	244,83	25,53	270,36	56,8
73-7-As	143,11	11,26	154,38	16,06

Vidējais oglekļa saturs zemsegas paraugos, kas ievākti augsnes raksturošanai parauglaukumā, ir  $38,5 \pm 2,5$  %, bet paraugos, kas ievākti zemsegas sadalīšanās gaitas monitoringam –  $44,1 \pm 1,6$  %. Atšķirība starp abām paraugkopām nav statistiski būtiska ( $p > 0,05$ ). Oglekļa saturs zemsegas paraugos dažādos objektos dots 36. attēlā.



36. Attēls: Oglekļa saturs monitoringam atlasītajos nedzīvās zemsegas paraugos.

Mežaudžu raksturojums atbilstoši parauglaukumos veikto mērījumu datiem dots 27. tabulā.

26. Tabula: Parauglaukumu uzmērījumu rezultāti

Objekts	Biezums, gab. ha <sup>-1</sup>	Formula	Vid. Ø, cm	Vid. H, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Virszemes biomasa, tonnas ha <sup>-1</sup>	Krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Vidējais koks, m <sup>3</sup>
166-10-Vr	1600	5P4E	17,6	20,4	43,97	193,28	488,38	0,3
220-3-Vr	940	10E	20,4	19,0	34,78	178,44	369,68	0,4
119-8-Dm	1920	10E	15,0	15,9	38,18	180,45	361,29	0,2

Objekts	Biezums, gab. ha <sup>-1</sup>	Formula	Vid. Ø, cm	Vid. H, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Virszemes biomasa, tonnas ha <sup>-1</sup>	Krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Vidējais koks, m <sup>3</sup>
73-7-As	1380	5E4B1P	14,7	17,4	26,98	128,2	274,47	0,2
511-14-As	540	7E2P1B	21,5	19,5	20,34	98,03	202,53	0,4
511-8-Dm	380	7P2E1B	24,6	23,4	18,73	89,93	209,25	0,6
534-6-As	1480	6E4B1P	17,4	18,2	41,8	215,92	444,7	0,3
205-12-Db	1700	4Ma4E2B	16,6	18,9	40,68	195,06	393,38	0,2
48-11-Ks	620	10B+P	20,4	23,4	21,13	112,17	226,2	0,4
133-33-As	560	6P4E	23,4	20,4	26,15	128,4	274,77	0,5

Aprēķinu dati emisiju no ceļu būves rēķināšanai (*oglekļa uzkrājums dažādās krātuvēs*) doti 28. tabulā. Vidējās emisijas, kas rakstos izmēģinājumu objektos atmežošanas rezultātā, pielietojot valsts inventarizācijas pārskatā iekļauto metodiku atmežošanas radīto emisiju novērtēšanai (LVGMC 2011), atbilst  $695 \pm 43$  tonnām CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>. Ņemot vērā dažādu zemesceļa platumu, šādas emisijas radīsies izbūvējot 0,5-1,0 km meža ceļu. Salīdzinājumam nacionālajā SEG inventarizācijas pārskatā vidējās emisijas atmežošanas rezultātā 1990.-2009. gados atbilda  $528 \pm 98$  tonnām CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>. Tas liecina, ka vidējie rādītāji abās paraugkopā statistiski būtiski neatšķiras.

27. Tabula: Oglekļa uzskaites un analīžu rezultāti

Koku suga	Ogleklis dzīvajā biomasā, tonnas ha <sup>-1</sup>	Ogleklis nedzīvajā koksņē, tonnas ha <sup>-1</sup>	Ogleklis augsņē, tonnas ha <sup>-1</sup>	Ogleklis zemsegā, tonnas ha <sup>-1</sup>	Kopā, tonnas ha <sup>-1</sup>	Kopā, tonnas CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup>
166-10-Vr	128	6	36	16	186	681
220-3-Vr	118	6	50	13	187	684
119-8-Dm	119	6	71	11	207	760
73-7-As	85	6	58	11	160	587
511-14-As	65	6	43	21	134	493
511-8-Dm	59	6	36	53	154	565
534-6-	143	6	63	26	237	870

Koku suga	Ogleklis dzīvajā biomasā, tonnas ha <sup>-1</sup>	Ogleklis nedzīvajā koksņē, tonnas ha <sup>-1</sup>	Ogleklis augsnē, tonnas ha <sup>-1</sup>	Ogleklis zemsegā, tonnas ha <sup>-1</sup>	Kopā, tonnas ha <sup>-1</sup>	Kopā, tonnas CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup>
As						
205-12-Db	129	6	100	20	255	935
48-11-Ks	74	6	86	17	184	673
133-33-As	85	6	45	56	192	705

2012. gadā uzsākts nedzīvās zemsegas mineralizācijas monitorings. 2011. gada rudenī mežā atstātie maiši (37. attēls) tika attīrīti no meža nobirām un atstāti līdz 2012. gada veģetācijas sezonas sākumam. Paraugi analizēm ievākti tieši 12 mēnešus pēc izmēģinājuma uzsākšanas. Analīzēm ievākti 10 maiši katrā no 10 parauglaukumiem.



37. Attēls: Zemsegas sadalīšanās monitoringam mežā atstātie maiši.

2012. gada veiktas analīzes 100 nedzīvās zemsegas paraugiem. Analīžu rezultātu kopsavilkums dots 29. tabulā. Kļūdas robeža dažādos izpētes objektos nepārsniedz vidēji 0,3 %. Vidējais oglekļa saturs zemsegā ir  $463 \pm 0,7 \text{ g kg}^{-1}$ . Izmēģinājuma uzsākšanas brīdī oglekļa saturs kontroles zemsegas paraugos bija  $454 \pm 1,1$ . Atšķirība starp abām paraugkopām nebija statistiski būtiska ( $p > 0,05$ ).

28. Tabula: Oglekļa analīžu rezultāti 2012.gadā likvidētajos paraugos

Nr.	Objekts	Ogleklis, C g kg <sup>-1</sup>
	119-8-Dm	$409 \pm 1,7$
	133-33-As	$508 \pm 0,8$
	166-10-Vr	$472 \pm 1,3$
	205-12-Db	$520 \pm 0,8$
	220-3-Vr	$416 \pm 1,3$

Nr.	Objekts	Ogleklis, C g kg <sup>-1</sup>
	48-11-Ks	373 ± 1,6
	511-14-As	492 ± 1,3
	511-8-Dm	524 ± 1,2
	534-6-As	474 ± 1,1
	73-7-As	440 ± 0,9
	<b>Vidēji</b>	<b>463 ± 0,7</b>

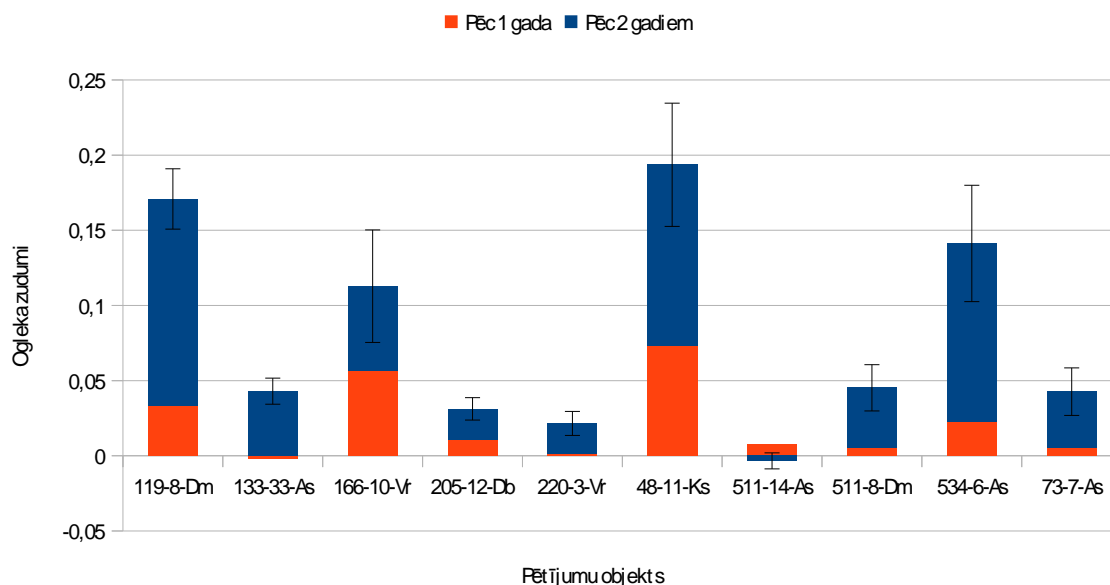
### 6.2.2013. gada darba rezultāti

2013. gadā turpināts zemsegas sadalīšanās monitorings, 2013. gada jūlija 2. nedēļā ievācot katrā parauglaukumā vēl 10 zemsegas maisus. Kopā analizēm paņemti 100 paraugi, kuriem veiktas oglekļa un sausas saturas analīzes. Uz lauka atlikušajiem maisiem novāktas kritālas un kritušās lapas, lai tās neietekmētu sausas un oglekļa saturu. Atkārtota maisu notīrīšana no kritālām veikta 2013. gada novembrī.

Lai precizētu iegūtos rezultātus, izvairoties no jauno kritālu ietekmes, 2013. gadā ierīkots jauns izmēģinājums, novietojot paraugus atklātā vietā izcirtumos MPS teritorijā ierīkotos parauglaukumos (kopā 3 gab.). Rezultāti no šiem parauglaukumiem būs pieejami 2014. un 2015. gados.

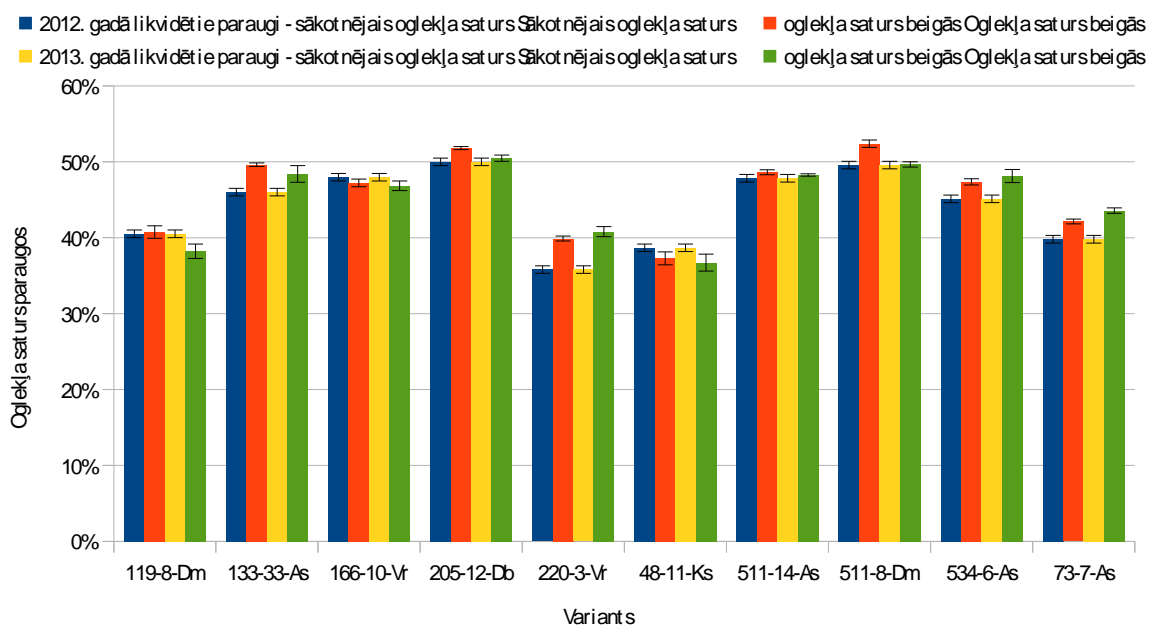
Kopējais oglekļa zudums 2 gadu laikā vidēji visos parauglaukumos ir  $8 \pm 1 \%$ , tajā skaitā 1. gada laikā 2,1 % un otrā gada laikā 5,9 %. Dažādos parauglaukumos oglekļa zudums atšķiras (38. attēls), kas var būt skaidrojams gan ar nejaušās paraugu atlases ietekmi, gan apstākļiem audzē. Skujkoku audzēs katru gadu nācās novākt daudz svaigo nobiru, kas, iespējams, nokļuva arī paraugā, ietekmējot rezultātu, jo atsevišķos paraugos konstatētas negatīvas izmaiņas, t.i. oglekļa uzkrājums ir palielinājies, ko var izskaidrot tikai ar svaigu kritālu un skuju nokļūšanu paraugos.

Zaudējot oglekli tādā ātrumā, kāds konstatēts izmēģinājumu laikā, puse no zemsegas oglekļa nokļūs atmosfērā 12-13 gadu laikā, t.i. zemsegas mineralizācijas laiks maz atšķiras no SEG inventarizācijas vadlīnijās noteiktā – 20 gadi.



### 38. Attēls: Oglekļa zudums pēc 1. un 2. gada.

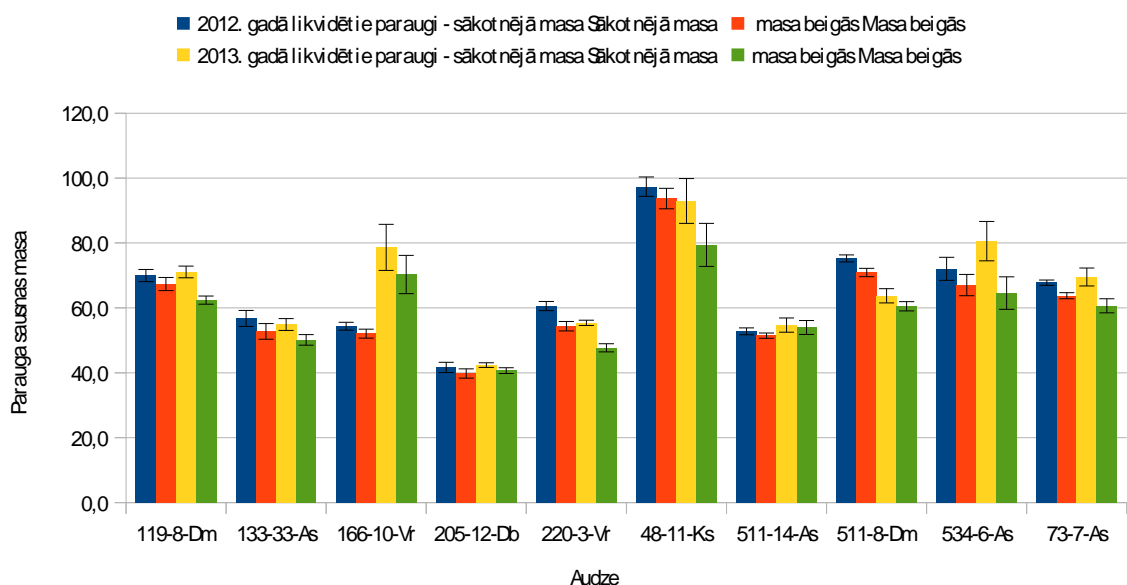
Vidējais oglekļa saturs pirmajā gadā likvidētajos paraugos, uzsākot izmēģinājumus, bija  $44,1 \pm 0,5$  %, bet pēc 1 gada –  $45,7 \pm 0,5$  %; savukārt, otrajā gadā likvidētajos paraugos oglekļa saturs, izmēģinājumus uzsākot, bija  $44,0 \pm 0,5$  %, bet pēc izmēģinājumu pabeigšanas –  $45,1 \pm 0,5$  %. Pirmajā gadā konstatēta statistiski būtiska atšķirība starp sākotnējo un beigu stāvokli ( $p < 0,05$ ), bet otrajā gadā atšķirības vairs nebija. Iespējams, ka atšķirību 1. gadā radīja nejaušā paraugu izvēle. Izvērtējot 1. un 2. gada rezultātus kopā, statistiski būtiskas atšķirības oglekļa saturā starp sākotnējo un beigu stāvokli nav konstatētas. Ja vērtē katru parauglaukumu atsevišķi, tad vairākos objektos ir redzamas būtiskas atšķirības starp sākotnējo un beigu stāvokli (39. attēls).



### 39. Attēls: Oglekļa saturs 1. un 2. sezonas beigās likvidētajos paraugos.

Salīdzinot likvidējamo paraugu sākotnējo un beigu masu, redzama citāda aina. Vidējā parauga sausnas masa pēc 1. sezonas likvidētajā paraugā sākotnēji bija  $64,8 \pm 1,6$  g, bet beigās  $61,3 \pm 1,5$  g; pēc 2. sezonas likvidētajā paraugā sākotnēji bija  $66,4 \pm 1,8$  g, bet beigās  $59,0 \pm 1,5$  g. Abās paraugu sērijās atšķirība no sākotnējā stāvokļa bija statistiski būtiska. Atšķirība starp 1. un 2. sezonas beigās ievāktajiem paraugiem nav statistiski būtiska ( $p < 0,05$ ).

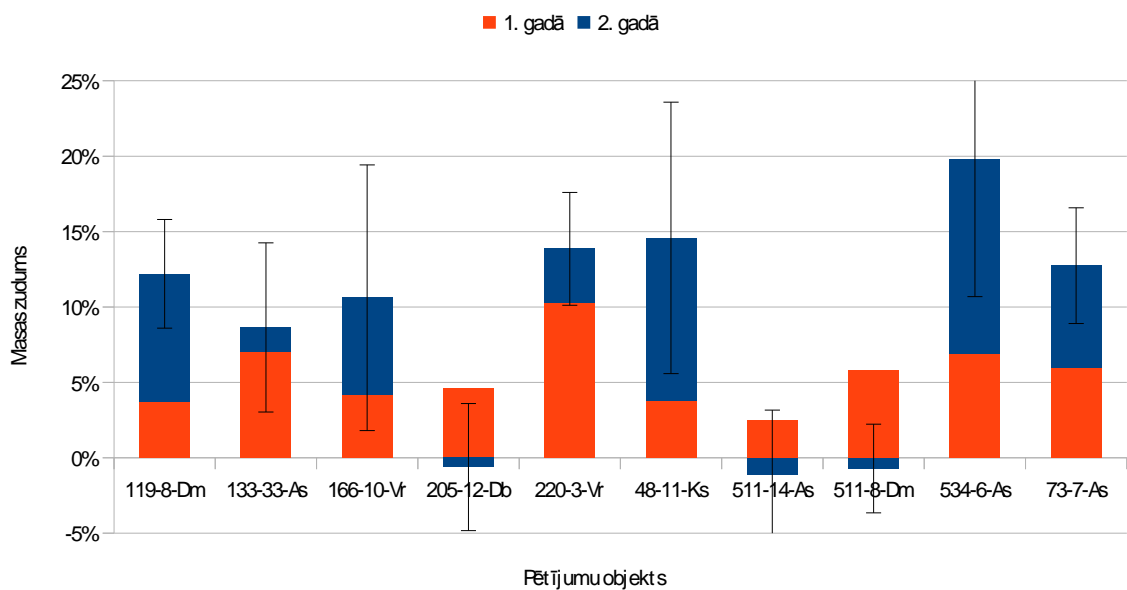
Vidējā paraugu masa sākumā un paraugu likvidēšanas brīdī parādīta 40. attēlā.



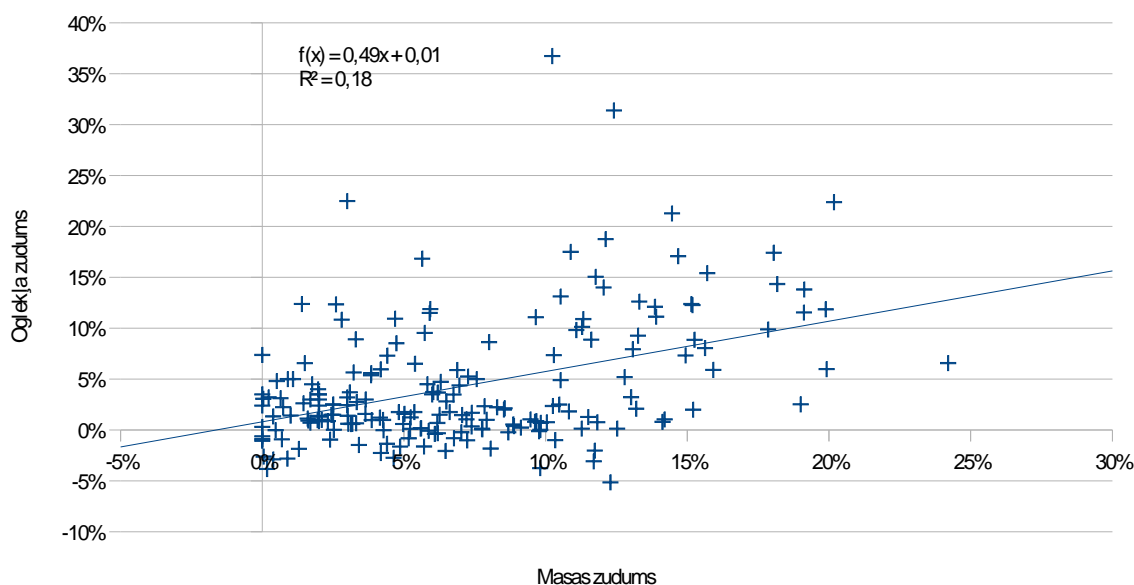
40. Attēls: Sausnas masa 1. un 2. sezonas beigās likvidētajos paraugos.

Vidējais masas zudums visās audzēs 1. gadā ir  $5,5 \pm 1,8 \%$ , bet 2. gadā  $5,6 \pm 2,5 \%$ . Kopējais masas zudums 2 gadu laikā –  $11,1 \pm 3,6 \%$ . Tas nozīmē, ka, saglabājoties tādām pašām paraugu mineralizācijas tempam, puse no zemsegas biomasas sadalīsies 9-10 gadu laikā. Masas zudums dažādos parauglaukumos būtiski atšķiras; ir arī tādi parauglaukumi, kur masas zudums 2 gadu laikā nav bijis statistiski būtisks (41. attēls).

Salīdzinot oglekļa un masas zudumu 1. un 2. gadā pēc izmēģinājumu uzsākšanas, konstatēta vāji izteikta lineāra korelācija (42. attēls).

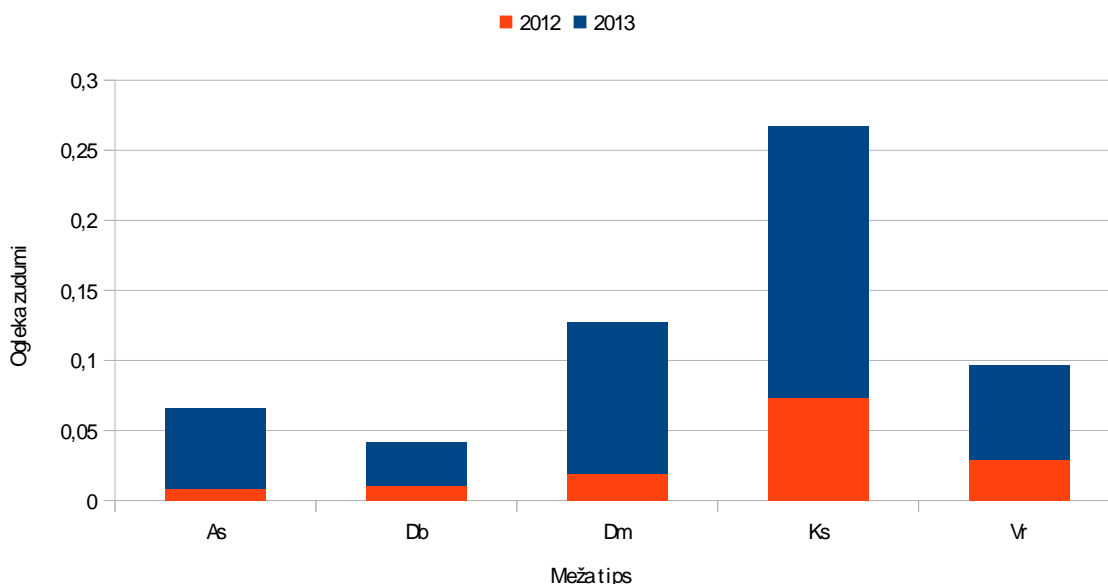


41. Attēls: Masas zudums 1. un 2. gadā pēc izmēģinājuma uzsākšanas.



42. Attēls: Sakarība starp oglekļa un masas zudumu.

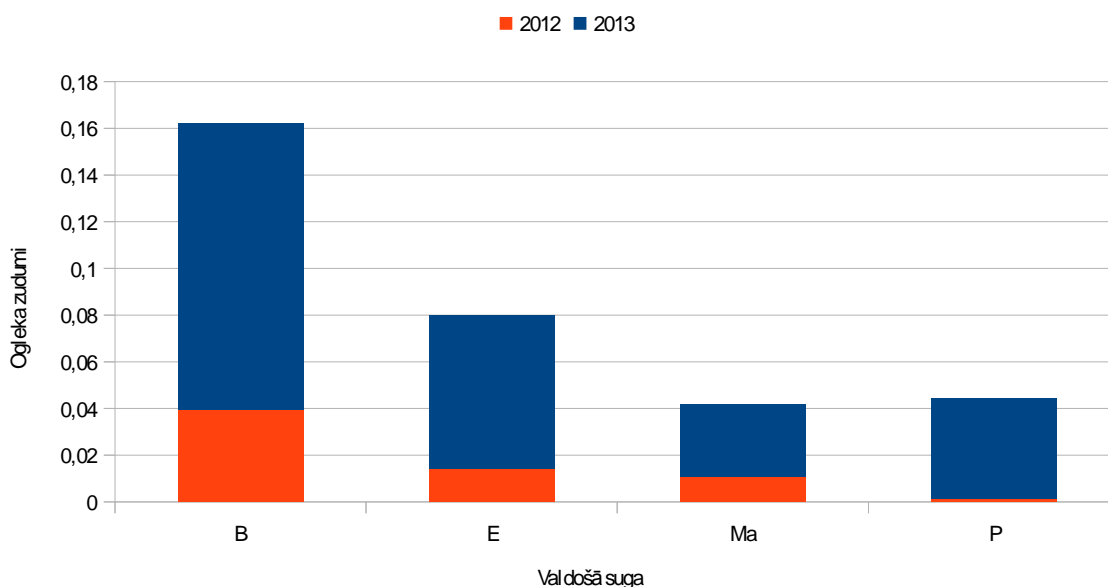
Pētījumā vērtēts, vai pastāv sakarība starp meža tipu un oglekļa zudumiem, un konstatēts, ka lielāki oglekļa zudumi ir bijuši šaurlapju kūdrenī (1 objekts), bet mazākie dumbrājā un šaurlapju ārenī (5 objekti, 43. attēls). Ņemot vērā nelielo atkārtojumu skaitu, iegūtie dati nebūtu izmantojami secinājumu izdarīšanai par meža tipu ietekmi uz zemsegas sadalīšanās ātrumu, lai gan specifiskie apstākļi kūdreņos var ietekmēt mineralizācijas ātrumu. Būtiski, ka līdzīga mineralizācijas ātruma attiecība dažādu meža tipu audzēs konstatēta gan pirmās, gan 2. sezonas beigās.



43. Attēls: Oglekļa zudumi atkarībā no meža tipa.

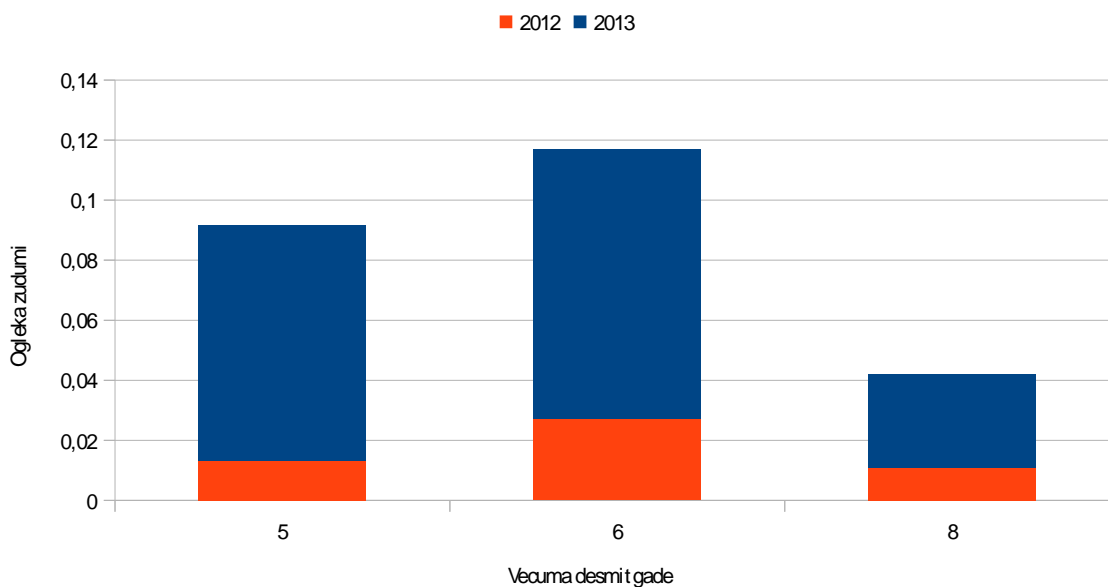
Valdošo sugu griezumā straujākā zemsegas sadalīšanās konstatēta bērza audzēs (16 % oglekļa zudums 2 gadu laikā, 44. attēls). Būtiski, ka līdzīgs sadalījums mineralizācijas ātrumā,

izņemot priedi, pārējām sugām konstatēts gan pirmajā, gan 2. gadā. Straujāku zemsegas sadalīšanos bērza audzēs var skaidrot ar organisko vielu īpašībām. Saskaņā ar Zviedrijā un Somijā veiktu pētījumu rezultātiem grūtāk mineralizējamu trūdvielu uzkrāšanās zemsegā boreālajā zonā vairāk raksturīga tieši skujkoku audzēs (Johnson and Curtis 2001; Saarsalmi and Mälkönen 2001).



44. Attēls: Oglekļa zudumi atkarībā no valdošās sugas.

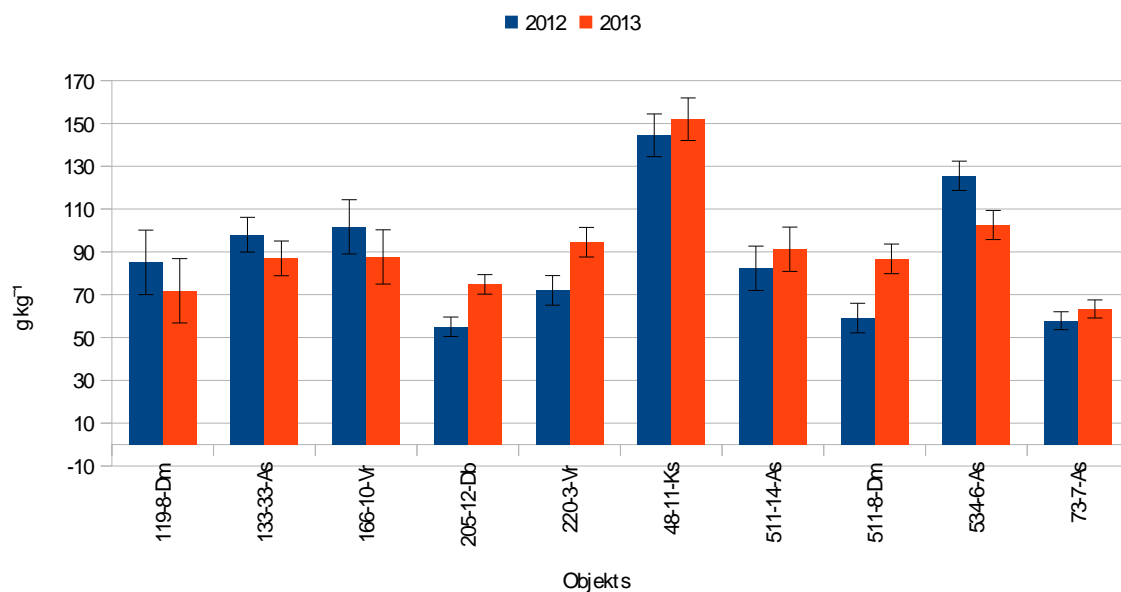
Pētījumā nav pietiekoši liels dažādu koku sugu un vecuma desmitgažu atkārtojumu skaits, lai izdarītu secinājumus par zemsegas mineralizācijas ātrumu atkarībā no mežaudzes vecuma atmežotajā teritorijā. Teorētiski vecākās skujkoku audzēs zemsegas mineralizācijai jānorit lēnāk, taču līdzīgs pētījumā iegūts rezultāts (45. attēls), visticamāk, ir nejaušība.



45. Attēls: Oglekļa zudumi atkarībā no vecuma desmitgades.



Lai noskaidrotu humīnskābju satura izmaiņas zemsegas paraugos 2012. un 2013. gadā veiktas humīnskābju kopsatura analīzes (rezultāti redzami 46. attēlā). Statistiski būtiskas atšķirības pēc 1. un 2. sezonas ievāktajos paraugos nav konstatētas.



46. Attēls: Humīnskābju saturs zemsegas paraugos pēc 1. un 2. sezonas.

## 7.Meža meliorācijas sistēmu atjaunošanas ietekme uz SEG emisijām un CO<sub>2</sub> piesaisti

### 7.1.Iepriekšējos gados paveikto darbu kopsavilkums

Latvijā AS “Latvijas valsts meži” apsaimniekotajās meža zemēs ir 48 tūkst. km meliorācijas grāvju, no kuriem lielākā daļa (65 %) ir susinātājgrāvji. Daļa grāvju nav digitalizēti, tāpēc nav iekļauti uzskaitē. Meliorēto mežu masīvi sastopami visā Latvijas teritorijā, taču visvairāk to ir piejūrā, Latvijas centrālajā daļā un Lubānas līdzenumā.

Saskaņā ar Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) datiem AS “Latvijas valsts meži” apsaimnieko 566 tūkst. ha<sup>32</sup> susināto mežu, tajā skaitā 238 tūkst. ha mežu uz susinātām organiskām augsnēm un 328 tūkst. ha susinātu mežu uz minerālaugsnēm. Izplatītākie meža tipi uz susinātām augsnēm ir šaurlapju ārenis un šaurlapju kūdreņis (65 % no kopējās susināto mežu platības). Oligotrofi augšanas apstākļi (viršu un mētru kūdreņis un ārenis) raksturīgi 17 % susināto mežu. Līdzīgi, kā pārējos AS “Latvijas valsts meži” apsaimniekotajos mežos, susinātajās platībās raksturīgās valdošās sugas ir priede, egļe un bērzs (kopā 86 % no susināto mežu platības).

CO<sub>2</sub> emisijas rēķina no susinātām organiskām augsnēm (kūdreņiem). CO<sub>2</sub> emisiju novērtēšanai no susinātām organiskām augsnēm izmantots labas prakses vadlīnijās dotais

koeficients – 0,68 tonnas C<sub>2</sub>O-C ha<sup>-1</sup> gadā (Penman 2003). N<sub>2</sub>O emisijas aprēķinātas,

izmantojot 32. tabulā dotos koeficientus.

Lai pārietu no faktiskajām N<sub>2</sub>O emisijām uz CO<sub>2</sub> ekvivalentiem, aprēķinu rezultāts reizināts ar 310, jo 1 tonna N<sub>2</sub>O atbilst 310 tonnām CO<sub>2</sub> (Forster et al. 2007).

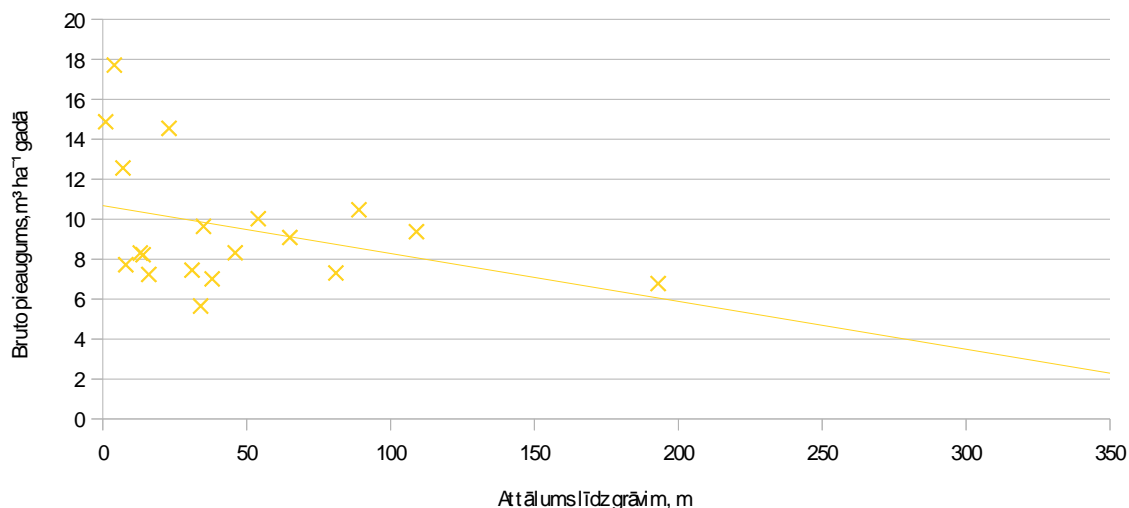
29. Tabula: Koeficienti N O emisiju no susinātām organiskajām un minerālaugsnēm aprēķināšanai (LVGMC 2012; Penman 2003)

Augsnes	Emisiju faktors, kg N <sub>2</sub> O-N ha <sup>-1</sup> gadā	Emisiju faktors, kg N <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> gadā
Susinātās organiskās augsnes	0,600	0,943
Susinātās minerālaugsnes	0,060	0,094

2012. gadā, analizējot MSI datus, konstatēts, ka izteikta korelācija starp attālumu no grāvja un krājas pieaugumu apšu parauglaukumos parādās 21-30 gadu vecās audzēs, lielākas korelācijas vērtības raksturīgas līdz 50 m attālumā no grāvjiem esošos parauglaukumos.

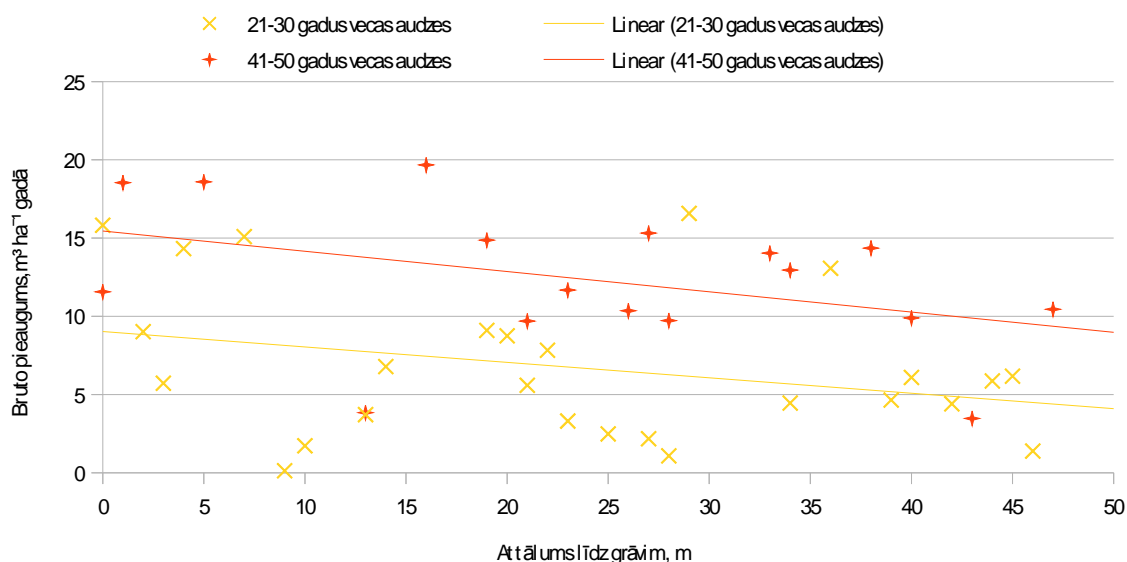
<sup>32</sup> Aprēķiniem izmantoti apstrādāti dati, tāpēc tie var atšķirties no oficiālajiem MSI datiem.

Izteikta korelācija starp attālumu no grāvja un krājas pieaugumu bērza parauglaukumos parādās 31-40 un 71-90 gadus vecās audzēs, lielākas korelācijas vērtības raksturīgas līdz 50 m attālumā no grāvjiem esošos parauglaukumos (47. attēls). Lielākās korelācijas vērtības ir līdz 50 m attālumā no grāvjiem esošajos parauglaukumos.



47. Attēls: Krājas pieauguma un attāluma no grāvja sakarība 71-80 gadus vecās bērza audzēs.

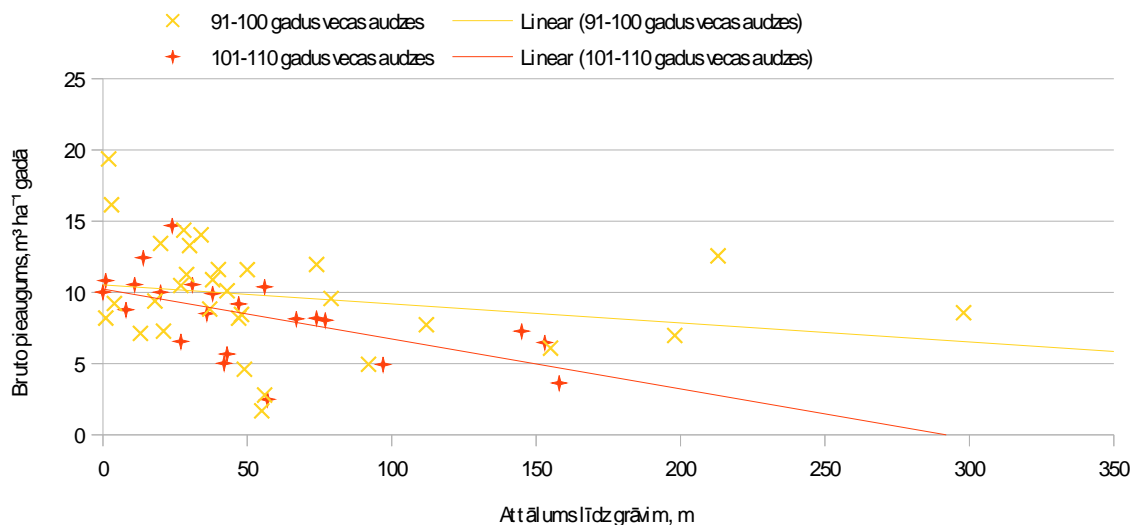
Izteikta korelācija starp attālumu no grāvja un krājas pieaugumu egles parauglaukumos konstatēta 91-100 gadus vecās audzēs. Jaunākās audzēs (21-30 un 41-50 gadi) šāda korelācija parādās tikai tad, ja attālums līdz grāvim ir līdz 50 m (48. attēls). Lielākās korelācijas vērtības ir līdz 50 m attālumā no grāvjiem esošajos parauglaukumos.



48. Attēls: Krājas pieauguma un attāluma no grāvja sakarība 21-30 un 41-50 gadus vecās egles audzēs.

Priežu parauglaukumos vairāk vai mazāk izteikta negatīva korelācija starp attālumu no grāvjiem un krājas pieaugumu konstatēta visās vecuma klasēs. Visizteiktākā korelācija ir līdz 50 m no grāvjiem esošos parauglaukumos, kā arī 90-110 gadus vecās audzēs līdz 300 m

attālumā no grāvjiem (49. attēls). Šaurlapju ārenī priedes parauglaukumos izteikta sakarība starp attālumu no grāvjiem un krājas pieaugumu konstatēta par 70 gadiem vecākās audzēs.



49. Attēls: Krājas pieauguma un attāluma no grāvja sakarība 91-100 un 101-110 gadus vecās priedes audzēs.

Balstoties uz datu analīzes rezultātiem, 2012. gadā nolemts parauglaukumus meliorācijas efekta novērtēšanai šaurlapju kūdreņī skujkoku audzēs, izvietojot pētījumu objektus līdz 50 m attālumā no susinātjagrāvjiem. Lai pārstāvētu atšķirīgus augu barošanās apstākļus, pārējās 3 parauglaukumu sērijas nolemts ierīkot platlapju kūdreņī un šaurlapju un platlapju ārenī. Kontroles parauglaukumus nolemts slapjajā damaksnī un slapjajā vērī, kā arī dumbrājā un lieknā.

Meža meliorācijas sistēmu efekta novērtēšanas parauglaukumu ierīkošanas metodika precizēta, paredzot ierīkot 3 parauglaukumu sērijas uz organiskajām un minerālaugsnēm šaurlapju un platlapju āreņos un kūdreņos teritorijās, kur meliorācijas sistēmas nav atjaunotas vismaz 20 gadus, kur meliorācijas sistēmu darbība ir traucēta, un kur vismaz pirms 5 gadiem veikta meliorācijas sistēmu atjaunošana, un līdzīgos apstākļos slapjajā vērī un damaksnī un dumbrājā un lieknā (kopā 36 parauglaukumi uz minerālaugsnēm un 36 – uz kūdras augsnēm). Parauglaukumus nolemts ierīkot 1. un 2. vecuma klases audzēs un pieaugušās audzēs (auglīgākajos augšanas apstākļos parauglaukumi ierīkojami egles audzēs, mazāk auglīgajos – priedes audzēs). Dabiski mitrajās augsnēs visus parauglaukumus nolemts ierīkot priedes audzēs. Parauglaukumus pieaugušās audzēs nolemts ierīkot platībās, kur pirms 4-6 gadiem veikta krājas kopšana, t.i. audzēs, kur ir mainījušies augšanas apstākļi un mežaudžu pašregulējošās funkcijas var būt traucētas.

### 7.2.2013. gada darba rezultāti

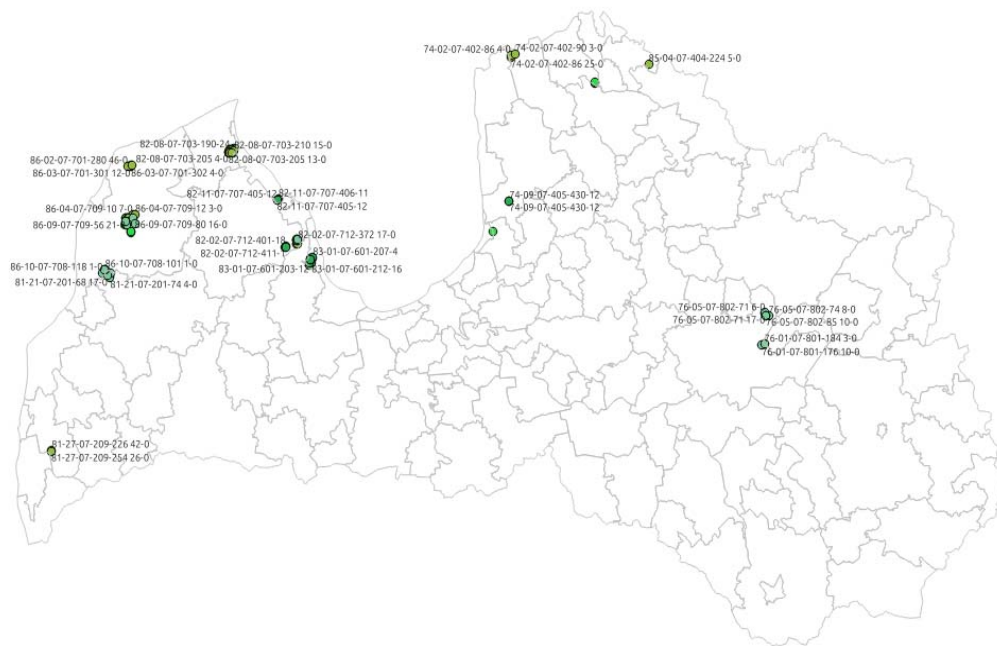
Kopumā 2013. gadā ierīkoti 89 parauglaukumi meliorācijas sistēmu atjaunošanas ietekmes uz CO<sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā novērtēšanai, tajā skaitā 54 parauglaukumi platībās, kur pirms 5-6 gadiem veikta krājas kopšana, un ievāktas 894 urbuma skaidas radiālā pieauguma novērtēšanai. Visos izmēģinājumos ierīkoti 500 m<sup>2</sup> lieli aplveida parauglaukumi kokaudzēs taksācijas datu novērtēšanai. Parauglaukumos koku uzmērīšana veikta atbilstoši MSI metodikai (12,62 m rādiusā mērīti visi koki, kuru caurmērs pārsniedz 14,0 cm; 5,64 m rādiusā – par 6,0 cm resnāki koki un 2,82 m rādiusā – par 2,0 cm resnāki koki. Valdošai sugai

nomērīti 10 koki augstumliknes konstruēšanai, pārējām sugām mērīts visu parauglaukumā esošo koku augstums. Katrā parauglaukumā no 10 veseliem pirmā stāva kokiem bez redzamām slimību pazīmēm ar Preslera svārpstu iegūtas radiālā pieauguma urbumu skaidas A-R virzienā līdz koka centram.

Lai precizētu faktisko hidroloģisko režīmu parauglaukumā, izdarītas atzīmes par to, vai koki cieš no pārlieta mitruma, lai atsiņātu tos parauglaukumus, kuros rekonstruētu meliorācijas sistēmu ietekmes efekts nav novērojams vai arī tieši pretēji – meliorācijas sistēmas darbojas normāli, neskatoties uz to, ka grāvju tīkls nav atjaunots. Daudzās audzēs, kur plānots veikt meliorācijas sistēmu atjaunošanas darbus, varēja novērot to, ka grāvji ir pilnībā funkcionējoši, neskatoties uz 30 un vairāk gadu vecumu. Šādās platībās meliorācijas sistēmu atjaunošanas pozitīvā ietekme uz gadskārtu pieaugumu, visticamāk, nebūs novērojama, jo mežaudze arī pirms grāvju pārrakšanas nav cietusi no pārlieta mitruma. Pēc grāvju pārrakšanas sākotnējo stāvokli nevar noteikt, tāpēc pētījuma rezultāti var vedināt uz absurdu secinājumu par meliorācijas sistēmu atjaunošanas nelietderību, jo augšanas gaita nemainās. Tāpēc darbā salīdzināta gan augšanas gaita pirms un pēc meliorācijas sistēmas atjaunošanas, gan krājas kopšanas ietekme audzēs, kas var ciest no pārlieta mitruma, gan salīdzināta augšanas gaita audzēs, kurās konstatētas ūdens režīma problēmas un tādās, kur mitruma režīma problēmas nav konstatētas.

Meliorācijas sistēmu ietekmes uz SEG emisijām novērtēšanas darba uzdevums 2014. gadā paplašināms, atlasot no rekonstrukcijas plānā 2014. gadam esošajām teritorijām nogabalus egles, priedes un bērza mežos, kas patiešām cieš no pārlieta mitruma un, veicot mērķtiecīgus un ilgstošus novērojumus meliorācijas sistēmu rekonstrukcijas efekta novērtēšanai pēc 2014. gada. Kontrolei izmantojamas mežaudzes uz susinātām augsnēm aizsargājamās teritorijās, kur nav plānota meliorācijas sistēmu atjaunošana.

2013. gadā ierīkotie parauglaukumi izvietoti Latvijas ziemeļrietumu un ziemeļaustrumu daļā (50. attēls), atlasot izmēģinājumu objektus no kopumā ap 600 nogabaliem, kas apsekoti 2012. un 2013. gadā.



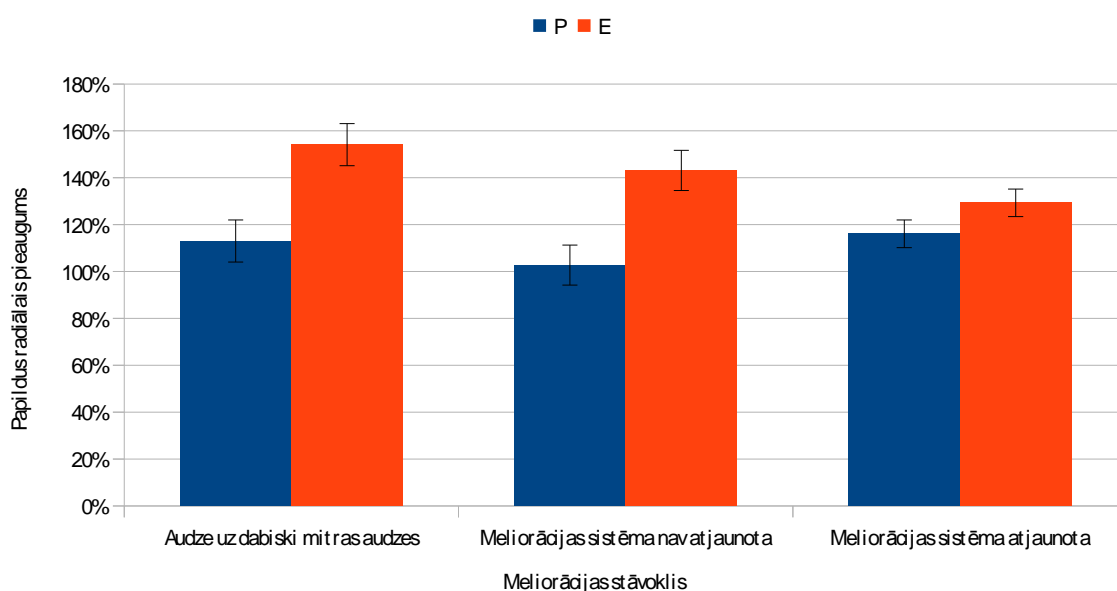
50. Attēls: Ierīkoto parauglaukumu izvietojuma shēma.

Pēc nogādāšanas laboratorijā gadskārtu urbumu skaidu paraugi noslīpēti un noskenēti (51. attēls). Gadskārtu platums mērīts ar WinDendro programmu. Gadskārtu platumā nav ieskaitīta miza, bet ieskaitīts 2013. gada pieaugums. Urbuma skaidas ievāktas 2013. gada augustā – novembrī, tāpēc agrāk ievāktajos paraugos pēdējās gadskārtas pieaugums vēl var nebūt pilnībā izveidojies.



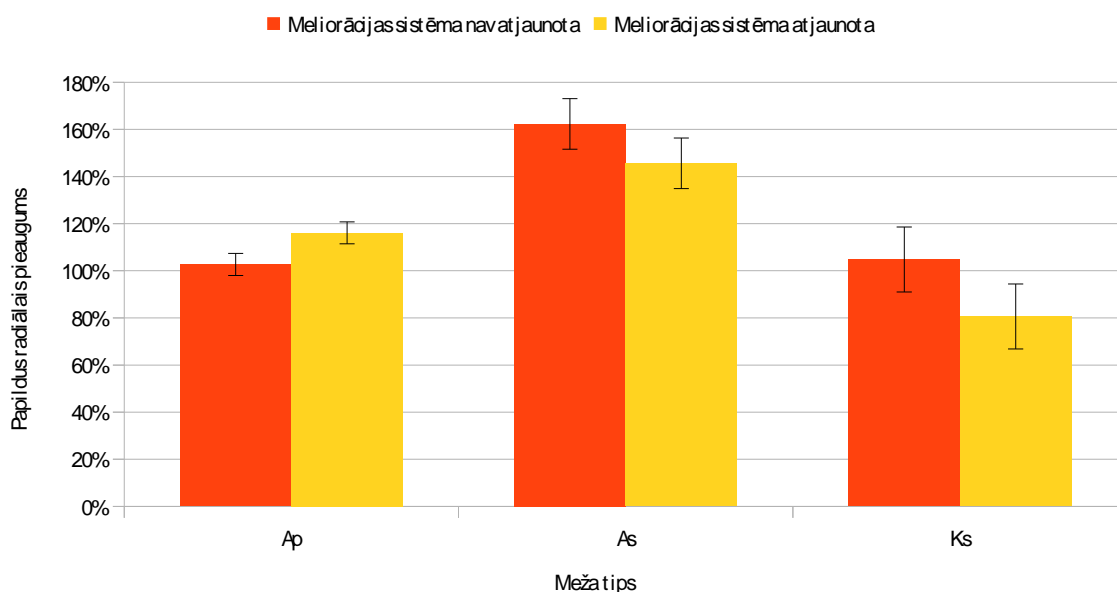
51. Attēls: Skenēšanai sagatavotas urbumu skaidas.

Datu apstrādi plānots turpināt līdz 2014. gada jūlijam. Sākotnējie rezultāti rāda, ka meža kopšana egles un priedes audzēs devusi pozitīvu efektu, neatkarīgi no meliorācijas sistēmu stāvokļa. Vidējais ikgadējais radiālā pieauguma palielinājums pēc kopšanas, salīdzinot ar 5 gadu periodu pirms kopšanas, apsektajos priedes parauglaukumos ir 10 %, egles parauglaukumos – 43 % (52. attēls). Papildus pieaugums statistiski būtiski neatšķiras dažādos variantos, taču lielākais papildus pieaugums konstatēts slapjajā gāršā egles parauglaukumā.



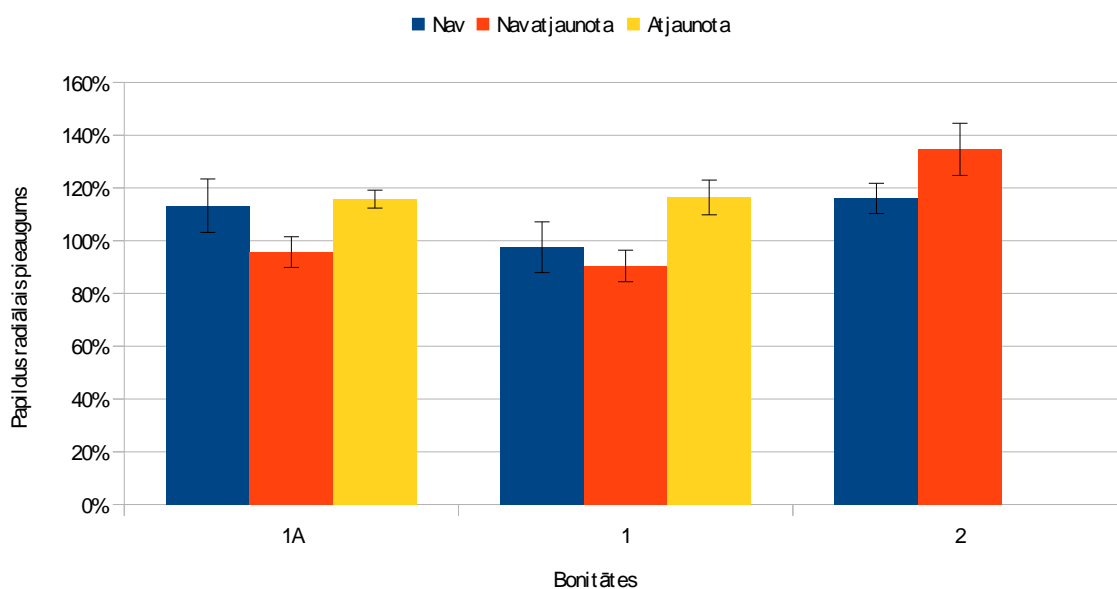
52. Attēls: Meliorācijas sistēmas stāvoklis un kopšanas efekts egles un priedes audzēs.

Salīdzinot dažādus meža tipus uz susinātām augsnēm, būtiska atšķirība arī nav konstatēta (53. attēls).



53. Attēls: Kopšanas ietekme dažādos meža tipos atkarībā no meliorācijas sistēmu stāvokļa.

Būtiska atšķirība papildus radiālajā pieaugumā konstatēts egļu audzēs, salīdzinot pieaugumu vienas bonitātes robežās, atkarībā no meliorācijas sistēmu stāvokļa; lielākais papildus pieaugums konstatēts audzēs uz atjaunotām meliorācijas sistēmām (54. attēls).



54. Attēls: Kopšanas ietekme dažādas bonitātes audzēs atkarībā no meliorācijas sistēmu stāvokļa.



## 8. Priekšlikumi pētījumu programmas pilnveidošanai

Izvērtējot līdzšinējos rezultātus, pētījumu programmu ieteikts papildināt ar jauniem darba uzdevumiem padziļinātai meliorācijas sistēmu ietekmes izvērtēšanai (mērķtiecīgi izmēģinājumi meliorācijas sistēmu atjaunošanas efekta novērtēšanai, iegūstot datus arī par ietekmi uz bioloģisko daudzveidību un ūdens režīmu susinātajās audzēs, ne-CO<sub>2</sub> emisijas no susinātiem mežiem pēc meliorācijas sistēmu atjaunošanas un oglekļa uzkrājuma samazināšanās novērtēšana susinātajās organiskajās augsnēs). Arī esošos darba uzdevumus ir jāpaplašina, ievācot vairāk paraugu pazemes biomasas sadalīšanās gaitas izpētei un iegūstot empīrisko materiālu allometrisko vienādojumu izstrādāšanai baltalksnim un melnalksnim. Programmas pilnveidošanas ieteikumu saraksts dots 31. tabulā.

30. Tabula: Priekšlikumi darba programmas pilnveidošanai

Aktivitāte	Uzdevums	Priekšlikums
Meža meliorācijas sistēmu atjaunošanas ietekme uz SEG emisijām un CO <sub>2</sub> piesaisti	Jauns uzdevums – mērķtiecīgi izmēģinājumi meliorācijas sistēmu atjaunošanas efekta novērtēšanai	Izmēģinājumi vidēja vecuma E, B un P mežaudzēs Ap, Av, Kv un Kp meža tipos, kur meliorācijas sistēma nefunkcionē pietiekoši efektīvi (veidojas slapjainiem vai purvainiem raksturīga veģetācija, meliorācijas sistēma ilgstoši un pastāvīgi nedarbojas) un kur 2014. vai 2015. gadā plānots veikt meliorācijas sistēmu atjaunošanu, kā kontroli izmantojot aizsargājamās dabas teritorijās mežos ar nefunkcionējošu meliorācijas sistēmu ierīkotos parauglaukumus. Aktivitātei nepieciešams papildus finansējums lauka darbu veikšanai.
	Jauns uzdevums – ne-CO <sub>2</sub> emisijas no susinātiem mežiem pēc meliorācijas sistēmu atjaunošanas	Viens no faktoriem, kas pētījumā nav skatīts, bet rada būtisku meža meliorācijas ietekmes uz CO <sub>2</sub> emisijām daļu, ir ne-CO <sub>2</sub> emisijas, kas sākot ar 2013. gadu obligāti jāietver Latvijas SEG inventarizācijā kā emisiju pamatavots. Empīrisku datu ieguve plānota, veicot CH <sub>4</sub> un N <sub>2</sub> O monitoringu audzēs, kur meliorācijas sistēma

Aktivitāte	Uzdevums	Priekšlikums
		nefunkcionē, tipiskos purvaiņos un audzēs, kur meliorācijas sistēmu plānots rekonstruēt (pirms un pēc atjaunošanas). Aktivitātei nepieciešams papildus finansējums lauka darbu veikšanai un aprīkojuma iegādei.
Nedzīvās koksnes apjoms un tās sadalīšanās gaita	Pazemes biomasas sadalīšanās gaitas izpēte	Izrakt vēl vismaz 4 priedes un 4 egles celmus no iepriekšējās aprites (pusi 5-10 un pusi 45-50 gadus vecus celmus), lai precizētu biomasas sadalīšanās vienādojumus. Papildus finansējums nav nepieciešams
Kokaugu virszemes un pazemes dzīvās biomasas aprēķinu vienādojumu izstrādāšana	Vienādojumu izstrādāšana saimnieciski mazāk nozīmīgajām koku sugām	Empīrisko datu ieguve (virszemes un pazemes biomasas) melnalkšņa un baltalkšņa biomasas aprēķinu koeficientu un allometrisko vienādojumu izstrādāšanai (64 koki katrai sugai virszemes biomasas raksturošanai un 14 celmi pazemes biomasas raksturošanai). Abas sugas ir potenciāli saimnieciski nozīmīgas un veido būtisku daļu Latvijas mežu krājas pieauguma. Līdzšinējie pētījumi, kas veikti Latvijā, nesniedz pilnīgu un ar mūsu pētījumā izstrādātajiem allometriskajiem vienādojumiem savietojamu priekšstatu par šo sugu koku biomasu (aprēķini veikti uz daļēji izžāvētu koksni), tāpēc ir jāizmanto iespēja iegūt datus par visu Latvijas koku biomasu, izmantojot harmonizētu datu ieguves un apstrādes metodiku. Aktivitātei nepieciešams papildus finansējums lauka darbu veikšanai un laboratorijas analīzēm
Oglekļa uzkrājuma dinamika	Oglekļa uzkrājuma	Organiskās augsnes, tajā skaitā

Aktivitāte	Uzdevums	Priekšlikums
meža augsnēs	samazināšanās susinātajās organiskajās augsnēs	<p>mežs un izstrādei sagatavotās kūdras atradnes ir būtisks SEG emisiju avots, tajā pat laikā meža susināšana nodrošina būtisku CH<sub>4</sub> un, iespējams, arī N<sub>2</sub>O emisiju samazinājumu, vienlaicīgi būtiski palielinot CO<sub>2</sub> piesaistes potenciālu dzīvajā biomasā, attiecīgi, nodrošinot lielāku aizstāšanas efektu enerģētikā un oglekļa piesaisti koksnes produktos. Līdz šim nav pietiekoši pētīta organiskās vielas mineralizācija uz organiskām augsnēm pēc susināšanas. Emisiju mērījumu dati ir pretrunīgi un pietrūkst uz ilgtermiņa novērojumiem (vismaz 40-50 gadi) balstīti aprēķinu vienādojumi, ko neietekmē laikā un telpā lokāli meteoroloģiskie faktori un saimnieciskā darbība. Pētījumā plānota vēsturisko datu apstrāde, zinātniskajos mežos ar zināmu saimnieciskās darbības vēsturi meliorēto un kontroles platību atkārtota nivelēšanu un augsnes paraugu ievākšanu faktiskā oglekļa uzkrājuma novērtēšanai. Būtiska finansējuma palielinājuma gadījumā būtu lietderīgi papildus noteikt arī faktiskās CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O un CH<sub>4</sub> emisijas raksturīgos apstākļos kūdrēnī un purvainī. Pēc mērījumu un analīžu datu apstrādes kļūs iespējama empīrisku vienādojumu izstrādāšana meža meliorācijas ietekmes uz CO<sub>2</sub> un ne-CO<sub>2</sub> emisijām novērtēšanai. Aktivitātei nepieciešams papildus finansējums lauka darbu veikšanai, laboratorijas analīzēm un aprīkojumam (tāds</p>

Aktivitāte	Uzdevums	Priekšlikums
		<p>pats aprīkojums nepieciešams . papildus darba uzdevuma īstenošanai, attiecīgi, palielinot pētījuma izpildes termiņu par 2-3 gadiem aparatūru var izmantot abu darba uzdevumu īstenošanai)</p>

## 9. Pagaidu secinājumi

Organiskā oglekļa uzkrājums meža ieaudzēšanas ilglaicīgo novērojumu parauglaukumos 0-40 cm dziļumā ir  $97,8 \pm 14,2$  tonnas  $ha^{-1}$  un  $44,2 \pm 10,52$  tonnas  $ha^{-1}$  40-80 cm dziļumā (kopā  $142,0 \pm 22,8$  tonnas  $ha^{-1}$ ). Vidējais oglekļa uzkrājums 0-40 cm dziļumā ilggadīgajos zālajos ir  $103 \pm 4,6$  tonnas  $ha^{-1}$ , attiecīgi, oglekļa uzkrājums pētījuma ietvaros ierīkotajos parauglaukumos atbilst vidējiem rādītājiem lauksaimnieciskajai izmantošanai agrāk atmežotajās teritorijās. Oglekļa uzkrājums ilggadīgajos zālajos un apmežotajās zemēs, ja ņem vērā arī 40-80 cm augsnes slāni, ir būtiski mazāks, nekā meža zemēs, tātad apmežošana veicina ne tikai CO<sub>2</sub> piesaisti zemsegā, bet arī augsnē.

Parauglaukumus jaunaudzēs ar vidējā koka augstumu 2-4 m paredzēts izvietot 3 ģeogrāfiski atšķirīgos reģionos, vairākos meža tipos un katrā no meža tipā izmantojot 3 atšķirīgas kopšanas intensitātes, kā arī saglabājot nekoptu platību. 2012. gadā Meža pētīšanas stacijas mežos kopumā atlasīti 46 nogabali. Ilglaicīgo parauglaukumu izvietošana otrās vecuma klases jaunaudzēs saskaņā ar projekta plānu paredzēta kopumā 23 objektos, katrā izmantojot 3 atšķirīgas kopšanas intensitātes un daļu platības saglabājot kā kontroli. Daļa no plānotajiem parauglaukiem izveidota Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas meža novada, šajā pārskata periodā darbi pabeigti 10 nogabalos AS "Latvijas valsts meži" apsaimniekotās platībās.

2013. gadā veiktas oglekļa analīzes 1408 biomasas paraugos, kas iegūti no 432 paraugkokiem. Analīžu skaits ir būtiski lielāks, nekā sākotnēji plānots, lai iegūtu lielāku datu kopu vienādojumu izstrādāšanai. Sākotnējos aprēķinu vienādojumos dažādu koku frakciju biomasas aprēķināšanai izstrādātajos biomasas koeficientos (*BPK*) izmantota stumbra tilpumu un frakciju biomasas sakarība, kas izteikta kā lineārs regresijas vienādojums. Iegūtajiem vienādojumiem ir ļoti maza nenoteiktība, taču tie arī parāda lielu izkliedi pārrēķinā no stumbra biomasas uz virszemes biomasu dažāda vecuma mežaudzēs, t.i. aprēķinu precizitāti būtiski ietekmēs meža vecumstruktūra. Tāpēc pētījumā ieteikts izmantot biomasas allometriskos vienādojumus, kuru pamatā ir biomasas un koku krūšaugstuma caurmēra sakarība, kas izsakāma ar pakāpes vienādojumu. Pētījumā iegūto datu analīze liecina par ciešu koku caurmēra un frakciju biomasas sakarību visām analizētajām koku sugām.

2013. gadā gandrīz pilnībā pabeigta iepriekšējās aprites celmu rakšana. Kopumā paraugi iegūti no 54 celmiem, taču vienādojumu precizēšanai būs nepieciešami vēl daži iepriekšējās aprites egles un priedes celmi. Paraugu apstrāde un analīzes pabeigtas vēl 38 celmiem. Oglekļa zudums biomasā priedei un bērzam seko logaritmiskās regresijas vienādojumiem. Saskaņā ar šiem vienādojumiem aptuveni puse koku celmos un saknēs uzkrātā oglekļa transformējas emisijās 10-15 gadu laikā. Lielākā daļa priedes pazemes biomasas transformējas augsnes elementos un CO<sub>2</sub> 60 gados, bet lielākā daļa bērza pazemes biomasas sadalās 30 gadu laikā, t.i. skujkoku celmu un sakņu sadalīšanās ir 2 reizes ilgāka.

Zemsegas sadalīšanās monitoringa izmēģinājumos konstatēts, ka vidējais masas zudums 1. gadā ir  $5,5 \pm 1,8$  %, bet 2. gadā  $5,6 \pm 2,5$  % (kopā  $11,1 \pm 3,6$  %). Saglabājoties tādām pašām mineralizācijas tempam, puse no zemsegas biomasas sadalīsies 9-10 gadu laikā. Salīdzinot oglekļa un masas zudumu 1. un 2. gadā pēc izmēģinājumu uzsākšanas, konstatēta vāji izteikta lineāra korelācija.

2013. gadā ierīkoti 89 parauglaukumi meliorācijas sistēmu atjaunošanas ietekmes uz CO<sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā novērtēšanai, tajā skaitā 54 parauglaukumi platībās, kur pirms 5-6 gadiem veikta krājas kopšana. Sākotnējie rezultāti rāda, ka meža kopšana egles un priedes audzēs devusi pozitīvu efektu, neatkarīgi no meliorācijas sistēmu stāvokļa. Vidējais ikgadējais radiālā pieauguma pēc kopšanas, salīdzinot ar 5 gadu periodu pirms kopšanas, priedei 10 %, eglei – 43 %. Būtiska atšķirība nav konstatēta, salīdzinot dažādus meža tipus uz susinātām augsnēm. Būtiska atšķirība

papildus radiālajā pieaugumā konstatēts egļu audzēs; lielākais papildus pieaugums konstatēts egļu audzēs uz atjaunotām meliorācijas sistēmām. Meliorācijas sistēmu atjaunošanas efekta novērtēšanu kavē tas, ka šie darbi veikti plānveidīgi un, vairumā gadījumu, savlaicīgi, kad meliorācijas sistēmas vēl darbojas, līdz ar to izmaiņas nav konstatējamas.

Izvērtējot līdzšinējos rezultātus un jaunās prasības SEG uzskaitē lauksaimniecības, mežsaimniecības un citāda veida zemes izmantošanā pētījumā izvirzīti jauni darba uzdevumi, kuru īstenošanai jāpiesaista papildus resursi: mērķtiecīgi izmēģinājumi meliorācijas sistēmu atjaunošanas efekta novērtēšanai, ne-CO<sub>2</sub> emisijas no susinātiem mežiem pēc meliorācijas sistēmu atjaunošanas un oglekļa uzkrājuma samazināšanās novērtēšana susinātajās organiskajās augsnēs. Paplašinot esošos darba uzdevumus, nepieciešams ievākt vairāk paraugu pazemes biomasas sadalīšanās gaitas izpētei, kā arī ievākt empīrisko materiālu allometrisko vienādojumu izstrādāšanai baltalksnim un melnalksnim.

## 10.Literatūra

- Bārdule, Arta, Endijs Bāders, Jeļena Stola, and Andis Lazdiņš. Forest soil characteristic in Latvia according results of the demonstration project BioSoil (Latvijas meža augšņu īpašību raksturojums demonstrācijas projekta BioSoil rezultātu skatījumā). *Mežzinātne / Forest Science* 20 (53), 2009a, 105–124. Available from world wide web: <[http://www.silava.lv/userfiles/file/Mezzinatne%2020%2853%292009/8\\_Bardule\\_MZ\\_20-2009.pdf](http://www.silava.lv/userfiles/file/Mezzinatne%2020%2853%292009/8_Bardule_MZ_20-2009.pdf)>.
- Bārdule, Arta, Endijs Bāders, Jeļena Stola, and Andis Lazdiņš. Latvijas meža augšņu īpašību raksturojums demonstrācijas projekta BioSoil rezultātu skatījumā. *Mežzinātne* 20, 2009b, 105–124.
- Eggleston, Simon, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, and Tanabe Kiyoto, eds. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. In *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Vol. 4 of, 678, [Japan]: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006.
- Egnell, G., and R. Hyvönen. *Environmental aspects on stump-harvest – compilation of knowledge and knowledge gaps*. 2007.
- Forster, P. et al. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 106, [Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA]: Cambridge University Press, 2007.
- Jansons, Āris. *Saimnieciski nozīmīgo koku sugu (parastā priede, parastā egle, kārpainais bērzs) un apses selekcijas darba programma A/s „Latvijas valsts meži” 30 gadiem*. [Salaspils]: LVMI Silava, 2008.
- Johnson, Dale W, and Peter S Curtis. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management* 140, January 2001, 227–238. [cited 6 August 2013]. Available from world wide web: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112700002826>>.
- Komorovska, Arta, Andis Lazdiņš, Endijs Bāders, and Klāra Martinsone. International programme “Forest Focus 2006” demonstration project BioSoil in Latvia. In *Abstracts and programme of an International Conference at Koli National Park*, 70–71, [Finland]: METLA, 2009.
- Lazdiņš, Andis et al. *Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz siltumnīcas efektu izraisīto gāzu bilanci pētījuma programmas izstrāde*. [Salaspils]: LVMI Silava, 2010.
- LEGMC. *Latvia's National Inventory Report Resubmitted Under UNFCCC and the Kyoto Protocol*. LEGMC, 2010.
- LVGMC. *Latvia's National Inventory Report Submitted under United Nations Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990 – 2009*. [Rīga]: Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs, 2011.
- LVGMC. *Latvia's National Inventory Report Submitted under United Nations Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990 – 2010*. [Rīga]: Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs, 2012 Available from world wide web: <[http://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/application/zip/lva-2012-nir-14apr.zip](http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/zip/lva-2012-nir-14apr.zip)>.
- Mangalis, Imants. *Meža kultūras*. [Rīga]: Zvaigzne, 1989.
- Ministry of the Environment of the Republic of Latvia. Latvia's Initial Report under the Kyoto Protocol Determination of Assigned Amount. 2006. Available from world wide web: <[http://unfccc.int/files/national\\_reports/initial\\_reports\\_under\\_the\\_kyoto\\_protocol/application/pdf/latvia\\_aa\\_report\\_unfccc.pdf](http://unfccc.int/files/national_reports/initial_reports_under_the_kyoto_protocol/application/pdf/latvia_aa_report_unfccc.pdf)>.

Penman, Jim, ed. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. [2108 - 11, Kamiyamaguchi, Hayama, Kanagawa, Japan]: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2003 Available from world wide web: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>>.

Saarsalmi, Anna, and Eino Mälkönen. Forest Fertilization Research in Finland: A Literature Review. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16, 2001, 514–535. [cited 6 August 2013]. Available from world wide web: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827580152699358>>.

Ullah, Sami, Rebeccah Frasier, Luc Pelletier, and Tim R. Moore. Greenhouse gas fluxes from boreal forest soils during the snow-free period in Quebec, Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 39, March 2009, 666–680. [cited 18 January 2014]. Available from world wide web: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/X08-209>>.

United Nations. Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change. 1998.

United Nations. Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its first session, held at Montreal from 28 November to 10 December 2005, Addendum: Part Two: Action taken by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol at its first session. 2006.



## 11. Pētījumu programmas kopsavilkums

31. Tabula: Aktualizētie darba uzdevumi

Parauglaukumu sērija	Parauglaukumu raksturojums	Parauglaukumu skaits	Novērojumu raksturojums	Laboratorijas analīzes	Apakšprojekti	Piezīmes
Dzīvās virszemes biomasas allometrisko vienādojumu izstrādāšanas parauglaukumi	Empīriska materiālu katrai koku sugai ( <i>P, E, B, A</i> ) <sup>33</sup> parauglaukumus ierīkos 3 atkārtojumos 3 reģionos ( <i>I – Ziemeļkurzeme, Dienvidkurzeme, Zemgale; 2 – Vidusdaugava, Rietumvidzeme, Austrumvidzeme; 3 – Ziemeļlatgale, Dienvidlatgale</i> ) un četrās audžu vecuma grupās ( <i>0-I vecumklase, II-III vecumklases, IV-V vecumklases, VI &lt; vecumklases</i> ), kopā visām sugām 144 parauglaukumi, pa 36 katrai sugai	144	Mežaudžu uzmērīšana atbilstoši MSI metodikai, 3 paraugkoki parauglaukumā, paraugkokiem papildus mēra caurmēru celma augstumā ( <i>kopā 432 paraugkoki, pa 108 katrai sugai</i> ). Pēc nozāģēšanas kokus sadala frakcijās – dzīvie zari, nedzīvie zari, stumbrs, un nosver. No katra koka ņem 2 stumbra ripas, 1 vidēju sausu zaru un 1 vidēju zaļu zaru, no kuriem laboratorijā ņems no katra pa 2 nogriežņiem mitruma, blīvuma un oglekļa satura noteikšanai. Kopā uz laboratoriju nogādās 864 ripas, 432 sausos zarus un 432 zaļos zarus	432 zaļu zaru un 432 sausu zaru ripām nosaka mitrumu, blīvumu un oglekļa saturu Stumbra ripu paraugus sadala stumbra ar mizu un bez mizas un mizu frakcijās, stumbram ar uz bez mizas nosaka blīvumu ( <i>1728 paraugi</i> ), visām frakcijām nosaka mitrumu ( <i>2592 paraugi</i> ). Daļu virszemes biomasas paraugu pēc sasmalcināšanas apvieno pēc vecumklašu grupām, iegūstot 1080 paraugus. No dzīvajiem zariem ievāc skuju paraugus, kurus, tāpat, apvieno pēc vecumklasēm un koku sugām, iegūstot 54 skuju paraugus. Kopējais dzīvās virszemes biomasas paraugu skaits oglekļa noteikšanai aktivitātē ir	Kokaugu virszemes un pazemes dzīvās biomasas aprēķinu vienādojumu izstrādāšana Paraugu sagatavošana un laboratorijas analīzes	2014. gads

Parauglaukumu sērija	Parauglaukumu raksturojums	Parauglaukumu skaits	Novērojumu raksturojums	Laboratorijas analīzes	Apakšprojekti	Piezīmes
				702.		
Dzīvās pazemes biomasas allometrisko vienādojumu izstrādāšanas parauglaukumi	Empīriska materiālu katrai koku sugai ( <i>P, E, B, A</i> ) ievāks 1 atkārtojumā 2 reģionos ( <i>I – Ziemeļkurzeme, Dienvidkurzeme, Zemgale; 2 – Ziemeļlatgale, Dienvidlatgale</i> ) un 3 audžu vecuma grupās ( <i>0-I vecumklase, II-III vecumklases un I VI vecumklases objektā</i> ), kopā visām sugām 28 parauglaukumos, pa 7 katrai sugai. <u>Darbā izmanto tos pašus kokus, kas izmantoti virszemes biomasas noteikšanai</u>	28	Celmu un sakņu rakšanu veic pavasarī un vasarā pēc paraugkoku zāģēšanas. Katrā izraudzītajā parauglaukumā I un II-III vecumklasē izraks 2 paraugkoku celmu grupu, kopā 48 paraugkoki ( <i>12 koki katrai sugai</i> ). Lielāku koku raksturošanai katrai koku sugai vienā VI vecumklases parauglaukumā izraks 2 koku grupas celmus ( <i>kopā 8 celmi</i> ). Kopā izraks 56 celmus ( <i>14 celmi katrai sugai</i> ). Lai atvieglotu datu ievākšanu, katrai koku sugai pilnībā ( <i>visas saknes līdz 2mm caurmēram</i> ) izraks 5 celmus ( <i>pa 2 celmiem I un II-III vecumklasē un 1 celmu VI vecumklasē</i> ). Pārējiem celmiem izraks tikai tās saknes, kuru diametrs ir lielāks kā 20 mm. Celmus ar sakņu sistēmu nogādās laboratorijā, kur pēc skalošanas noteiks to	56 celmiem nosaka tilpumu, ņem 2 paraugus no vidējas saknes mitruma, blīvuma un oglekļa satura noteikšanai ( <i>kopā 112 paraugi</i> ). 840 sīksakņu paraugus izskalo un apvieno 140 vidējos paraugos, kuriem nosaka biomasu un oglekļa saturu. Kopā blīvumu nosaka 112 paraugiem, bet mitrumu un oglekļa saturu 252 paraugiem	Kokaugu virszemes un pazemes dzīvās biomasas aprēķinu vienādojumu izstrādāšana Paraugu sagatavošana un laboratorijas analīzes	2014. gads

Parauglaukumu sērija	Parauglaukumu raksturojums	Parauglaukumu skaits	Novērojumu raksturojums	Laboratorijas analīzes	Apakšprojekti	Piezīmes
			biomasu un tilpumu atsevišķi celma daļai un saknēm			
Meža ceļu būvniecības ietekme uz nedzīvās zemsegas sadalīšanos	Pirms 1-5 gadiem izbūvēti meža ceļi 10 pētījumu objektos 3 P, 3 E, 3 B un 1 A raksturīgākajos meža tipos. Katrā objektā ierīko 1 parauglaukumu mežaudzē dienviņu vai rietumu pusē no ceļa, atkarībā no ceļa virziena.	10	Parauglaukumos noteiks mežaudzes dendrometriskos rādītājus, kā arī ievāks augsnes un nedzīvās zemsegas paraugus. Zemsegas sadalīšanās gaitas monitoringam ievāks 150 paraugus (15 katrā objektā), kurus izmantos sadalīšanās gaitas un oglekļa uzkrājuma izmaiņu novērtēšanai. Augsnes īpašību raksturošanai ievāks 160 augsnes un 40 nedzīvās zemsegas paraugus	Masu, mitrumu un oglekļa saturu noteiks 150 monitoringa paraugiem. Blīvumu noteiks 160 augsnes un 40 nedzīvās zemsegas paraugiem, oglekļa saturu – 40 augsnes un 10 nedzīvās zemsegas paraugiem	Ceļu būves ietekme uz SEG emisijām no augsnes un nedzīvās koksnes. Paraugu sagatavošana un laboratorijas analīzes	2014. gads
Pazemes nedzīvās koksnes sadalīšanās gaitas raksturojums galvenajā cirtē	<u>Dzīvās biomasas allometrisko vienādojumu izstrādāšanai ierīkotie objekti, kuros ievāks nedzīvās koksnes paraugus I un II-III vecumklases mežaudzes (tās pašas audzes, kur raks dzīvo koku celmus)</u>	24	Katrā pētījumu objektā izvēlēsies 2 celmus, kas pārstāv lielāko un mazāko dimensiju kokus. Kopā izraks 48 celmus. Celmu vedīs uz laboratoriju, kur noteiks tilpumu un biomasu. Oglekļa satura un mitruma noteikšanai no vidējās	Blīvumu un oglekļa saturu noteiks 96 nedzīvās koksnes paraugiem	Nedzīvās koksnes apjoma un tās sadalīšanās gaitas analīze. Koksnes produktu radītās CO <sub>2</sub> piesaistes un emisiju	2013. gads

Parauglaukumu sērija	Parauglaukumu raksturojums	Parauglaukumu skaits	Novērojumu raksturojums	Laboratorijas analīzes	Apakšprojekti	Piezīmes
			saknes izzāgēs 2 paraugus, kopā sagatavojot 120 koksnes paraugus		analīze Meža kopšanas ietekme uz CO <sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā Paraugu sagatavošana un laboratorijas analīzes	
Mežizstrādes atlieku sadalīšanās gaitas raksturojums	Jauni parauglaukumi oligotrofos un mezotrofos augšanas apstākļos, kuros nav veiktas krājas kopšanas un ir identificējami treilēšanas ceļi. Maksimālais pētījumu objektu skaits ir 24. Katrā pētījumu objektā ierīkos 1 taisnstūrveida parauglaukumu 500 m <sup>2</sup> platībā, kas aptver 1 treilēšanas ceļu un teritoriju starp 2 tam tuvākajiem treilēšanas ceļiem.	24	Taisnstūrveida parauglaukumā 9 punktos ievāks augsnes un nedzīvās zemsegas paraugus. Nedzīvās zemsegas paraugus 25 x 25 cm lielos laukumos, augsnes paraugus ievāks ar zondi 0-80 cm dziļumā. Nedzīvās zemsegas paraugos neiekļaus lielās kritalas, kas nonākušas uz zemes pēc mežizstrādes, bet ievāks visas kritalas, kas nonākušas ceļos mežizstrādes laikā. Kopā aktivitātes ietvaros ievāks 864 augsnes un	Blīvumu noteiks 864 augsnes un 216 nedzīvās zemsegas paraugiem. Oglekļa analīzes veiks 192 augsnes un 48 nedzīvās zemsegas paraugiem	Nedzīvās koksnes apjoma un tās sadalīšanās gaitas analīze Meža kopšanas ietekme uz CO <sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā Paraugu sagatavošana un laboratorijas analīzes	2013. gads

Parauglaukumu sērija	Parauglaukumu raksturojums	Parauglaukumu skaits	Novērojumu raksturojums	Laboratorijas analīzes	Apakšprojekti	Piezīmes
			216 nedzīvās zemsegas tilpuma paraugus.			
Parauglaukumi krājas kopšanas ietekmes uz pieaugumu novērtēšanai	Īslaicīgo novērojumu parauglaukumi, tajā skaitā MSI parauglaukumos, priedes, egles un bērza audzēs, attiecīgi, Mr, Dm, As; Dm, Vr, As un Vr, As. Audžu vecums kopšanas laikā 40-60 gadi, tajās jābūt pieejamiem datiem par pēdējo kopšanu ( <i>kas notikusi pirms 15-20 gadiem</i> ). 72 parauglaukumi koptās un 72 nekoptās audzēs ( <i>t. sk. MSI objektos, kas atbilst izvirzītajiem kritērijiem</i> )	144	Mežaudžu dendrometriskie rādītāji, radiālā pieauguma urbumi ( <i>2880 gab.</i> ).	Radiālā pieauguma urbumu skaidu sagatavošana, skenēšana un datu apstrāde	Meža kopšanas ietekme uz CO <sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā	Izpildes termiņš 2014. gads
Meža ieaudzēšanas ietekmes uz CO <sub>2</sub> piesaisti ilgtermiņa efekta novērtēšanas parauglaukumi	AS "Latvijas valsts meži" apmežotajās platībās 3 Latvijas reģionos 3 atkārtojumos B un E apmežojumos ierīkoti parauglaukumi, kuros ierīkos vienu 500 m <sup>2</sup> lielu vai proporcionāli lielāku skaitu mazāku parauglaukumu	18	Mežaudžu dendrometriskie rādītāji ( <i>koku augstums, suga</i> ). Augsnes paraugus ievāks katrā parauglaukumā. Kopā pētījuma augsnes īpašību noskaidrošanai jaunaudzēs ievāks 288 augsnes paraugus un 72 nedzīvās zemsegas paraugus	Blīvumu noteiks 288 augsnes paraugiem un 72 nedzīvās zemsegas paraugiem. Oglekļa saturu noteiks 72 augsnes paraugiem un 18 nedzīvās zemsegas paraugiem	Meža atjaunošanas un ieaudzēšanas ietekme uz CO <sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā un augsnē Paraugu sagatavošana un laboratorijas analīzes	Izpildes termiņš 2014. gads

Parauglaukumu sērija	Parauglaukumu raksturojums	Parauglaukumu skaits	Novērojumu raksturojums	Laboratorijas analīzes	Apakšprojekti	Piezīmes
Parauglaukumi jaunaudžu kopšanas efekta novērtēšanai	Īslaicīgo novērojumu parauglaukumi, tajā skaitā MSI parauglaukumos, priedes, egles un bērza audzēs, attiecīgi, Mr, Dm, As; Dm, Vr, As un Vr, As. Audžu vecums kopšanas laikā 10-20 gadi, tajās jābūt pieejamiem datiem par pēdējo kopšanu ( <i>kas notikusi pirms 5-20 gadiem</i> ). 216 parauglaukumi koptās un 72 – kontroles audzēs Koptās audzes ierīkos 3 atkārtojumos tā, lai 1 atkārtojums atbilstu pēdējos 5-7 gados intensīvi koptām audzēm	288	Mežaudžu dendrometriskie rādītāji, radiālā pieauguma urbumi ( <i>5760 gab.</i> ).	Radiālā pieauguma urbumu skaidu sagatavošana, skenēšana un datu apstrāde	Meža kopšanas ietekme uz CO <sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā	Izpildes termiņš 2014. gads
Ilgtermiņa novērojumu objekti jaunaudžu kopšanas efekta novērtēšanai	Kopšanas izmēģinājumus ierīkos priedei Mr, Dm, As, Ks; eglei Dm, Vr, As, Ks; bērzam Vr, As, Ks, Dms, apsei Vr. 43 objektus izraudziesies ar 2-4 m augstiem kokiem, 23 objektus – ar 10-12 augstiem kokiem. Katrā objektā izdalīs 16 parces. Kopējais parauglaukumu skaits novērtēts, pieņemot, ka uz katru parceli pienākas 1	704	Mežaudžu uzmērīšana, parceli marķēšana, kopšana līdz maksimālajai biezībai ( <i>ar LVM spēkiem</i> ), tad līdz pētījumā noteiktajai biezībai projekta ietvaros. Mežaudžu dendrometrisko rādītāju ( <i>augstuma, sugas</i> ) noteikšana pēc kopšanas. Augsnes paraugus ievāks 1 centrālajā kontroles parcelē katrā objektā Kopā pētījuma augšnes	Blīvumu noteiks 704 augsnes un 176 nedzīvās zemsegas paraugiem. Oglekļa saturu noteiks 174 augsnes un 44 nedzīvās zemsegas paraugiem	Meža kopšanas ietekme uz CO <sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā Paraugu sagatavošana un laboratorijas analīzes	Izpildes termiņš 2014. gads

Parauglaukumu sērija	Parauglaukumu raksturojums	Parauglaukumu skaits	Novērojumu raksturojums	Laboratorijas analīzes	Apakšprojekti	Piezīmes
	parauglaukums 500 m <sup>2</sup> lielu platību vai proporcionāli lielāks mazāku parauglaukumu skaits		īpašību noskaidrošanai jaunaudzēs ievāks 704 augsnes un 176 nedzīvās zemsegas paraugus.			
Vēja izgāzto koku sadalīšanās pakāpes novērtēšanas parauglaukumi	Līdz 1990. gadam notikušās vējgāzēs, kur nav izvesti koki, ierīkos 10 parauglaukumus	10	Mežaudžu dendrometriskie rādītāji. Nedzīvās koksnes paraugi no gulošiem un ar zemi nesaskarošiem kokiem, kopā 120 nedzīvās koksnes paraugi	Koksnes blīvums un oglekļa saturs (120 <i>paraugiem</i> )	Meža bojājumu ( <i>vēja</i> ) ietekme uz mežaudžu attīstības gaitu un SEG emisijām	Darba izpildes termiņš 2014. gads
Meža meliorācijas sistēmu efekta novērtēšanas parauglaukumi	Atlasīti MSI parauglaukumi I un II vecumklases audzēs un pieaugušās skujkoku audzēs, kas atrodas atjaunotu un neatjaunotu meliorācijas sistēmu darbības zonā vienādā attālumā no grāvjiem, nepieciešamības gadījumā ierīkojot papildus parauglaukumus uzmērījumu veikšanai. Trīs parauglaukumu sērijas uz organiskajām un minerālaugsnēm šaurlapju un platlapju āreņos un kūdreņos teritorijās, kur meliorācijas sistēmas nav atjaunotas vismaz 20 gadus, kur meliorācijas sistēmu darbība	72	Mežaudžu dendrometriskie rādītāji, kokaugu radiālā pieauguma urbumi līdz koka centram.	Radiālā pieauguma urbumu skaidu sagatavošana, skenēšana un datu apstrāde.	Meža meliorācijas sistēmu uzturēšanas un ierīkošanas ietekme uz CO <sub>2</sub> piesaisti dzīvajā biomasā	Izpildes termiņš 2012.-2014. gads

Parauglaukumu sērija	Parauglaukumu raksturojums	Parauglaukumu skaits	Novērojumu raksturojums	Laboratorijas analīzes	Apakšprojekti	Piezīmes
	ir traucēta, un kur vismaz pirms 5 gadiem veikta meliorācijas sistēmu atjaunošana, un līdzīgos apstākļos slapjajā vērī un damaksnī un dumbrājā un lieknā (36 parauglaukumi uz minerālaugsnēm un 36 – uz kūdras augsnēm).					
Parauglaukumi oglekļa dinamikas meža augsnē novērtēšanai	Pirmā līmeņa meža monitoringa parauglaukumi 16 x 16 km tīklā	95	Parauglaukumos ar zondēšanas metodi ievāc augsnes paraugus 0-80 cm dziļumā (0-10; 10-20; 20-40 un 40-80 cm augsnes slānī) 12 atkārtojumos, ņemot 100 cm <sup>3</sup> paraugus no augsnes slāņa vidusdaļas, un 12 nedzīvās zemsegas paraugus 25 x 25 cm laukumos. Kopā ievāks 1520 augsnes paraugus un 380 nedzīvās zemsegas paraugus	Laboratorijā veiks visu paraugu blīvuma noteikšanu (kopā 1900 analīzes) un vidējos paraugos (apvienojot visus paraugus pa augsnes slāņiem) noteiks augsnes skeleta īpatsvaru, organiskā un karbonātu oglekļa īpatsvaru. O un H horizontam augsnes skeleta īpatsvaru nenoteiks. Kopā analīzes veiks 380 augsnes un 95 nedzīvās zemsegas paraugiem (kopā 475 paraugi)	Oglekļa uzkrājuma dinamika meža augsnēs Paraugu sagatavošana un laboratorijas analīzes	Izpildes termiņš 2012. gads



## 12. Apmežotajās lauksaimniecības zemēs ierīkoti izmēģinājumu objekti

32. Tabula: Apmežotās lauksaimniecības zemēs ierīkoti parauglaukumi

Nr	Valdošā suga	Kv.apg. kvartāls	- Nogabala numurs	Platība	Koordināte X	Koordināte Y
	Bērzs	208-149	9	5	Z 56 43.182	A 022 37.562
	Bērzs	208-8	19	5	Z 56 47.905	A 022 39.801
	Priede	206-206	51	2	Z 56 52.417	A 022 07.665
	Egle	208-144	21	5	Z 56 43.051	A 022 37.954
	Egle	208-8	17	5	Z 56 47.875	A 022 39.452
	Egle	208-17	6	5	Z 56 47.766	A 022 39.897
	Priede	206-493	51	4	Z 56 54.227	A 022 06.521
	Priede	209-164	10	19	Z 56 27.546	A 021 12.536
	Priede	209-165	17	4	Z 56 27.493	A 021 12.689
	Bērzs	506-92	34	5		
	Bērzs	508-220	22	4		
	Bērzs	508-455	2	5	Z 56 38.091	A 024 04.707
	Bērzs	503-529	2	5	Z 56 35.705	A 025 34.044
	Bērzs	503-379	4	5		
	Bērzs	503-431	2	5	Z 56 41.750	A 025 40.854
	Priede	507-324	40	4	Z 56 32.338	A 025 13.937
	Egle	802-194	22	5		
	Egle	803-237	35	5		
	Egle	809-253	12	5	Z 56 14.239	A 027 18.780
	Priede	808-201	27	4		
	Priede	809-213	8	4	Z 56 16.934	A 027 18.586
	Egle	607-113	51	5	Z 56 22.010	A 023 03.776
	Priede	607-152	4	4	Z 56 22.379	A 023 16.435
	Egle	605-169	51	5	Z 56 41.369	A 022 51.247
	Egle	605-201	51	5	Z 56 41.312	A 022 55.274
	Priede	608-227	27	19	Z 56 39.585	A 023 34.812
	Priede	611-40	20	19	Z 56 36.297	A 023 44.812

33. Tabula: Augsnes analīžu rezultātu kopsavilkums apmežotajās zemēs

Objekts	Parauga dziļums, cm	Augsnes blīvums, kg m <sup>-3</sup>	Frakcija > 2 mm	Ckarb., g kg <sup>-1</sup>	Corg., g kg <sup>-1</sup>	Ckop., g kg <sup>-1</sup>	pH (H <sub>2</sub> O)	Corg. tonnas ha <sup>-1</sup>
206-206-51	0-40	1498,62	0,17%	0	10,94	10,94	6,13	65,49
206-493-51	0-40	1626,24	0,13%	7,63	9,6	17,24	7,23	62,4
208-144-21	0-40	1460,91	1,95%	0	16,34	16,34	5,77	93,59
208-149-9	0-40	1111,19	0,06%	0	32,16	32,16	5,25	142,84
208-17-6	0-40	1525,24	0,07%	0	11,67	11,67	5,29	71,12
208-8-17	0-40	1407,25	0,73%	0	14,81	14,81	5,07	82,77
208-8-19	0-40	1476,17	0,63%	0	14,74	14,74	5,1	86,49
209-164-10	0-40	1568,92	9,15%	0	14,94	14,94	6,14	85,16
209-165-17	0-40	1457,42	5,94%	0	14,46	14,46	5,65	79,26
503-379-14	0-40	1418,58	1,95%	0	18,86	18,86	5,72	104,91
503-431-2	0-40	1272,48	3,25%	0	39,46	39,46	5,88	194,29
503-529-2	0-40	1355,18	0,39%	0	31,07	31,07	6,64	167,78
506-92-34	0-40	1554,56	2,26%	0	15,42	15,42	5,95	93,73
507-324-40	0-40	1481,08	13,96%	0	25,71	25,71	7,38	131,07
508-220-22	0-40	1533,08	0,09%	0	11,86	11,86	5,12	72,68
508-455-2	0-40	1420,41	0,10%	0	16,97	16,97	5,8	96,34
605-169-51	0-40	1489,64	2,16%	4,36	21,61	25,97	7,13	125,98
605-201-51	0-40	1624,9	0,80%	0	15,19	15,19	6,34	97,93
607-113-51	0-40	1566,4	2,27%	1,03	14,66	15,69	7,06	89,74
607-152-4	0-40	1482,22	2,51%	0	13,86	13,86	6,53	80,1
608-227-27	0-40	1586,33	0,73%	1,84	10,99	12,83	7,02	69,24
611-40-20	0-40	1427,56	2,89%	4,37	33,34	37,71	7	184,88

Objekts	Parauga dziļums, cm	Augsnes blīvums, kg m <sup>-3</sup>	Frakcija > 2 mm	Ckarb., g kg <sup>-1</sup>	Corg., g kg <sup>-1</sup>	Ckop., g kg <sup>-1</sup>	pH (H <sub>2</sub> O)	Corg. tonnas ha <sup>-1</sup>
802-194-22	0-40	1645,3	1,10%	0	11	11	6,16	71,59
803-237-35	0-40	1373,93	0,02%	0	18,91	18,91	5,92	103,91
808-201-27	0-40	1582,77	0,77%	0	10,26	10,26	5,87	64,42
809-213-8	0-40	1635,77	1,62%	0	8,5	8,5	6,07	54,68
809-253-12	0-40	1551,83	0,03%	0	11,13	11,13	4,92	69,03
206-206-51	40-80	1674,05	0,00%	5,34	3,71	9,05	7,42	24,86
206-493-51	40-80	1706,84	0,00%	8,24	4,61	12,86	7,11	31,5
208-144-21	40-80	1749,38	0,14%	6,18	3,45	9,63	6,93	24,13
208-149-9	40-80	1572	0,00%	4,71	10	14,71	6,47	62,88
208-17-6	40-80	1690,9	0,06%	0	4,08	4,08	6,2	27,61
208-8-17	40-80	1745,68	1,16%	0	3,57	3,57	5,41	24,63
208-8-19	40-80	1750,68	1,24%	13,1	4,11	17,21	8,14	28,45
209-164-10	40-80	1661	7,24%	0	3,55	3,55	6,13	21,89
209-165-17	40-80	1575,83	9,25%	0	6,74	6,74	5,84	38,54
503-379-14	40-80	1758,53	1,18%	1,13	16,26	17,39	7,45	113,04
503-431-2	40-80	1679,48	5,59%	0	13,97	13,97	5,88	88,62
503-529-2	40-80	1545,28	0,00%	6,97	6,64	13,61	7,66	41,04
506-92-34	40-80	1675,4	3,58%	0	4,02	4,02	7,13	25,96
507-324-40	40-80	1409,7	17,37%	35,17	19,98	55,15	7,24	93,11
508-220-22	40-80	1563,9	0,07%	0	2,4	2,4	5,61	15,03
508-455-2	40-80	1530,45	0,00%	0	5,45	5,45	5,99	33,39
605-169-51	40-80	1550,48	0,00%	14,06	7,6	21,66	7,66	47,15

Objekts	Parauga dziļums, cm	Augsnes blīvums, kg m <sup>-3</sup>	Frakcija > 2 mm	Ckarb., g kg <sup>-1</sup>	Corg., g kg <sup>-1</sup>	Ckop., g kg <sup>-1</sup>	pH (H <sub>2</sub> O)	Corg. tonnas ha <sup>-1</sup>
605-201-51	40-80	1764,83	0,00%	27,52	7,5	35,02	8,1	52,96
607-113-51	40-80	1771,33	1,29%	9,65	9,07	18,72	8	63,45
607-152-4	40-80	1727,73	1,59%	0	5,27	5,27	7,14	35,83
608-227-27	40-80	1558	0,11%	0,44	7,54	7,98	7,72	46,94
611-40-20	40-80	1539,45	0,00%	3,48	18,14	21,63	7,74	111,73
802-194-22	40-80	1583,2	0,15%	0	3,14	3,14	6,2	19,86
803-237-35	40-80	1693,51	0,00%	10,41	5,85	16,26	8,06	39,63
808-201-27	40-80	1564,45	0,65%	0	3,24	3,24	5,91	20,14
809-213-8	40-80	1572	1,14%	0	5,35	5,35	6,06	33,28
809-253-12	40-80	1665,85	0,01%	0	4,16	4,16	4,88	27,75

### 13.Jaunaudžu kopšanas ietekmes uz CO<sub>2</sub> piesaisti izmēģinājumu objekti

34. Tabula: Īslaicīgie parauglaukumi jaunaudzēs

KvApg	Kv	Nog	Plat	Aktivitāte pārskata periodā
102	222	37	1,5	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
102	443	20	1,5	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
102	458	33	2	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
102	485	22	1,2	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
102	485	52	2,3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
102	495	4	1,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
103	188	4	2,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
103	202	11	2,6	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
103	211	9	2,7	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
104	391	15	3,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
105	5	1	1,4	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
105	206	24	1,3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
105	232	40	2,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
105	251	20	3,3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
105	253	25	1,4	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
105	257	2	3,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
111	42	5	4,4	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
111	312	9	3,7	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
111	379	7	1,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
111	427	3	3,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
111	585	2	2,2	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
304	58	16	1,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
304	215	20	2,2	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
304	262	21	1,5	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
305	3	13	2,4	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
305	4	6	1,3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
305	106	1	7,2	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
305	106	9	3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
305	106	17	1,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
305	123	3	1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
305	123	17	1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
305	173	1	3,5	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
305	213	1	2,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi

KvApg	Kv	Nog	Plat	Aktivitāte pārskata periodā
307	2	22	3,5	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
307	76	12	4,5	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
307	265	25	2,2	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
309	318	5	1,6	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
309	318	6	3,8	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
309	349	6	1,3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
309	391	4	1,3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
309	392	1	1,8	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
310	156	20	5,5	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
408	341	15	13	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
408	447	5	6,3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
408	448	3	4,6	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
409	513	2	1,6	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
601	135	8	1,9	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
601	258	12	1,8	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
601	276	7	4	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
601	392	11	1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
601	427	9	2	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
602	376	20	3,2	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
602	393	7	2,5	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
603	171	15	1,4	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
603	176	1	1,9	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
603	186	1	1,4	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
608	39	13	1,3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
608	263	9	2,9	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
610	108	15	2,7	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
610	110	10	1,2	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
610	238	13	1,3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
610	259	3	1,2	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
611	47	16	1,8	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
611	68	18	1,3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
709	103	7	3,9	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
710	73	18	1,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
710	84	18	2,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
710	97	20	12,8	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi
710	142	21	1,8	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbumi

KvApg	Kv	Nog	Plat	Aktivitāte pārskata periodā
710	164	14	3,7	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbūmi
710	177	22	2,5	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbūmi
710	197	13	2,1	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbūmi
710	249	1	1,4	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbūmi
712	142	1	20,6	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbūmi
712	197	12	3,9	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbūmi
712	232	1	1,5	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbūmi
712	342	14	1,5	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbūmi
712	403	8	1,3	ierīkoti īslaicīgie parauglaukumi, ievākti pieaugumu urbūmi

35. Tabula: Kopšanas izmēģinājumu objekti jaunaudzēs ar vidējā koka augstumu 2-4 m

MPS MN	Kv	Nog	Aktivitāte pārskata periodā
Šķēde	7	25	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	8	13	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	8	31	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	10	18	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Šķēde	21	7	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	25	7	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	33	3	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	12	9	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	12	2	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	22	28	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	10	11	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Šķēde	28	14	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	16	5	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	10	26	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	7	21	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Šķēde	7	12	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Šķēde	9	14	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	8	2	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	10	29	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Šķēde	27	4,8,9	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Šķēde	26	17	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Šķēde	26	41	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Auce	39	7	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Auce	51	6	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Auce	46	11	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Auce	46	13	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Auce	56	13	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana

MPS MN	Kv	Nog	Aktivitāte pārskata periodā
Auce	59	1	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Auce	64	3	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Auce	103	15	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Auce	97	2	Sagatavot shēma, vizūras, uzsākta kopšana
Auce	90	4	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Auce	77	11	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Auce	95	7	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Auce	99	7	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Auce	81	14	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Kalsnava	74	4	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Kalsnava	22	7	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Kalsnava	74	5	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Kalsnava	193	3	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Kalsnava	227	16	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Kalsnava	191	11	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Kalsnava	130	4	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Kalsnava	175	10	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Kalsnava	194	2	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana
Kalsnava	137	2	Sagatavot shēma, vizūras, veikta kopšana

36. Tabula: Papildus kopšanas izmēģinājumu objekti jaunaudzēs ar vidējā koka augstumu 2-4 m

MPS MN	Kvartāls	Nogabals	Platība ha	Aktivitāte pārskata periodā
Jelgava	6	8	2,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	6	14	2,4	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	31	13	0,4	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	31	15	0,5	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	34	10	0,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	34	12	0,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	34	14	0,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	54	4	2,0	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	54	10.-1.	0,8	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	54	11	1,8	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze



MPS MN	Kvartāls	Nogabals	Platība ha	Aktivitāte pārskata periodā
Jelgava	56	1	1,5	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	56	3	0,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	48	4	1,9	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Jelgava	48	7	1,2	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	7	5	0,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	10	19;21;22	2,2	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	16	19;20;28; 29	2,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	32	4	2,8	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	41	19;20	2,7	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	43	5;6	1,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	49	4	0,8	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	67	6;10	2,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	67	7;8;11	2,1	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	77	4;8	6,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	77	5;6	2,5	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	81	9;13	4,9	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	96	8	2,8	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	96	13	2,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	97	23	0,7	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	99	6	0,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Auce	114	8	1	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	9	15	2,4	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze

MPS MN	Kvartāls	Nogabals	Platība ha	Aktivitāte pārskata periodā
Šķēde	9	20	2,1	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	31	12;13	0,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	34	8	1,0	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	35	8	1,1	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	35	16	1,8	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	44	2	1,2	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	44	18	1,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	44	24	1,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	45	15	0,7	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	52	7	0,8	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	68	16	1,2	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	69	13	6,9	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	71	22	2,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	72	14	1,8	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Šķēde	72	25	2,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Kalsnava	21	5	0,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Kalsnava	76	5	2,5	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Kalsnava	111	4	2,0	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Kalsnava	167	6;9;10	2,1	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Kalsnava	186	7	1,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Kalsnava	188	15	3,0	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Kalsnava	188	16	2,2	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze

MPS MN	Kvartāls	Nogabals	Platība ha	Aktivitāte pārskata periodā
Kalsnava	202	6	1,8	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Kalsnava	235	7	3,7	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Kalsnava	237	4;15;16	3,5	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Kalsnava	279	18	1,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Kalsnava	281	6	1	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	5	2	3,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	13	10.,14.,24.	3,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	15	8	3,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	15	4	1,2	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	18	6	1,7	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	19	7.-1	0,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	21	15	3,7	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	22	12	1,6	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	29	39	1,1	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	41	6	1,9	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	54	6	1,0	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	67	35	1,1	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	71	18	0,4	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	73	1	2,3	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	74	13	3,0	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	80	24	1,7	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	80	26	0,9	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze

MPS MN	Kvartāls	Nogabals	Platība ha	Aktivitāte pārskata periodā
Mežole	84	18	0,8	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	144	31	1,0	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	171	23	1,4	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	191	15	3,0	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	194	15	1,1	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze
Mežole	195	4.,5.	2,8	Ielikti parauglaukumi (r=2,82) audzes raksturošanai, izvēlēta audze

37. Tabula: Ilglaicīgo parauglaukumu izvietošana otrās vecuma klases jaunaudzēs

KvApg	Kv	Nog	Aktivitāte pārskata periodā
103	67	5	pabeigta kopšana, veikta inventarizācija, visi dati un shēma
103	67	9	pabeigta kopšana, veikta inventarizācija, visi dati un shēma
103	68	12	pabeigta kopšana, veikta inventarizācija, visi dati un shēma
101	104	1	pabeigta kopšana, veikta inventarizācija, visi dati un shēma
710	161	2	pabeigta kopšana, veikta inventarizācija, visi dati un shēma
705	254	11	pabeigta kopšana, veikta inventarizācija, visi dati un shēma
705	254	12	pabeigta kopšana, veikta inventarizācija, visi dati un shēma
705	273	19	pabeigta kopšana, veikta inventarizācija, visi dati un shēma
705	273	20	pabeigta kopšana, veikta inventarizācija, visi dati un shēma
705	209	6	pabeigta kopšana, veikta inventarizācija, visi dati un shēma

## 14. Nedzīvās zemsegas sadalīšanās gaitas novērošanai atlasītās mežaudzes

38. Tabula: Nedzīvās zemsegas sadalīšanās gaitas novērošanai atlasītās mežaudzes

Atslēga	Kadastra numurs	Nogabala numurs	Platība	Saimniecība	SUG kods	AAT saīsinājums	NRI vecuma desmitgade	NRI formula
85-01-07-403-48-11	96760010018	11	1,6	Mazsalacas I R-Vidzemes MS	bērzs	Ks	6	9B1E 54
80-01-07-408-73-7	80330021714	7	1	Grīvas I R-Vidzemes MS	bērzs	As	5	7B3P 48
65-06-07-412-119-8	42480100036	8	2	Piebalgas I R-Vidzemes MS	egle	Dm	5	10E 47
85-04-07-404-133-33	96720020126	33	0,7	Rūjienas I R-Vidzemes MS	priede	As	6	7P3E 58
65-01-07-411-166-10	42940030077	10	1,3	Bērzkroga I R-Vidzemes MS	priede	Ln	6	6P58 4E73
80-07-07-410-205-12	80740020119	12	1,5	Vēru I R-Vidzemes MS	melnalksnis	Db	8	6M2A2B 73
65-04-07-411-220-3	42900100044	3	1,3	Bērzkroga I R-Vidzemes MS	egle	Vr	5	10E 43
80-06-07-409-511-8	80840090451	8	1,3	Ropažu I R-Vidzemes MS	priede	Dm	6	6P4E 59
80-06-07-409-511-14	80840090451	14	1	Ropažu I R-Vidzemes MS	egle	As	6	6E3P1B 53
80-06-07-409-534-6	80840090339	6	2,3	Ropažu I R-Vidzemes MS	bērzs	As	6	6B53 2E63 1M53 1P53

## 15. Paraugkoku zāģēšanai izraudzītie nogabali

39. Tabula: Biomasas vienādojumu izstrādāšanai izraudzītie objekti

KV apg.	Kv.	Nog.	Meža tips	Sastāvs	Kadastra Nr.	Vecuma grupa	Paugkoku statuss <sup>34</sup>			
							dzīvā biomasa		vecais celms	zemsega
							virszemes	pazemes		
<b>Priede</b>										
Vidusdaugavas mežsaimniecība										
506	168	43	Mr	10P6	32500010004	1				
506	39	28	As	9P1B16	32800050001	1				
506	43	1	Sl	10P16	32800050003	1			X	X
506	146	38	As	10P39 ats B39	32800080035	2			X	X
506	24	29	Mr	10P26	32900050079	2			X	X
506	159	18	Dm	8P2E60 +B55	32620020015	2				
506	191	25	Mr	10P64	32500010004	3				
506	101	14	As	9P1E84 10E74	32900060018	3				
506	24	25	Dm	9P74 1E94 +E69	32900050079	3				
506	32	1	Mr	10P102 +E87 2.ST	32800050003	4				
506	102	3	As	9P1B124 +E119 B69 ats P159 10E94	32900060018	4				
506	91	16	Dm	9P1E119+B114 10E101	32800060039	4	XXX			

<sup>34</sup>

Ar "X" apzīmēts paraugkoku vai celmu skaits, kas iegūts parauglaukumā. "Plānā" nozīmē, ka šajā parauglaukumā plānots veikt attiecīgo darbību.

KV apg.	Kv.	Nog.	Meža tips	Sastāvs	Kadastra Nr.	Vecuma grupa	Paraugkoku statuss <sup>34</sup>			
							dzīvā biomasa		vecais celms	zemsega
							virszemes	pazemes		
Zemgales mežsaimniecība										
601	298	17	Dm	7P13 3B11	90500051037	1			X	X
601	307	4	Mr	10P45	90500051037	2	XXX	X	X	X
601	337	9	Dm	10P48	90780020047	2				
601	310	5	Ln	10P92 +E72 2.ST	90500051063	3				
601	287	3	Dm	10P62	90500051037	3				
601	298	1	Mr	10P127 ats P142	90500051037	4				
601	470	7	As	10P141 +E ats B104 10E79	90820020117	4	XXX			
712	27	5	Dm	8P1B1E108	88940040065	4				
Ziemeļkurzemes mežsaimniecība										
712	1	19	As	8P2B68	88820100224	3				
712	16	2	Dm	8P2E26	88820100232	2				
712	67	14	Ln	10P11	88940040065	1			X	X
712	137	17	Dm	8P1B1E11	88780020235	1				
Ziemeļlatgales mežsaimniecība										
802	525	31	Mr	10P17 10B13	70580100097	1	XXX	XXX	X	X
802	526	4	Dm	10P10	70580100097	1	XXX	XXX		
802	521	34	As	9P10 1E9	70580100098	1	XXX		X	X

KV apg.	Kv.	Nog.	Meža tips	Sastāvs	Kadastra Nr.	Vecuma grupa	Paraugkoku statuss <sup>34</sup>			
							dzīvā biomasa		vecais celms	zemsega
							virszemes	pazemes		
802	521	27	Mr	10P22	70580100098	2	XXX	X	X	X
802	525	32	Mr	10P54 +B47	70580100097	2	XXX	X		
801	159	2	Dm	8P2E22 10B14	70660030027	2	XXX			
802	524	22	As	8P28 2B13	70580100097	2	XXX			
803	121	17	Dm	9P1E59 +E48 2.ST	70820010058	3	XXX			
802	471	18	Mr	10P65	70580060053	3	XXX			
803	121	3	Dm	9P1E76 +E53 2.ST	70820010058	3	XXX	X		

## Egle

### Vidusdaugavas mežsaimniecība

506	175	10	Vr	10E11	32800080037	1			X	X
506	34	20	Dm	9E9 1P8	32900050079	1				
503	303	13	Vr	10E16	32580010021	1	XXX	X	X	X
506	146	5	Dm	10E27 +P ats B22	32800080035	2				
506	147	15	Dm	10E31	32800080035	2			X	X
506	34	29	Dm	10E49 +P B76	32900050079	2				
506	104	14	Dm	8E1B1A74 +P69	32900060018	3				
506	235	1	Dm	9E1B64 +P B74	32500060020	3	XXX	X		
501	165	5	Ap	4E4B1A1M69	74800020685	3	XXX	XX		



KV apg.	Kv.	Nog.	Meža tips	Sastāvs	Kadastra Nr.	Vecuma grupa	Paraugkoku statuss <sup>34</sup>			
							dzīvā biomasa		vecais celms	zemsega
							virszemes	pazemes		
506	19	2	Dm	7E114 3P184 +E179 +E89 2.ST	74440110073	4				
Zemgales mežsaimniecība										
712	137	12	Dm	10E12	88780020235	1				
707	310	1	Ap	10E15	88820090488	1				
712	135	1	As	9E1B 11	88780020235	1			X	X
601	338	10	Dm	6E47 4B53 +P48	90500060272	2				
601	338	7	Dm	8E2B44	90500060272	2				
601	308	2	Vr	5E1P3B1A97 ats E126 +E52 2.ST	90500051037	3				
712	42	13	Dm	5E72 3B87 1E53 1E87	88940040065	3				
Ziemeļkurzemes mežsaimniecība										
707	138	2	Dm	4E2P2A2B 78	88370020084	3				
712	29	18	Dm	10E34	88820100232	2			X	X
Ziemeļlatgales mežsaimniecība										
802	335	12	Vr	10E12 +P5 Oz ats E25 5B12 5A19	70580050080	1	XXX			
801	21	8	Vrs	10E 18	70680070117	1	XXX			X
801	13	21	Vr	10E 13	70680080014	1	XXX			X

KV apg.	Kv.	Nog.	Meža tips	Sastāvs	Kadastra Nr.	Vecuma grupa	Paugu statuss <sup>34</sup>			
							dzīvā biomasa		vecais celms	zemsega
							virszemes	pazemes		
802	24	14	Vr	9E42 1B35 +M Ba ats A28	70900010024	2	XXX	X	X	
802	24	15	Vr	10E42 +B48 Ba28	70900010024	2				
802	25	8	Vr	10E21 8A13 2B20	70900010024	2	XXX			X
802	56	9	Vr	10E21 +P17 E37 10B14	70900010024	2				X
802	302	40	Vr	10E47 +B40	50760050053	2				
801	36	2	Vr	10E 31	70680070117	2	XXX	X		
802	24	5	Vr	8E77 2B75 +A73 ats E88 +E63 2.ST	70900010024	3	XXX			
802	83	3	Vr	8E2B70 +P M ats Os63	70580120037	3	XXX	X		
803	232	4	Vr	8E1B1A75	70440070068	3	XXX			
<b>Apse</b>										
Vidusdaugavas mežsaimniecība										
503	105	4	Vr	9A1B7	70920030154	1				
503	90	7	Vr	9A1B7	70920030152	1				X
503	97	13	Vr	10A6	70920030154	1				
503	153	18	Vr	8A2E18	32460040071	2	XXX			X
503	113	8	Vr	10A20 +B15	70920050065	2				

KV apg.	Kv.	Nog.	Meža tips	Sastāvs	Kadastra Nr.	Vecuma grupa	Paugokoku statuss <sup>34</sup>			
							dzīvā biomasa		vecais celms	zemsega
							virszemes	pazemes		
501	158	2	Vr	10A12 +B6 Os7	74880080051	2	XXX	XXX		X
503	95	11	Vr	8A2B45 +E40 2.ST	70920030152	3	XXX			
501	381	14	Vr	8A2B43	74330010080	3	XXX	XXX		
503	98	3	Vr	8A2B55 +M ats E50 +E40 2.ST	70920030152	4				
503	98	11	Vr	7A3B76	70920030152	4				
503	131	3	Vr	8A2B60 +Oz55	70960050089	4				
Zemgales mežsaimniecība										
603	411	14	Vr	9A1B5	90460060090	1				
603	412	7	Vr	6A4B5	90460060092	1				
603	416	8	Vr	8A2B7	90460060092	1				
603	412	8	Vr	8A2B16	90460060092	2	XXX	XX		X
603	432	4	Gr	6A1B3Ba32 +Os27	90800100099	3	XXX			
707	326	1	Vr	7A2B1E48	88820090488	3				
603	433	8	Gr	8A1B1Os67	90680010071	4				
Ziemeļkurzemes mežsaimniecība										
707	377	23	Dm	8A2B53	88820100222	4				
707	377	14	Dm	9A1B53	88820100222	4				
707	272	18	Vr	7A3B18	88820080707	2				X

KV apg.	Kv.	Nog.	Meža tips	Sastāvs	Kadastra Nr.	Vecuma grupa	Paraugkoku statuss <sup>34</sup>			
							dzīvā biomasa		vecais celms	zemsega
							virszemes	pazemes		
707	240	28	Vr	6A3B1E13	88820080707	2				
707	340	9	Dm	9A1B46	88820100222	3				
<b>Ziemeļlatgales mežsaimniecība</b>										
802	326	9	Vr	10A8	70580050079	1				X
801	36	4	Vr	8A1B1E 6	70680070117	1				
802	57	20	Vr	10A 6	70900010024	1				X
802	326	14	Vr	8A2B23 +M E16 ats E26	70580050079	2				
802	326	21	Vr	8A2B22 +M E15	70580050079	2				
803	170	10	Vr	10A23 +B E16	70820070066	2				X
803	226	12	Gr	10A13	70440070068	2	XXX			
803	319	9	Vr	10A34 +B A52	70940020024	3				
801	36	9	Vr	8A2B 50	70680070117	3				
803	234	1	Gr	6A2M2B 45	70440070068	3	XXX			
<b>Bērzs</b>										
<b>Vidusdaugavas mežsaimniecība</b>										
501	39	14	Gr	8B8 2A5	74880060310	1	XXX	XXX	XXX	
501	60	4	Vr	10B10	74880060310	1				X

KV apg.	Kv.	Nog.	Meža tips	Sastāvs	Kadastra Nr.	Vecuma grupa	Paugaugoku statuss <sup>34</sup>			
							dzīvā biomasa		vecais celms	zemsega
							virszemes	pazemes		
501	114	13	Gr	10B9	74880060543	1				
506	34	36	Dm	8B1P1E27	32900050079	2				X
501	173	7	Gr	8B2A25 +E ats M22	74800020685	2	XXX	XXX	XXXX	
501	198	4	Vr	10B17 +E M14 ats Oz9	74800020685	2	XXX	XXX		
506	116	45	Vr	10B33 +E38	32800080035	3	XXX	XXX		
506	92	16	Vr	8B35 1A1Ba31 +Ba26	32800060039	3	XXX			
506	146	37	Ap	10B39	32800080035	3	XXX	XXX		
506	116	29	Dm	9B84 1E99 +P94 E114 +E79 2.ST	32800080035	4	XXX			
506	34	19	Dm	10B61 10E49	32900050079	4	XXX	XXX		
501	185	7	Gr	9B1Ba63 +M Os58	74800020685	4	XXX	X		
Zemgales mežsaimniecība										
601	299	3	Kp	7B3M11	90500051037	1				
601	516	14	Dm	8B1P1E19	90820020137	2	XXX		X	X
601	443	29	Grs	6B3A1Os 12	90680010073	2				
601	311	8	Kp	8B2M47 +P E42	90500051041	3				
601	307	8	Dm	7B3P72 +E42 2.ST	90500051037	4	XXX			

KV apg.	Kv.	Nog.	Meža tips	Sastāvs	Kadastra Nr.	Vecuma grupa	Paraugkoku statuss <sup>34</sup>			
							dzīvā biomasa		vecais celms	zemsega
							virszemes	pazemes		
601	299	6	Kp	8B2M92 +Os ats E91 10E87	90500051037	4				
Ziemeļkurzemes mežsaimniecība										
707	455	28	Dm	10B68	88680010061	4				
707	448	11	Dm	8B11 2A9	88680010061	1			X	X
707	240	17	Vr	7B2A1E13	88820080707	1				
707	131	15	Dm	4B3A3Ba17	88370010057	2				
707	340	10	Dm	8B2A46	88820100222	3				
712	105	21	Dm	7B43 2M43 1B78	88780020235	3				
Ziemeļlatgales mežsaimniecība										
801	20	18	As	5B9 4A5 1Ba5	70680070117	1			X	X
801	19	11	Vr	7B9 2A5 1E5	70680070117	1				
801	20	15	Vr	8B9 2A5	70680070117	1			X	
802	306	20	Kp	10B29	50760050053	2				X
803	170	12	Vr	8B2E25 +A18	70820070066	2				
801	28	16	Vr	9B1M16 +E ats A16	70680070117	2				
802	305	34	Ap	8B2E45	50760050053	3				
801	42	11	Vr	10B40 +E48 atsv E P111	70680090080	3				

KV apg.	Kv.	Nog.	Meža tips	Sastāvs	Kadastra Nr.	Vecuma grupa	Paraugkoku statuss <sup>34</sup>			
							dzīvā biomasa		vecais celms	zemsega
							virszemes	pazemes		
802	544	33	Ks	6B4E 56	70580170020	4				
802	25	15	Vr	8B2A 60	70900010024	4				
802	57	24	Vr	5B57 3A60 2E60	70900010024	4				





## V Klimata izmaiņu ietekmes uz mežsaimniecību pētījumi.

### Kopsavilkums

Pārskata periodā, veicot atkārtotus mērījumus priežu un egļu jaunaudzēs, apstiprinājies, ka gan meža tipam, gan meteoroloģiskajiem apstākļiem konkrētajā gadā ir būtiska ietekme uz augusta dzinumumu veidošanos. Ņemot vērā, ka klimata izmaiņu ietekmē veidosies tādi apstākļi, kas veicina augusta dzinumumu formēšanos, un pētījuma ietvaros konstatēto, ka augusta dzinumumu priedei apmēram pusē gadījumu (59-64%) rada arī pēc 1-2 veģetācijas sezonām redzamu padēlu, priežu jaunaudzju ierīkošana šaurlapju un platlapju kūdrēnī, kas saistīta ar paaugstinātu padēlu veidošanās varbūtību, ir rekomendējama tikai pēc šī riska finansiālās ietekmes izvērtēšanas. Pētījumā konstatētā ievērojamā ģenētikas ietekme uz augusta dzinumumu un padēlu veidošanos liecina par nepieciešamību tās iekļaut un vērtēt meža selekcijas procesā, izslēdzot no sēkļu ražošanas klonus, kuru pēcnācējiem siltākā klimatā varētu būt pazemināta stumbra kvalitāte. Parastajai eglei vismazākais koku ar augusta dzinumumiem, padēliem vai vairākām galotnēm īpatsvars konstatēts visvēlāk plaukstošajām ģimenēm, taču arī to vidējais augstums un augstuma pieaugums ir vismazākais (kas, iespējams, saistīts ar relatīvi īsāku augšanas laiku). Otrs īsākais augstuma pieaugums (atšķirības nav statistiski būtiskas) konstatēts visagrāk plaukstošajām ģimenēm, iespējams sala bojājumu ietekmē (tādi konstatēti 84% šīs plaukšanas grupas koku). Vislielākais koku augstums un augstuma pieaugums, kā arī mazs koku ar augusta dzinumumiem un/vai padēliem īpatsvars konstatēts vidēji vēlu plaukstošiem kokiem. Tas apliecina nepieciešamību meža atjaunošanai pielietot genotipus, kas optimāli izmanto veģetācijas perioda garumu.

Pētījuma ietvaros, izvērtējot nobiru un augsnes mitruma izmaiņas, konstatēts, ka Nesterova indekss tās reprezentē I un II ugunsbīstamības klases audzēs, savukārt koriģētais Nesterova indekss precīzāk reprezentē dziļāku augsnes slāņu žūšanu un līdz ar to ugunsgrēku bīstamību. Jaunaudzēs, kas pēc meža tipa atbilst zemākas ugunsbīstamības klasei, pēc tajos esošo degmateriālu žūšanas režīma vairāk līdzinās pamatklasei, nevis I ugunsbīstamības klases audzēm. Iegūtie dati tiks izmantoti precīzāku ugunsbīstamību raksturojošu indeksu aprobācijai nākamajā pārskata periodā.

Vēja bojājumu draudu klašu telpiskais sadalījums apliecina, ka meži Dienvidkurzemē ir ievērojami vairāk apdraudēti vējgāzēs un vējlauzēs nekā citas vietas Latvijā, taču arī šajā reģionā konstatējamas „aizvēja salas”.

Sasalstoša lietus veidošanās vēsturiski bijusi ievērojami biežāka Latvijas austrumos nekā rietumos. Zinātniskās literatūras un klimata izmaiņu prognožu analīze nerada pamatu apgalvot, ka nākotnē šo parādību izraisošo atmosfēras procesu kombināciju biežums kādā no Latvijas daļām varētu samazināties. Sasalstoša lietus ietekmē uz kokiem uzkrājas ievērojama ledus masa – parastās priedes audzēs konstatēts, ka tā ir cieši saistīta ar koka virszemes biomasu ( $r=0,92$ ,  $p<0,01$ ), vidēji  $1,5\pm 0,27$  reizes to pārsniedzot. Koka caurmērs ir nozīmīgs un statistiski būtisks sasalstoša lietus izraisītu bojājumu apjomu determinējošs parametrs, kā papildus parametrus iespējams izmantot koku augstuma / caurmēra attiecību un koku augstumu. Iegūtie dati nerada pamatu apgalvot, ka audzēs pirmajos 3 gados pēc kopšanas cirtes izpildes (kad tās ir nestabilākas, piemēram, pret vēja radītiem bojājumiem) būtu paaugstināts sasalstoša lietus bojāto valdaudzēs koku īpatsvars, taču, īpaši eglei, ir paaugstināts bojāto (pēc kopšanas audzē vēl palikušo) starpaudzēs koku īpatsvars. Konstatēta statistiski būtiska meža tipa ietekme uz laužto un saliekto valdaudzēs koku īpatsvaru ( $p<0,05$ ).

Klimata izmaiņas saistītas ar paaugstinātu dendrofāgo kaitēkļu bojājumu risku to migrācijas un dzīves cikla izmaiņu rezultātā. Par migrāciju, iespējams, jau notiekošās vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās ietekmē, liecina fakts, ka pēdējos piecos gados Latvijā

novērotas 24 kukaiņu sugas, kuru pamatareāli ir uz dienvidiem no mūsu valsts teritorijas. Zinātniskās literatūras analīze liecina, ka tikai 18% apskatīto nozīmīgāko dendrofāgo kaitēkļu sugu nākotnē prognozētajā klimatā nespēs veidot vairāk par vienu paaudzi veģetācijas periodā, tātad ievērojami palielināsies masu uzliesmojumu varbūtība. Vides apstākļi ksilofāgo dendrofāgu un lapgraužu sugām uzlabosies, taču to parazītoīdiem vasaras periodā pasliktināsies; tomēr prognozējams, ka parazītoīdu aktivitāte saglabāsies, tās maksimumam novirzoties agrāk pavasarī un vēlāk rudenī. Sagaidāms, ka palielināsies patogēnu (piemēram, *Bacillus spp.* baktēriju, kuru vairošanās optimālā temperatūra ir augstāka nekā saimniekorganismiem raksturīgā) ietekme.

Pētījumi egļu bruņuts ietekmētajās audzes liecina, ka galvenais šī kukaiņa nozīmīgas ietekmes varbūtības novēršanas paņēmieni ir profilakse, t.i., audžu vitalitāti vecinoši pasākumi. Egļu bruņuts savairošanās gandrīz vienlaicīgi notiek plašā reģionā, pakāpeniski virzoties no dienvidiem uz ziemeļiem, tādēļ, lai prognozētu tās ietekmes periodus, rekomendējams kombinēt informāciju no kaimiņvalstīm ar datiem no meža veselības monitoringa, kurā varētu būt lietderīgi izmantot aerofotogrāfijas – tajās nozīmīgu egļu bruņuts savairošanos iespējams identificēt gadu agrāk nekā novērojumu parauglaukumos uz zemes. Divu gadu periodā pēc bruņuts bojājumiem egļu audzes ietekmē citi dendrofāgie kukaiņi, galvenokārt mizgrauži. Augstākais mizgraužu bojājumu īpatsvars (vidēji 8,7%) ir novājinātajiem (ar augstāko egļu bruņuts bojājumu pakāpi iepriekšējā gadā) kokiem.

Eiropā ir izstrādāts ievērojams skaits modeļu klimata izmaiņu ietekmē iespējamo meža izmaiņu prognozēšanai, kas izmanto ekoloģisko nišu pieeju, t.i., vērtē kādas sugas izplatību atkarībā no tai piemēroto klimatisko faktoru kopas izplatības izmaiņām, ņemot vērā tās areālu šobrīd limitējošos faktorus. Tomēr šīs pieejas kritiska analīze koku sugām (ar ilgu dzīves ciklu – tātad spēju pielāgoties vides apstākļu svārstībām – un plašu izplatības areālu) liecina, ka valdošo koku sugu sastāva nomaiņa, visticamāk, nenotiks tik strauji, kā tiek prognozēts. To nosaka gan sugu izplatības ātruma, gan dažādu citu faktoru (tai skaitā cilvēku saimnieciskās darbības) ietekme, piemēram, esošās veģetācijas pielāgošanās un pret-darbošanās (konkurence) jauno sugu ienākšanai (īpaši jutīgākajā koku dzīves cikla daļā – pirmajos augšanas gados), kā arī putekšņu nodrošinātā gēnu plūsma starp populācijām ar dažādiem adaptīviem pielāgojumiem. Tomēr atsevišķām koku sugām, piemēram, *Quercus cerris*, augšanas apstākļi Latvijā nākotnē būs piemēroti, citām (piemēram, vietējās *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, introducētā *Quercus rubra*) klimatiskie apstākļi Latvijā kļūs augšanai labvēlīgāki. Pie otrās grupas pieskaitāms arī dižskābardis, kura audzēs Latvijā pētījuma ietvaros konstatēta dabiskā atjaunošanās ar augstu biežumu. Trešās vecumklases un vecāku dižskābaržu audžu krāja Latvijā vairākumā gadījumu pārsniedz egles un bērza audžu krāju līdzīgā vecumā un meža tipā, neatpaliekot no tā augšanas rādītājiem izplatības areāla centrālajā daļā (Vācijā). Īpaši tas sakāms par mežaudzēm otrajā paaudzē, kuru krāja pārsniedz pat par 30-50 gadiem vecāku pirmās paaudzes audžu krāju.

## 1. Augusta dzinumu veidošanās un stumbra defekti parastās priedes jaunaudzēs

Parastajai priedei (*Pinus sylvestris* L.) dažkārt novērojama papildpieauguma veidošanās veģetācijas perioda otrajā pusē pēc galvenā pieauguma izbeigšanās – t.s. augusta dzinumi. Vairāku autoru pētījumos norādīts, ka augusta dzinumu veidošanās pārsvarā raksturīga jauniem kokiem - līdz ar koku vecumu tā samazinās (Aldén, 1971; Ehrenberg, 1963). Akcentēta vides apstākļu ietekme uz papildpieauguma attīstību (Aldén, 1971), turklāt konstatētas arī ģenētiskas atšķirības augusta dzinumu sastopamībā (Ehrenberg, 1963; West, Ledig, 1964). Vērtējot augusta dzinumu iespējamo negatīvo ietekmi, vairāki autori uzsvēruši, ka papildpieauguma veidošanās var būt saistīta ar stumbra kvalitātes pasliktināšanos (Ehrenberg, 1970; McCabe, Labisky, 1959; West, Rogers, 1965), jo papildpieaugums bieži veicina lielāka zaru skaita veidošanos mieturī, divu mieturu formēšanos vienā veģetācijas sezonā, kā arī sekmē padēlu veidošanos. Augusta dzinumi var izraisīt vadošā dzinuma nomaiņu (Aldén, 1971). Konstatēts, ka augusta dzinumi biežāk sastopami to provenienču pēcnācējiem, kuriem augsts koku ar dubultām galotnēm īpatsvars (Ehrenberg, 1963). Iepriekšējos pārskata periodos uzsākti pētījumi, salīdzinot koku ar augusta dzinumiem sastopamību atšķirīgu meža tipu un dažāda vecuma jaunaudzēs. Šajā pārskata periodā tie turpināti, raksturojot augusta dzinumu sastopamību tādos meža tipos, kas iepriekš paraugkopā bija salīdzinoši mazāk pārstāvēti, un detalizētāk vērtējot augusta dzinumu ietekmi uz stumbra kvalitāti (padēlu veidošanos).

### 1.1. Augusta dzinumu vērtēšanai izvēlēta paraugkopa un uzmērīšanas metodika

Augusta dzinumu sastopamība, to veidošanos ietekmējošie faktori, kā arī augusta dzinumu iespējamā saikne ar koku produktivitāti un kvalitāti raksturojošām pazīmēm novērtēta, ievācot datus priežu jaunaudzēs Latvijas centrālajā daļā (56°38' -56°57' Z plat.; 23°39' -24°50' A gar.): 55 pēc nejaušības principa izvēlētas jaunaudzēs meža tipos, kur augusta dzinumu uzskaitē iepriekš nav veikta vai parauglaukumu skaits neliels; audžu vecums 3–5 gadi, slapjaini, āreņi un kūdreņi, priežu tīraudzes (Mrs, Dms, Am, As, Kv, Km, Ks);

10 jaunaudzēs, kur konkrētās sezonas augusta dzinumu uzskaitē iepriekš veikta 2011.gada veģetācijas perioda beigās un 2012.gada veģetācijas perioda beigās – audžu vecums 4–9 gadi, meža tips – damaksnis (3 jaunaudzes), šaurlapju ārenis (3 jaunaudzes), šaurlapju kūdreņi (4 jaunaudzes), priežu tīraudzes.

Kopumā ievāktais materiāls ir plašāks nekā projekta darba uzdevumos paredzētais (55 jaunaudzes, tai skaitā pieci tāda paša vecuma iedzimtības pārbaužu stādījumi), kas saistīts ar nepieciešamību iegūt materiālu precīzākai starpgadu variācijas un padēlu formēšanās novērtēšanai.

Augusta dzinumu novērtēšanai izvēlēti nogabali, kuru platība vismaz 0,5 ha; katrā no tiem ierīkoti 20 apļveida parauglaukumi (parauglaukuma platība 25 m<sup>2</sup>). Noteikts priežu skaits parauglaukumā, norādot koka atjaunošanās veidu (stādīts vai pašizsējas); koki, kuru augstums nepārsniedza 1/3 no valdaudzes vidējā koku augstuma, uzskaitīti atsevišķi un turpmākajā datu analīzē nav ietverti. Kokiem, kuriem izveidojušies augusta dzinumi, reģistrēts zaru mieturis, kurā augusta dzinums konstatēts, skaitot 2013.gada pieauguma beigās izveidojušos gala pumpuru par 0.mieturi (1.1(a).att.), 2012.gada pieauguma beigās izveidojušos zaru mieturi par 1.mieturi (1.1(b).att.) utt., atsevišķi norādot augusta dzinumus sānzariem. Līdzīgā veidā (pa mieturiem) reģistrēti arī pārnadžu izraisīti un citi (piemēram, dendrofāgo kukaiņu izraisīti) bojājumi. Uzskaitīts arī, kurā mieturī redzams padēls, divas vai vairākas galotnes (1.2(a).att.), norādot to veidošanās iemeslu (augusta dzinums, bojājums, cits iemesls). Par padēlu uzskatīts

zars, kura diametrs vismaz par 1/3 lielāks nekā pārējo zaru vidējais diametrs attiecīgajā mieturī, un šī zara un stumbra veidotais leņķis vismaz par 1/3 šaurāks nekā pārējo zaru veidotais vidējais leņķis. Atzīmēts arī, vai kokam bojājuma ietekmē notikusi galotnes maiņa. Atsevišķi izdalīti gadījumi, kad augusta dzinumu kādā no iepriekšējiem gadiem bija izveidojis centrālais pumpurs, kā rezultātā uz stumbra konstatējams papildus zaru mieturis (divi mieturi vienā veģetācijas sezonā) (1.2(b).att.).



(a)

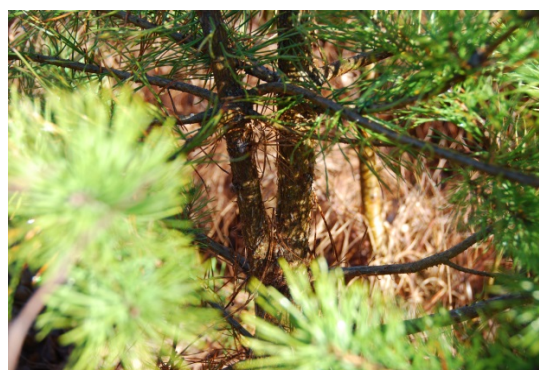


(b)

1.1.attēls. Augusta dzinums 2013.gada veģetācijas sezonas beigās – 0.mieturī (a) un 2012.gada veģetācijas sezonas beigās – 1.mieturī (b).



(a)



(b)

1.2.attēls. Augusta dzinumu rezultātā veidojusies dubulta galotne (a) vai papildus mieturis (b).

Desmit objektos, kur novērojumi veikti atkārtoti, katram kokam noteikts arī augstums un pēdējo trīs gadu augstuma pieaugumi. Vienā no jaunaudzēm konstatēti ievērojami dendrofāgo kukaiņu bojājumi – no 157 uzmērītajiem kokiem 67% koku novēroti kukaiņu bojājumi 2012.gada vai 2013.gada pieaugumam. No 28 kokiem, kuriem 2013.gadā šajā jaunaudzē izveidojušies augusta dzinumi, lielākajai daļai (20 kokiem) reģistrēti arī kukaiņu bojājumi. Šis objekts no turpmākās datu apstrādes izslēgts.

Dati ievākti 2013.gada septembrī. Datu apstrāde veikta, izmantojot t-testu, vienfaktora dispersijas analīzi un  $\chi^2$  testu.

## 1.2. Augusta dzinumu vērtēšanas rezultāti

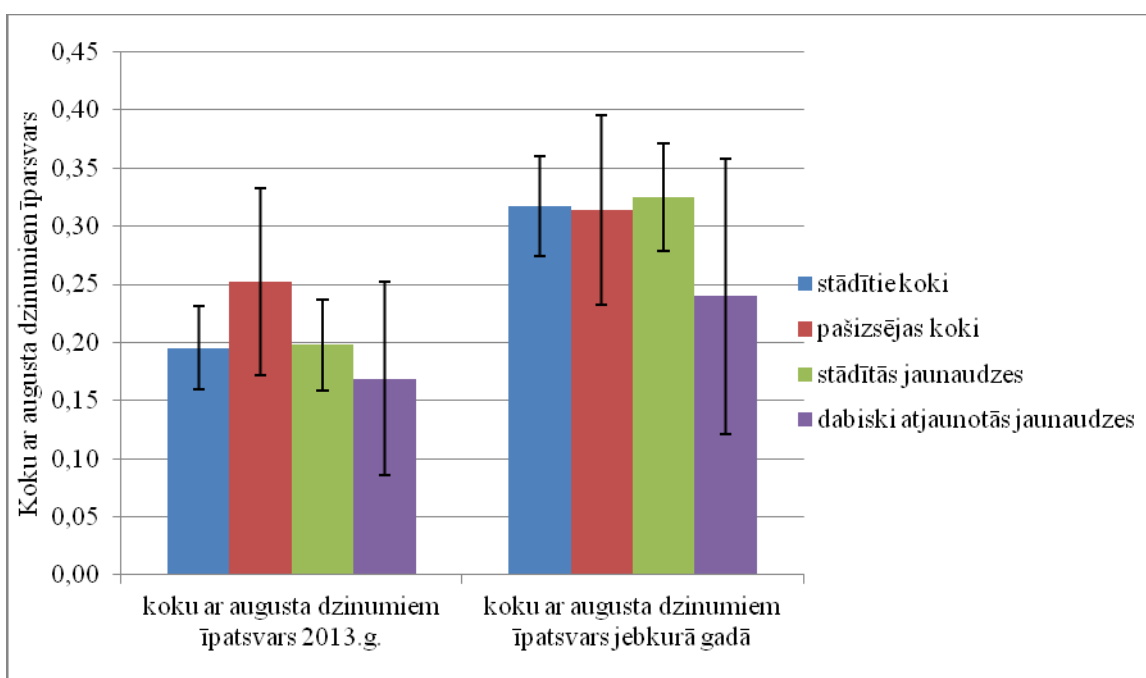
Lielākā daļa (50) no augusta dzinumu sastopamības novērtēšanai izvēlētajām 55 jaunaudzēm (3-5 gadu vecumā) bija atjaunotas stādot, un piecās notikusi dabiskā atjaunošanās. Jaunaudzēs, kas atjaunotas stādot, augusta dzinumu sastopamība novērtēta atsevišķi stādītajiem kokiem un pašizsējas kokiem (vērtējot kokus, kuru augstums sasniedz vismaz 1/3 no stādīto koku vidējā augstuma parauglaukumā). Koku ar augusta dzinumiem 2013.gada pieauguma beigās vidējais īpatsvars jaunaudzē stādīto koku grupā bija 19,5% un dabiskas izcelsmes koku grupā 25,3%; koku ar augusta dzinumiem jebkurā zaru mieturī (t.sk.

sānzariem), t.i., jebkurā koka dzīves gadā, vidējais īpatsvars jaunaudzē attiecīgi 31,7% un 31,4%. T-testa rezultāti liecina, ka šīs galvenās pētāmās pazīmes - koku ar augusta dzinumiem 2013.gadā vidējais īpatsvars jaunaudzē un koku ar augusta dzinumiem jebkurā zaru mieturī vidējais īpatsvars jaunaudzē - statistiski būtiski neatšķiras stādīto un dabiskas izcelsmes koku grupās ( $p>0,05$ ).

Novērtētas arī koku ar augusta dzinumiem īpatsvara atšķirības stādītajās jaunaudzēs (stādītajiem kokiem) un dabiski atjaunotās jaunaudzēs. T-testa rezultāti liecina, ka galvenās pētāmās pazīmes – koku ar augusta dzinumiem 2013.gadā un visā koka dzīves laikā kopumā vidējais īpatsvars jaunaudzē – statistiski būtiski neatšķiras stādītās un dabiski atjaunotās audzēs ( $p>0,05$ ) (1.3.att.).

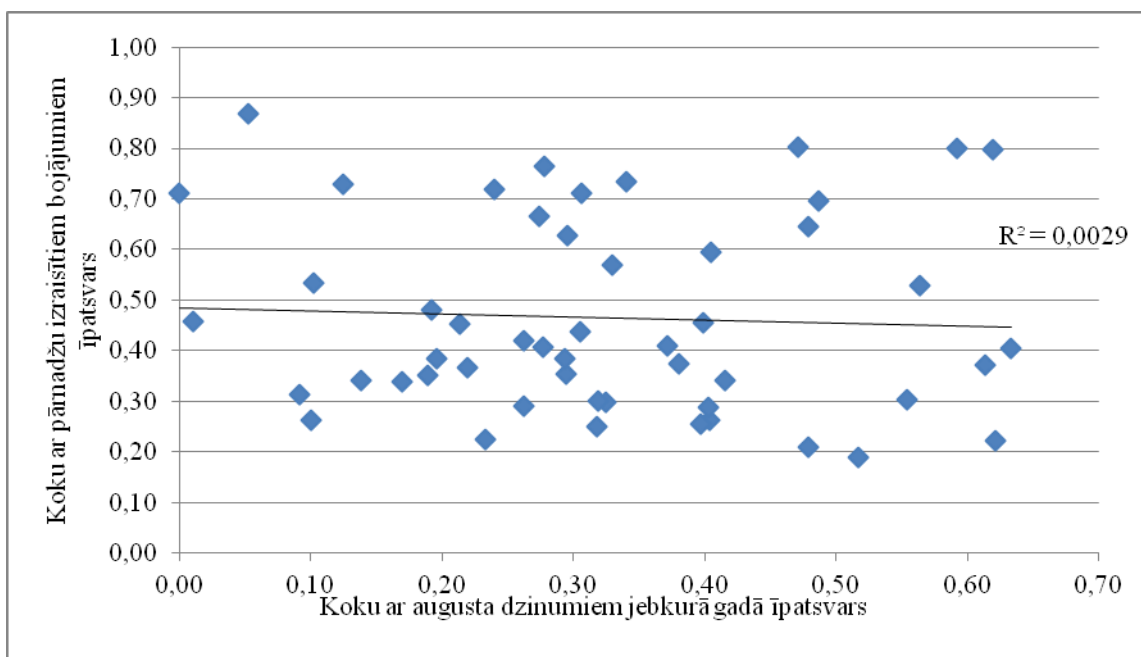
Tātad iegūtais rezultāts liecina, ka augusta dzinumu varbūtējās negatīvās ietekmes samazināšanas nolūkā, aizstājot priedes stādīšanu ar dabisko atjaunošanu, nebūtu iespējams būtiski samazināt augusta dzinumu veidošanos jaunaudzē.

Turpmākajā analizē izmantoti stādīto koku dati no stādītajām jaunaudzēm.



1.3.attēls. Koku ar augusta dzinumiem īpatsvara salīdzinājums stādītiem un pašizsējas kokiem.

Jaunaudzēs konstatēti pārnadžu izraisīti bojājumi – bojāto koku īpatsvars bija robežās no 19% līdz 86,8% (vidēji 46,5%). Nav konstatēta sakarība starp augusta dzinumu veidošanos un pārnadžu izraisītiem bojājumiem. Tādām augusta dzinumu sastopamību raksturojošām pazīmēm kā augusta dzinumu īpatsvars 2013.gada beigās un augusta dzinumu īpatsvars vismaz vienā gadā visas koka dzīves laikā (t.sk. sānzariem), nav konstatēta korelācija ar pārnadžu bojātu koku īpatsvaru (attiecīgi  $r=0,12$  un  $r=0,05$ ;  $p>0,05$ ; 1.4. att.) - līdzīgi iepriekšējā gadā iegūtajiem rezultātiem, kas atspoguļoti starpatskaitē par projekta „Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām” izpildes gaitu.

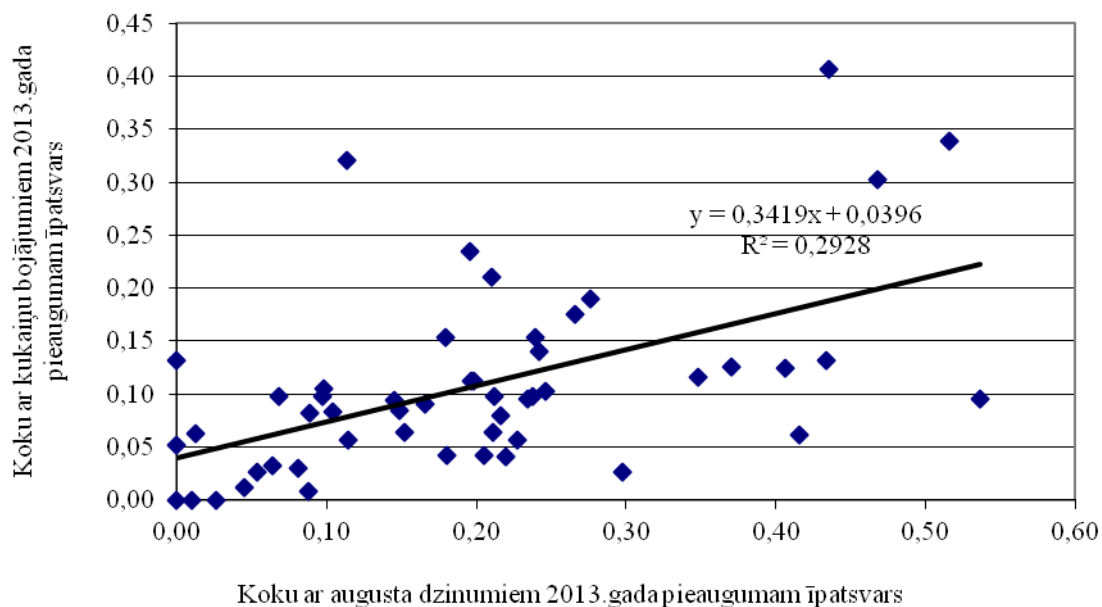


1.4.attēls. Sakarība starp augusta dzinumu veidošanos un pārnadžu izraisītiem bojājumiem.

Tātad pārnadžu izraisīti bojājumi nedz veicina, nedz arī kavē augusta dzinumu veidošanos, tāpēc tālākai augusta dzinumu sastopamības un ietekmes analīzei izmantoti visu stādīto jaunaudzumu dati (stādītie koki), neatkarīgi no pārnadžu bojāto koku īpatsvara tajās.

Atšķirīga situācija novērota dendrofāgo kukaiņu bojātajiem kokiem. Vairumam dendrofāgo kukaiņu sugu raksturīgs savairošanās cikliskums, tādēļ iepriekšējos divos gados kukaiņu izraisīti bojājumi netika novēroti. Bojājumi konstatēti lielākoties 2013.gada galotnes dzinumam. Analizējot iespējamo sakarību starp augusta dzinumiem un dendrofāgo kukaiņu izraisītiem bojājumiem, konstatēta pozitīva korelācija ( $r=0,54$ ;  $p<0,01$ ) starp koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru 2013.gada beigās (bet ne citos koka dzīves gados) un kukaiņu radītiem bojājumiem (1.5.att.).

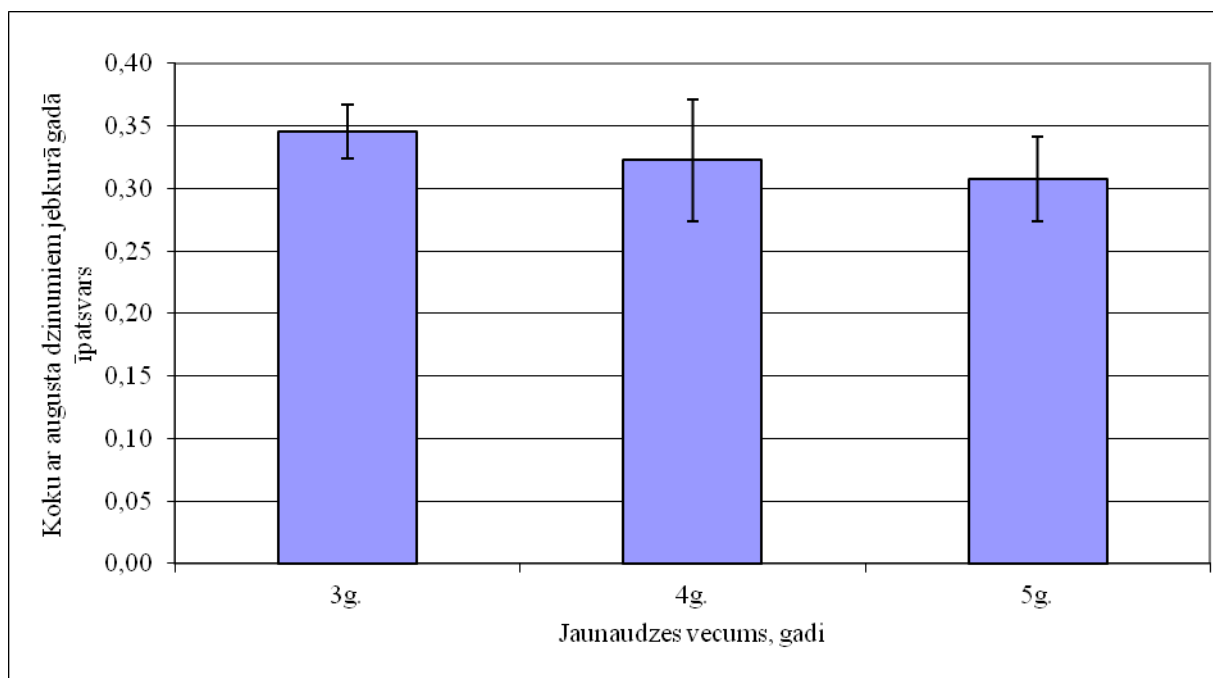
Atkarībā no dendrofāgo kukaiņu izraisīto bojājumu intensitātes, jaunaudzes iedalītas četrās klasēs: 1.klase – bojāto koku īpatsvars  $\leq 0,050$ ; 2.klase  $0,051-0,100$ ; 3.klase  $0,101-0,150$ ; 4.klase  $\geq 0,151$  (audžu skaits klasē 10-19). Veicot vienfaktora dispersijas analīzi, konstatēts, ka pastāv būtiskas atšķirības starp šīm klasēm, tikai salīdzinot koku ar augusta dzinumiem 2013.gada beigās īpatsvaru ( $p<0,01$ ), bet ne citos iepriekšējos gados, t.sk., salīdzinot koku ar augusta dzinumiem vismaz vienā gadā (2009.-2013.) īpatsvaru ( $p>0,05$ ). Tāpēc turpmākajā analīzē, pētot augusta dzinumu sastopamību atkarībā no jaunaudzes vecuma un meža tipa, izmantots koku ar augusta dzinumiem vismaz vienā zaru mieturī īpatsvars jaunaudzē.



1.

5.attēls. Sakarība starp augusta dzinumu veidošanos un dendrofāgo kukaiņu izraisītiem bojājumiem.

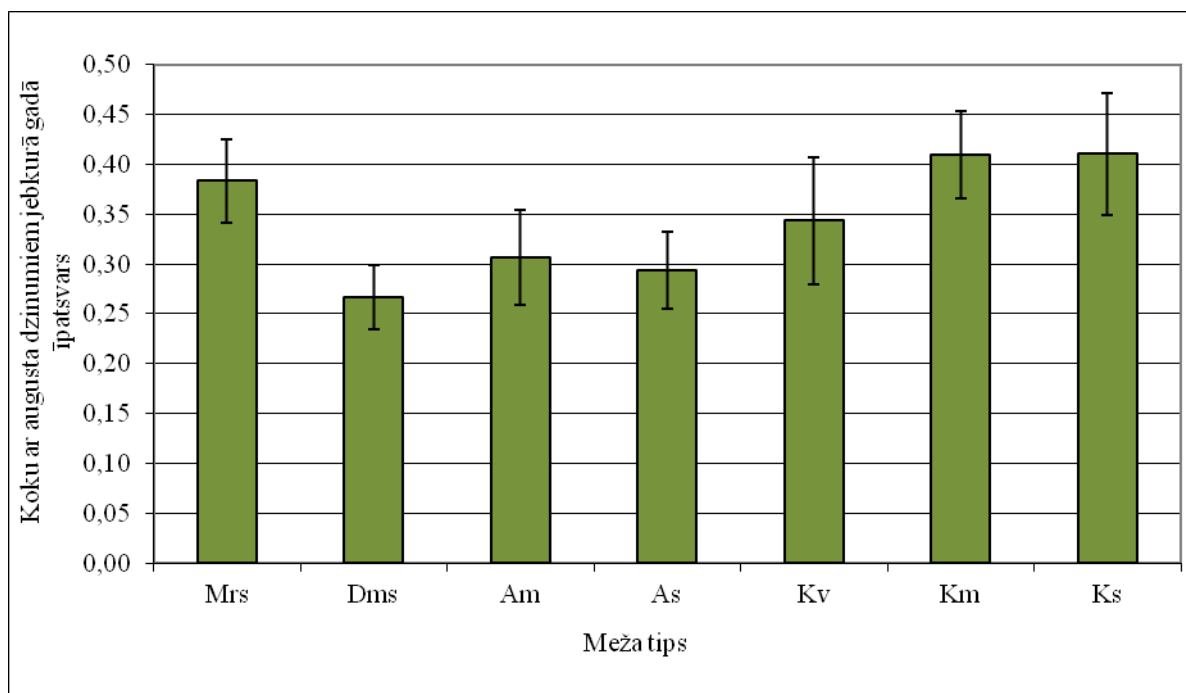
Vienfaktora dispersijas analīzes rezultāti (parauglaukumu līmenī), liecina, ka audzes vecumam nav būtiskas ietekmes ( $p > 0,05$ ) uz koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru jaunaudzē (1.6.att.), kas saskan ar iepriekšējā gadā iegūtajiem rezultātiem, kas atspoguļoti starpatskaitē par projekta „Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām” izpildes gaitu.



1.6.attēls. Koku ar augusta dzinumiem īpatsvars dažāda vecuma jaunaudzēs.

Meža tipam ir statistiski būtiska ietekme ( $p < 0,001$ ) uz koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru (2009.-2013.) jaunaudzēs uz slapjām un nosusinātām minerālaugsnēm un nosusinātām kūdras augsnēm (vienfaktora dispersijas analīzes rezultāti, parauglaukumu līmenī; 1.7.att.). Vismazākais koku ar augusta dzinumiem īpatsvars konstatēts slapjajā damaksnī (26,6%), un tas ir būtiski mazāks nekā mētru un šaurlapju kūdrēnī (41%), kā arī slapjajā mētrājā (38,3%).

Līdzīgi arī 2011.gadā veiktā augusta dzinumu uzskaites datu analīze parādīja, ka priežu jaunaudzēs šaurlapju kūdreņos bija statistiski būtiski ( $p < 0,05$ ) lielāks koku ar augusta dzinumiem īpatsvars (vidēji  $23,7 \pm 5,9$  %) nekā pārējos meža tipos.



1.7.attēls. Koku ar augusta dzinumiem īpatsvars dažādu meža tipu jaunaudzēs.

Pētījuma objektos slapjajā damaksnī 2013.gadā, salīdzinājumā ar objektiem citos meža tipos, lielākā mērā novērota koku augšanai nelabvēlīgu vides apstākļu ietekme (pastiprināts mitrums un aizzēlums), tomēr kopumā, salīdzinot augusta dzinumu sastopamību dažādos meža tipos, nav konstatējama noteikta tendence koku ar augusta dzinumiem īpatsvara saistībai ar meža tipam raksturīgiem augsnes mitruma un auglības apstākļiem. Tātad rezultāti liecina, ka priedei, atšķirībā no egles, nav vērojama izteikta augusta dzinumu sastopamības palielināšanās tendence, uzlabojoties mikrovides apstākļiem tiešā koka tuvumā.

Raksturojot koku stumbra kvalitāti, stādītājās jaunaudzēs stādīto koku grupā (5399 koki) aptuveni pusei koku vismaz vienā zaru mieturī konstatēts padēls vai divas (vai vairākas) galotnes (turpmāk tekstā – padēli). Lielākā daļa šo padēlu (vidēji 37,4%) veidojušies bojājumu (pārsvarā pārnadžu izraisītu) dēļ; koku īpatsvars ar vismaz vienā zaru mieturī konstatētu padēlu, kas radies bojājuma dēļ (t.sk., notiekot koka galotnes maiņai), atsevišķās jaunaudzēs bija no 12,1% līdz 78,9%. Vidēji 10,2% jaunaudzēs koku kā padēla veidošanos izraisošs cēlonis novērots augusta dzinums attiecīgajā zaru mieturī; atsevišķās jaunaudzēs šīs pazīmes vērtība bija no 0 līdz 32,3%. Daļai koku (vidēji 3,7%, maksimāli 15,2%) konstatēts papildus zaru mieturis, kas radies gadījumā, kad papildpieaugums (augusta dzinums) izveidojies tieši centrālajam (vadošajam) pumpuram. Tādu koku īpatsvars, kam augusta dzinuma dēļ izveidojies padēls un/vai papildus zaru mieturis, vidēji bija 13,1% (maksimāli 39,6%) no visiem audzes kokiem.

Pirmajā zaru mieturī (skaitot no galotnes) augusta dzinums reģistrēts 720 kokiem (13,3%). No šiem kokiem lielākajai daļai (63,5%) augusta dzinuma dēļ izveidojies padēls. Otrajā zaru mieturī (skaitot no galotnes) augusta dzinums reģistrēts 3,4% koku. Arī no šiem kokiem lielākajai daļai (59%) izveidojies padēls. Kopumā 886 kokiem (16,4%) novērots augusta dzinums vismaz vienā zaru mieturī (pirmajā vai senāk). No šiem kokiem 64,2% izveidojies vismaz viens padēls augusta dzinuma dēļ, 23,7% izveidojies vismaz viens papildus mieturis, un 82,5% koku izveidojies padēls un/vai papildus mieturis vismaz vienā koka dzīves gadā.



### 1.3. Mikrovides apstākļu un koka vitalitātes ietekme uz augusta dzinumu veidošanos

Iepriekšējos gados (2011.,2012.) novērtētajās jaunaudzēs koku ar augusta dzinumiem īpatsvars nogabalos damakšņa, šaurlapju āreņa un šaurlapju kūdreņa meža tipos bija robežās no 0-43,4% (vidēji 7,6%) 2011.gadā (apsekots 2012. gada ziemā) 3-7 gadus vecās jaunaudzēs (50 objekti) un robežās no 1,4-39,7% (vidēji 12,6%) 2012.gadā 4-8 gadus vecās jaunaudzēs (12 objekti, izvēlēti no 2011.gadā apsekotajiem). Deviņās no šīm audzēm augusta dzinumu sastopamība (5-9 gadu vecumā) novērtēta arī 2013.gada rudenī; koku ar augusta dzinumiem vidējais īpatsvars 3,4% (robežās no 0-5,2%). Tā kā 2013.gada rudenī šajās 9 jaunaudzēs parauglaukumos kokiem tika reģistrēts augusta dzinums ne vien 2013.gada pieauguma beigās, bet arī jebkurā no iepriekšējiem koka dzīves gadiem, tad bija iespējams salīdzināt datus, kas iegūti tieši augusta dzinuma veidošanās laikā un 1-2 gadus vēlāk – tālāk analizēt augusta dzinumu izraisītās sekas un to novērtēšanas iespējas vēlākos gados pēc tā izveidošanās. Atsevišķos gadījumos 2013.gadā novērots lielāks augusta dzinumu īpatsvars nekā to veidošanās gadā, kas liecina par šīs pazīmes ievērojamo mainību atkarībā no mikrovides apstākļiem – konkrēta parauglaukuma vietas izvēles. Tomēr lielākoties (70% gadījumu) augusta dzinumu veidošanās gadā konstatēts lielāks augusta dzinumu īpatsvars nekā, uzskaiti veicot vēlākos gados, turklāt situācija ir līdzīga neatkarīgi no tā, vai pēc augusta dzinuma izveidošanās pagājis viens vai divi gadi. Šajā gadījumā atšķirības augusta dzinumu īpatsvarā atkarībā no novērtēšanas brīža nav izskaidrojamas tikai ar konkrēta parauglaukuma apstākļiem. Ja augusta dzinumu nākamajā vai aiznākamajā gadā pēc tā izveidošanās nav iespējams redzēt (uzskaitīt), tad tā ietekmi uz koka stumbra kvalitāti var uzskatīt par mazsvarīgu. Jāņem vērā, ka konkrētā gadā uzskaitītu augusta dzinumu daudzums var būt lielāks nekā attiecīgajā mieturī vēlākajos gados uzskaitītu augusta dzinumu daudzums arī tādēļ, ka pēc konkrētā gada augusta dzinumu uzskaites ziemas periodā var tikt bojāta (visbiežāk pārnadžu nokosta) koka galotne ar augusta dzinumu, sānzaram kļūstot par galotni (sānzariem augusta dzinumi veidojas ievērojami retāk). Vairumā gadījumu augusta dzinums iepriekšējos mieturos ir redzams arī divus gadus pēc tā izveidošanās, tālāk iespējama vairāk vai mazāk paliekoša stumbra kvalitātes defekta rašanās – attiecīgajā mieturī veidojas padēls, dubulta galotne vai papildus zaru mieturis.

Par atkārtotu augusta dzinumu veidošanos vienam un tam pašam kokam liecina tas, ka no 4794 kokiem (izslēdzot no analīzes kokus ar 2013.gadā novērotiem kaitēkļu izraisītiem bojājumiem) augusta dzinums vismaz vienā zaru mieturī (pirmajā vai senāk) novērots 791 kokam (16,5%), bet no šiem kokiem 22,8% koku augusta dzinums bija arī 2013.gadā.

Parauglaukumos tika uzmērīts katra koka augstums un pēdējo triju gadu augstuma pieaugumi, kas ļauj analizēt augusta dzinumu veidošanās iespējamu saistību ar koka produktivitāti raksturojošām pazīmēm. Koki (stādītie) pēc to augstuma pieaugumiem tika sadalīti grupās: virs 60cm, 51-60cm, 41-50cm, 31-40cm un zem 30cm. Analizējot augstuma pieaugumu kokiem ceturtajā dzīves gadā un ceturtais sezonas beigās izveidojušos augusta dzinumus (489 koki), konstatētas statistiski būtiskas atšķirības ( $\chi^2$  tests;  $p < 0,001$ ) starp koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru dažādās pieaugumu grupās, turklāt vērojama sakarība, ka pieaugumam samazinoties, samazinās arī augusta dzinumu sastopamība. Tomēr, analizējot augstuma pieaugumu kokiem trešajā dzīves gadā un trešās sezonas beigās izveidojušos augusta dzinumus (317 koki), kā arī piektajā dzīves gadā un piektās sezonas beigās izveidojušos augusta dzinumus (754 koki), nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības ( $\chi^2$  tests;  $p > 0,05$ ) starp koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru dažādās pieaugumu grupās. Ietverot kopējā analīzē pieaugumu 3.-6.dzīves gadā (ieskaitot) un attiecīgās sezonas beigās izveidojušos augusta dzinumus, koku ar augusta dzinumiem īpatsvars atsevišķās pieauguma grupās ir robežās no 8% līdz 11%, noteikta tendence nav novērojama, un atšķirības nav statistiski būtiskas ( $p > 0,05$ ).

Analizēta arī sakarība starp koku augstumu un augusta dzinumu sastopamību. Koki pēc to augstuma 2013.gada sezonas beigās sadalīti četrās grupās: virs 300cm, 251-300cm, 201-

250cm, 151-200cm, līdz 150cm, no vērtējuma izslēgta jaunaudzē 9 gadu vecumā. Analizējot augusta dzinumumu sastopamību pirmajā mieturī un otrajā mieturī (skaitot no galotnes), konstatētas statistiski būtiskas atšķirības ( $\chi^2$  tests;  $p < 0,001$ ) starp koku ar augusta dzinumumiem īpatsvaru dažādās augstuma grupās (pēdējā gada augusta dzinumumu daudzums testa veikšanai nav pietiekamā apjomā). Vismazākais augusta dzinumumu īpatsvars (gan pirmajā, gan otrajā mieturī) ir kokiem vislielākā augstuma grupā (virs 300 cm) un vismazākā augstuma grupā (zem 150 cm), kas, iespējams, saistīts ar koku augstuma un vecuma ietekmes kombināciju.

Lai noskaidrotu augusta dzinumumu sastopamības iespējamo saistību ar koku vecumu, tika analizēti augusta dzinumumu uzskaites dati pirmajā, otrajā un trešajā mieturī, skaitot no koka galotnes, piemēram, koku ar augusta dzinumumiem īpatsvars 4 gadus vecā jaunaudzē ir gan koku ar augusta dzinumumiem pirmajā mieturī īpatsvars 5 gadus vecā jaunaudzē, gan koku ar augusta dzinumumiem otrajā mieturī īpatsvars 6 gadus vecā jaunaudzē, u.tml. Pastāv statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ ) starp augusta dzinumumu īpatsvaru gan dažādā koku vecumā, gan dažādos meža tipos, tomēr ievērojamas (un statistiski būtiskas) ir arī atšķirības starp dažādiem objektiem vienā vecumā un vienā meža tipā; nav konstatējama noteikta ar koku vecumu vai meža tipu izskaidrojama augusta dzinumumu īpatsvara palielināšanās vai samazināšanās tendence.

Lai gan damaksnī kopumā 3-6 gadu vecumā vērojama koku ar augusta dzinumumiem īpatsvara samazināšanās, bet šaurlapju ārenī un šaurlapju kūdrenī 3-5 gadu vecumā - palielināšanās (analīze parauglaukumu līmenī,  $p < 0,05$ ), tomēr jāuzsver, ka šajā analīzē izmantoti „mieturu” uzskaites dati – tāpēc ne visām jaunaudzēm konkrētajā vecumā bija līdzīgi meteoroloģiskie apstākļi (piemēram, piecu gadu vecumu divas jaunaudzēs bija sasniegušas 2013.gadā, divas – 2012.gadā, četras – 2011.gadā dažādos meža tipos, viena – 2009.gadā).

Analizējot koku ar augusta dzinumumiem īpatsvaru (augusta dzinumums uzskaitīts vismaz vienā no iepriekšējiem koka dzīves gadiem), noteikta ar vecumu saistīta tendence šādu koku īpatsvaram jaunaudzē nav konstatēta: 5 gadus vecās audzēs koku ar augusta dzinumumiem īpatsvars ir 41,2%, 6 gadus vecās audzēs 11,8%, septiņus gadus vecās audzēs 28,6%. Tas netieši liecina, ka nozīmīgāka par koka vecuma ietekmi (analizētajā vecuma intervālā damaksnī, šaurlapju ārenī un šaurlapju kūdrenī) ir meteoroloģisko apstākļu ietekme uz augusta dzinumumu veidošanos konkrētā veģetācijas sezonā.

Kopumā var secināt, ka gan meža tipam, gan meteoroloģiskajiem apstākļiem konkrētajā gadā ir būtiska ietekme uz augusta dzinumumu veidošanos. Tāpat nozīmīgs augusta dzinumumu veidošanās cēlonis (neatkarīgi no meža tipa) var būt dendrofāgo kukaiņu bojājumi. Lielākais koku ar augusta dzinumumiem īpatsvars novērots konstatēts šaurlapju kūdrenī. Konstatēts, ka augusta dzinumumu priedei apmēram pusē gadījumu (59-64%) izraisa arī pēc 1-2 veģetācijas sezonām redzamu padēla veidošanos.

Kompleksi vērtējot 2 sezonu mērījumu datus, var secināt, ka:

priežu jaunaudzju ierīkošana šaurlapju un platlapju kūdrenī saistīta ar paaugstinātu padēlu veidošanās varbūtību un rekomendējama tikai pēc tās ekonomiskās ietekmes izvērtēšanas; ņemot vērā, ka klimata izmaiņu ietekmē veidosies apstākļi, kuros sagaidāma biežāka augusta dzinumumu un padēlu veidošanās, kā arī ievērojamo koku ģenētikas ietekmi uz šīm pazīmēm (augusta dzinumumu un padēlu veidošanos), rekomendējams tās vērtēt meža selekcijas procesā, neiekļaujot sēklu plantāciju klonu skaitā tādus, kuriem konstatēts augsts pēcnācēju ar augusta dzinumumiem īpatsvars.

## 2. Padēlu veidošanās jaunaudzēs vecumā ietekme uz koka stumbra kvalitāti

Vairums pētnieku par padēlu uzskata zaru, kura veidotais leņķis ar stumbra garenasi ir šaurāks par 30° (Moore, 2009; Schermann et al., 1997; Temel, Adams, 2000). Kā dubultas galotnes, atšķirībā no padēliem, šaura leņķa (<30°) zari definējami gadījumos, kad to diametrs lielāks nekā puse no stumbra diametra (Schermann et al., 1997; Temel, Adams, 2000).

Zaru (t.sk. padēlu) izmēriem un izvietojumam ir izšķiroša ietekme uz koksnes kvalitāti un zāģmateriālu iznākumu. Zarainība gan pazemina zāģmateriālu estētisko kvalitāti, gan maina mehāniskās īpašības. Zari būtiski samazina zāģmateriālu koksnes lieces stiprību un stingrību, jo zara vietā koksnes šķiedru novirzīšanās (izliekšanās, sagrašanās) no stumbra garenass koksne rada mehāniskā ziņā vājākas vietas (Carmer, 1988). Šo īpašību ietekmes dēļ ir izveidoti standarti, kas nosaka kokmateriāla atbilstību attiecīgajam sortimentu veidam definētajām kvalitātes (t.sk. zaru īpašību) prasībām (Eiropas standarti LVS EN 1611-1 un LVS EN 33). Tādējādi zarainība mazina koksnes pieprasījumu tirgū un cenas. Koksnes stiprības un stingrības samazināšanās pakāpe atkarīga no zaru izmēra, izvietojuma, formas un nokalšanas (atmiršanas) stadijas (Carmer, 1988; Megraw, 1996; Schermann et al., 1997; Tong et al., 2013; Xiong, 2010). Lielākas zaru vietas zāģmateriālā veido augošā kokā esošie šaurāka leņķa zari – padēli. Tā kā padēli veidojas kā salīdzinoši resnāki zari un no koka stumbra atdalās šaurā leņķī, tad tie veido salīdzinoši lielāku stumbra tilpuma daļu, līdz ar to samazinot iegūstamo vērtīgo sortimentu apjomu gan kopšanas, gan galvenajā cirtē (Ehrenberg, 1970; Jayawickrama et al., 2009; Schermann et al., 1997; Tong et al., 2013). Koksnes strukturālās izmaiņas var samazināt koka izturību pret vēja izraisītiem bojājumiem (Søgaard et al., 2011). Padēlu sastopamību ietekmē koku suga, audzē veiktie mežsaimnieciskie pasākumi, vides un ģenētiskie faktori.

Tādi mežsaimnieciskie pasākumi, kā stādīšanas biežums, kopšanas cirtes, mēslošana var ietekmēt resnāku zaru veidošanos. Secinājumi par palielināta stādīšanas biežuma pozitīvo ietekmi uz padēlu sastopamības samazināšanu iegūstami galvenokārt no pētījumu rezultātiem par zaru resnuma atšķirībām. Piemēram, provenienču pētījumā Vācijā parastajai priedei 10 gadu vecumā konstatētas būtiskas zaru resnuma atšķirības dažādām proveniencēm un objektos ar atšķirīgu ierīkošanas biežumu (4444, 6666 un 13333 koku ha<sup>-1</sup>), turklāt arī proveniencē un ierīkošanas biežuma mijiedarbības faktora ietekme izrādījies būtiska. Tātad ne visas proveniencē zaru resnuma ziņā vienādi reaģējušas uz stādījuma biežuma atšķirībām (Kohlstock, Schneck, 1998). Pētot Kanādas egles (*Picea glauca* [Moench] Voss) koku zarojuma pazīmes (32 gadu vecumā) ar datortomogrāfijas palīdzību no stādījuma ar ierīkošanas biežuma variantiem 780-12600 koku uz hektāra, novērota tendence, ka kokiem mazākā stādīšanas biežumā zari ir resnāki (Tong et al., 2013). Tomēr, ņemot vērā, ka par padēlu zars klasificējams ne vien tā resnuma, bet, galvenokārt, šaurā leņķa dēļ, tad nozīmīgs augsta stādīšanas biežuma pozitīvais efekts uz padēlu īpatsvara samazināšanu mežaudzē ir apšaubāms.

Veicot kopšanas cirtes, izcērtami ne vien dažādu faktoru bojātie un augšanā atpalikušie, bet arī sliktas kvalitātes koki - ļoti zaraini, līki, kā arī koki ar vairākām galotnēm vai padēliem (Kopšanas ciršu rokasgrāmata, 2008). Iepriekšējā nodaļā analizētajās priežu jaunaudzēs 3-9 gadu vecumā aptuveni pusei koku novērots vismaz viens padēls vai dubulta galotne (radušies dzīvnieku izraisīta bojājuma, augsta dzinuma vai cita iemesla dēļ), turklāt šie stumbra kvalitātes defekti konstatēti gan dominējošiem, gan augšanā atpalikušiem kokiem; savukārt priežu brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumos 32 gadu vecumā padēls konstatēts vidēji 10-19% koku. Nozīmīgi ir pētījumi, kuros skaidrots, vai un cik lielā mērā padēli, kas kokiem izveidojušies agrīnā vecumā, var ietekmēt stumbra kvalitāti vēlākos gados, iegūstot konkrētus kokmateriālu sortimentus. Zari sākotnēji aug salīdzinoši šaurā leņķī uz augšu, sasniedzot

maksimālo diametru, un pēc tam to novietojums kļūst horizontālāks (Ehrenberg, 1963; Franklin, Callahan, 1970; Tong et al., 2013). Atkārtoti nosakot stumbra kvalitātes pazīmes duglāzijai, konstatēts, ka no kokiem, kuriem 12 gadu vecumā novērots padēls, 62% gadījumu tas konstatējams arī 24 gadu vecumā, bet vairums (53%) dubulto galotņu (12 gadu vecumā) atkārtotās uzmērīšanas laikā (24 gadu vecumā) uzskatāmas par padēliem (Temel, Adams, 2000). Vairāki autori (Barber, 1964; Campbell, 1965; Schermann et al., 1997) norādījuši, ka agrīnā vecumā sastopamie stumbra defekti ne vien pazemina pirmajās krājas kopšanas cirtēs iegūstamo kokmateriālu kvalitāti, bet arī pieaugušu koku ekonomisko vērtību, kaut arī līdz ar vecumu šie defekti augošam kokam koksnes pieauguma dēļ nav vizuāli konstatējami. Piemēram, duglāzijai sastopamā stumbra līkumainība starpmieturu posmos vēlākos gados ārēji nav novērojama, tomēr atstāj paliekošu ietekmi uz koksnes kvalitāti stumbra apakšējā nogrieznī – paaugstina reakcijas koksnes īpatsvaru (Campbell, 1965). Līdzīgi rezultāti iegūti arī *Pinus elliotti* pētījumos (Barber, 1964). Stumbra defektiem tā pirmajos nogriežņos (agrīnā – 10-15 gadu vecumā) ir salīdzinoši lielāka ekonomiskā nozīme (Barber, 1964; Schermann et al., 1997). Pietiekami augstas intensitātes kopšanas cirte dod iespēju lielākā mērā samazināt koku ar padēliem īpatsvaru mežaudzē. Tāpat padēlus iespējams nozāģēt, veicot augošu koku atzarošanu, tomēr jāņem vērā, ka pasākums ir dārgs, un padēlu zaru vietas lēnāk aizaug un atstāj lielākas rētas pēc koku atzarošanas (Barber, 1964; Schermann et al., 1997).

Pētījumos norādīts uz vides faktoru – augsnes auglības un meteoroloģisko apstākļu – ietekmi uz koku ar stumbra (t.sk., vadošā dzinuma) defektiem īpatsvaru, par ko liecina šī īpatsvara atšķirības starp vienas un tās pašas ģimenes pēcnācējiem dažādās stādījumu vietās un dažādos novērojumu gados, piemēram, parastajai priedei Zviedrijā 11 gadu vecumā (Ehrenberg, 1963). Pētījumos novērota stumbra defektu sastopamības palielināšanās tendence kokiem auglīgākā augsnē (Ehrenberg, 1963; Espinosa, 2009). Analizējot mēslošanas ietekmi uz dažādām terpentīna priedes pazīmēm pēcnācēju iedzimtības pārbaužu stādījumos 3 un 12 gadu vecumā Ziemeļkarolīnā, ASV, Espinosa (2009) konstatējis, ka slāpekļa mēslojuma lietošanas rezultātā paaugstinās dubultu galotņu un padēlu sastopamību.

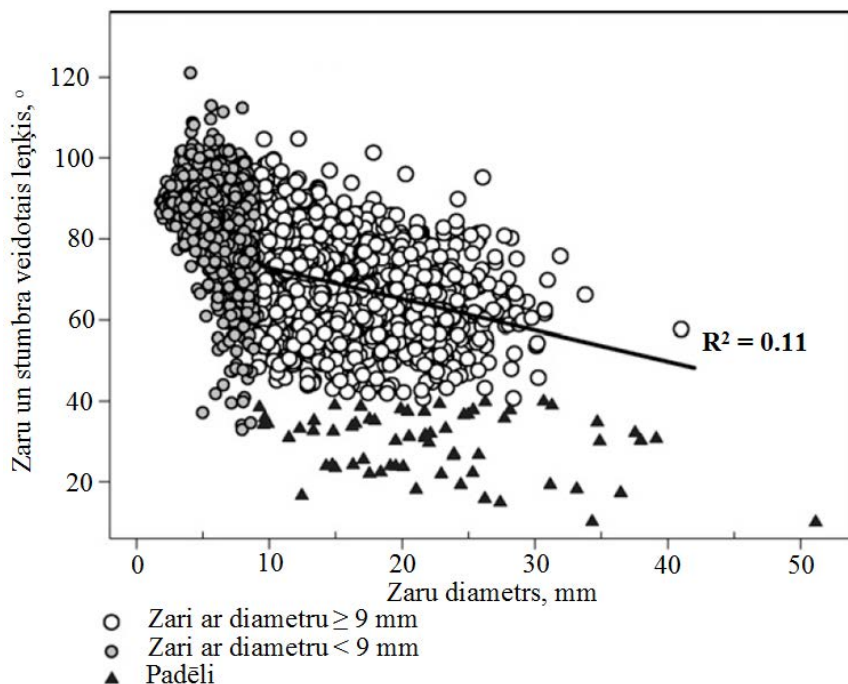
Padēlu veidošanās tendence un līdz ar to šī stumbra kvalitātes defekta ekonomiskā nozīme dažādām koku sugām ir atšķirīga. Duglāzijai (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (MIRB.) FRANCO) dubultas galotnes un padēlus Schermann et al. (1997) norādījuši kā svarīgākos stumbra defektus. Pētot stumbra kvalitāti 80 brīvapputes ģimeņu pēcnācēju stādījumā 9 gadu vecumā, auglīgā augsnē (vidējais koku augstums 6 m), Klusā okeāna piekrastē, Vašingtonas štatā, ASV, konstatētais koku ar vismaz vienu dubultu galotni vai padēlu īpatsvars bija attiecīgi 26% un 46%, ar abiem defektiem – 15%. No kokiem, kam konstatēti šie zarojuma defekti, vairumam koku bija tikai viens padēls (60%) vai viena dubulta galotne (80%), tomēr maksimālais defektu skaits vienam kokam bija 7 padēli un 4 dubultas galotnes.

Vērtējot koku produktivitātes un stumbra kvalitātes pazīmes duglāzijai 90 brīvapputes ģimeņu pēcnācēju stādījumā Klusā okeāna piekrastē, Oregonas štatā, ASV, Temel un Adams (2000) konstatējuši, ka koku ar padēliem īpatsvars 24 gadu vecumā bija 30,2%. Vairumam koku (83%), kam nebija novēroti zarošanās defekti (padēli un/vai dubultas galotnes) 12 gadu vecumā, tie netika konstatēti arī 24 gadu vecumā.

Novērtējot Sitkas egles (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) stumbra kvalitātes defektus Lielbritānijā (64 audzēs 35-50 gadu vecumā, vidējais koku augstums 22,1±4,0 m, stumbra caurmērs 23,0±7,7 cm), secināts, ka koku ar padēliem īpatsvars audzē sasniedz maksimāli 88%, bet vidēji tas ir 37,2% (Moore et al., 2009).

Pētot Kanādas egles (*Picea glauca* [Moench] Voss) koku zarojuma pazīmes ar datortomogrāfijas palīdzību 16 kokiem no stādījuma Kanādā, auglīgā augsnē, 32 gadu vecumā (vidējais koku augstums 12,6 m), vienam kokam vidēji konstatēti 112 nozīmīgi ( $\geq 9$  mm) zari, no kuriem 7% var pazemināt kvalitātes klasi, 3,6% bija padēli, bet 70% - zari, kuru veidotais leņķis ar stumbru bija robežās no 60° līdz 80° (šajā gadījumā leņķis, ko ar garenasi veido līnija koksne no zara sākumpunkta pie serdes līdz tālākajam punktam pie mizas). Padēli konstatēti 15 kokiem no 16, maksimālais padēlu skaits vienam kokam bija 16. Vienam kokam aptuveni

31% padēlu bija starp pieciem resnākajiem zariem. Zaru leņķis samazinājās, palielinoties zaru diametram, t.i., resnākiem zariem konstatēts šaurāks zaru un stumbra garenass veidotais leņķis (2.1.att.); 8 no 16 kokiem padēli uzrādīja lielāku zaru resnumu nekā zari platākā leņķi (Tong et al., 2013).



2.1.attēls. Sakarība starp zaru resnumu un zaru un stumbra veidoto leņķi Kanādas eglei 32 gadu vecumā (Tong et al., 2013).

Terpentīna priedei (*Pinus taeda* L.), kas ir ekonomiski nozīmīgākā koku suga ASV dienvidaustrumu daļā, selekcijas programmas ietvaros 50 gadu laikā atlase veikta pēc tādām pazīmēm, kā augšanas ātrums, noturība pret slimībām un stumbra taisnums, bet salīdzinoši maza vērība pievērsta zarošanās defektu – dubultu galotņu un padēlu – sastopamībai, kas nozīmīgi pazemina koksnes kvalitāti un kvantitatīvo iznākumu, līdz ar to tās ekonomisko vērtību. Xiong (2010) veiktā pētījumā terpentīna priedes iedzimtības pārbaužu stādījumos sešu gadu vecumā, vērtējot sibu ģimeņu pēcnācējus, koku ar dubultām galotnēm vidējais īpatsvars konstatēts 18% (robežās no 4% līdz 80% dažādās stādījumu vietās). Vērtējot klonu pēcnācējus, koku ar dubultām galotnēm vidējais īpatsvars konstatēts 17% (klonu vidējās vērtības robežās no 0% līdz 73%), padēlu vidējais īpatsvars 24% (klonu vidējās vērtības robežās no 3% līdz 50%).

Austrālijā priežu *Pinus elliotii* x *Pinus caribaea* hibrīdu klonu selekcijas programmas īstenošanas ietvaros konstatēts, ka no 1200 kloniem tikai 175 uzrādīja pārkumu vairāku pazīmju kompleksā vērtējumā – pēc stumbra tilpuma un taisnuma, kā arī stumbra formas (zems koku ar dubultu galotni vai padēlu īpatsvars). Kā salīdzinoši augsts (virs vidējā) atzīmēts padēlu īpatsvars 29% no visiem uzmērītajiem klona rametiem.

Parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) iedzimtības pārbaužu stādījumos Zviedrijā konstatēts, ka 11 gadu vecumā pluskoku un mīnuskoku krustojumu pēcnācēju stādījumos koku ar dubultām galotnēm vidējais īpatsvars sasniedz 30%; to lielā mērā nosaka mīnuskoku pēcnācēju vērtējums (Ehrenberg, 1963).

Pētot vides apstākļu nozīmi zarošanās defektu sastopamībā vienas koku sugas ietvaros, vairāki autori akcentējuši sala bojājumu būtisko ietekmi uz dubultu galotņu veidošanos, kad galotnes centrālā pumpura bojājuma dēļ divu vai vairāku sānu pumpuru līdzvērtīga augšana sekmē vairāku galotņu attīstību un savstarpēju konkurenci (Barber, 1964; Franklin, Callaham, 1970). Līdzīgā veidā, jebkuri citi vadošā dzinuma bojājumi – putnu, dzīvnieku, vēja, slimību, kaitēkļu izraisīti – var sekmēt vairāku galotņu veidošanos (Xiong, 2010). Franklin un Callaham (1970) klinškalnu priedei (*Pinus contorta* var. *murrayana* Engelm.) iedzimtības

pārbaužu stādījumos piecu gadu vecumā konstatējuši, ka kaitēkļu bojājumu dēļ veidojusies samērā neliela, tomēr nozīmīga daļa no visām reģistrētajām dubultajām galotnēm – 10%. Vairāki autori norādījuši, ka arī augusta dzinumu veidošanās saistīta ar stumbra kvalitātes defektiem. Augusta dzinumu attīstība var pazemināt koku salcietību, piemēram, parastajai eglei (*Picea abies* (L.) Karst.). Salcietība sāk veidoties pēc galotnes pumpura noformēšanās, tāpēc, aktīvai augšanai beidzoties pārāk vēlu, galotnes dzinums var nerasniegt pietiekamu salcietības pakāpi, lai pārciestu rudens salnas. Līdz ar to rudens salnas var tieši bojāt audus vai arī izjaukt salcietības turpmāko attīstību; tas mazina auga izturību pret ziemas sala bojājumiem. Iespējams arī, ka vēla pumpura veidošanās veģetācijas perioda beigās ietekmē pumpura plaukšanas laiku nākamajā pavasarī, un līdz ar to paaugstinās pavasara salnu bojājumu risks (Gabrilavičius, Danusevičius, 2003; Sjøgaard et al., 2011). Augusta dzinumu attīstība var sekmēt vairāku galotņu izveidošanos divējādi: vai nu attīstās konkurētspējīgi augusta dzinumi no galotnes dzinuma sānu pumpuriem, vai arī gala pumpura augusta dzinums nozīmīgi cieš no sala bojājumiem (Pallardy, 2008). Attīstoties augusta dzinumam no sānu pumpura, galotnes dzinums var vēlāk atgūt savu vadošo lomu, un augusta dzinumi tādā gadījumā saglabājas kā liela izmēra zari, vai arī galotnes dzinums var zaudēt savu vadošo lomu, un augusta dzinums tādā gadījumā kļūst par galotni, stumbrs veidojas līks, un sākotnējā galotne saglabājas kā padēls (Ehrenberg, 1970).

Pētījumi par augusta dzinumu ietekmi uz parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) stumbra kvalitāti veikti jau 20.gs. 60.gados (West, Rogers, 1965). Provenienču izmēģinājumā Ņūdžersijā 6 gadu vecumā koku īpatsvars ar augusta dzinumiem bija 22–28%, un pēc diviem gadiem tika novērtēta stumbra kvalitāte – līkumainība un dubultu galotņu īpatsvars. No kokiem, kuriem sestās augšanas sezonas beigās bija izveidojušies augusta dzinumi, 15% novērota dubultas galotnes veidošanās septītā gada pieaugumam, kas bija būtiski ( $\alpha = 0,01$ ) vairāk nekā kokiem bez augusta dzinumiem (6%). Autori novērojuši, ka dubultas galotnes veidošanās pirmajā gadā pēc augusta dzinuma attīstības bieži nav paliekoša – koks cenšas atjaunot galotnes dzinuma vadošo lomu nākamajā veģetācijas sezonā, tāpēc nepieciešami vismaz divu gadu novērojumi, lai novērtētu, vai augusta dzinumu attīstība veicinājusi paliekošas dubultas galotnes veidošanos. Ehrenberg (1963) pētījumā konstatēta saistība starp koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru un koku ar dubultām galotnēm īpatsvaru parastās priedes krustojumu ģimeņu pēcnācējiem Zviedrijā 8-11 gadu vecumā. Carvell (1956) Rietumvirdžīnijā *Pinus resinosa* Ait. novērojis, ka sešu gadu vecumā 19% koku bija augusta dzinumi, un 76% no šiem kokiem nākamajā augšanas sezonā izveidojās divi vai vairāk spēcīgi vadošie dzinumi, tomēr nav zināms, vai vēlākajos gados dubultā galotne saglabājas.

Tomēr parastajai eglei kokaudzētavas vecumā Hoffmann (1965) nav novērojis būtisku augusta dzinumu ietekmi uz dubultas galotnes veidošanos – no 600 kokiem, kam novēroti augusta dzinumi, tikai diviem pēc tam izveidojusies dubulta galotne. Līdzīgi Danusevičius un Persson (1998) egļu provenienču pēcnācējiem nav konstatējuši sakarību starp augusta dzinumu veidošanos un stumbra kvalitātes pazemināšanos: korelācijas koeficients  $r = -0,02$  ( $p > 0,05$ ) starp augusta dzinumu īpatsvaru 5 gadu vecumā un stumbra kvalitātes vērtējumu (koki ar dubultu galotni, diviem stumbriem, padēliem) 9 gadu vecumā. Šajā pētījumā nav konstatēta arī būtiska sakarība starp augusta dzinumu īpatsvaru piektās augšanas sezonas beigās un salnu bojājumiem nākamā gada pavasarī. Sitkas eglei (8 gadu vecumā) novērota augusta dzinumu veidošanās saistība ar vēla rudens sala bojājumiem (Magnesen, 1986). Pētījumā Norvēģijas dienvidaustrumu daļā, analizējot augusta dzinumu iespējamo ietekmi uz egles stumbra kvalitāti, konstatēts, ka kokiem, kuriem novēroti augusta dzinumi, nākamajā gadā aptuveni par 45 % biežāk konstatētas vairākas galotnes nekā kokiem bez augusta dzinumiem, piemēram, 2008.gadā vairākas galotnes konstatētas < 5 % koku, kuriem nebija augusta dzinumu 2007.gadā, bet ~ 45 % koku, kuriem bija augusta dzinumi 2007.gadā; līdzīga situācija novērota arī 2009.gadā (attiecībā pret 2008.gadu) – attiecīgi ~ 10 % un ~ 50 % (Sjøgaard et al., 2011).

Duglāzijas iedzimtības pārbažu stādījumā 9 gadu vecumā (Schermann et al., 1997) konstatēta pozitīva ģenētiskā korelācija starp koku ar augsta dzinumiem īpatsvaru un koku ar stumbra kvalitātes defektiem īpatsvaru ģimenē (padēliem 0,72 un dubultām galotnēm 0,93). Schermann et al. (1997) konstatējuši, ka duglāzijai agrāka plaukšana pozitīvi korelē ( $0,39 \pm 0,15$ ) ar augsta dzinumu īpatsvaru un stumbra defektiem (ģenētiskā korelācija padēliem  $0,42 \pm 0,13$  un dubultām galotnēm  $0,56 \pm 0,17$ ). Adams un Bastein (1994) duglāzijai konstatējuši, ka pastāv pozitīva ģenētiskā korelācija starp vidējo koku ar augsta dzinumiem 5, 6, 7 un 10 gadu vecumā īpatsvaru un koku ar dubultām galotnēm īpatsvaru 10 gadu vecumā ( $r_A=0,66$ ).

Ģenētisko faktoru ietekmi uz dažādu skujkoku sugu stumbra kvalitātes pazīmēm pētnieki konstatējuši jau 20.gs. vidū, piemēram, analizējot stumbra līkumainību *Pinus elliottii* brīvapputes un kontrolēto krustojumu pēcnācējiem (Mergen, 1950), kā arī salīdzinot stumbra defektu sastopamību parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) pluskoku un mīnuskoku pēcnācējiem (Ehrenberg, 1958; Ehrenberg, 1963). Klinškalnu priedei (*Pinus contorta* var. *murrayana* Engelm.) Franklin un Callahan (1970) iedzimtības pārbažu stādījumos piecu gadu vecumā konstatējuši, ka ģenētiskie faktori dubultu galotņu veidošanos ietekmē ģimeņu līmenī.

Zaru leņķim raksturīga augstāka ģenētiskās nosacītības pakāpe, salīdzinot ar citām zarojuma pazīmēm, piemēram, zaru resnumu, ko vairāk ietekmē apkārtējās vides apstākļi (Zobel, Jett, 1995). Xiong (2010) veiktajā pētījumā terpentīna priedes iedzimtības pārbažu stādījumos sešu gadu vecumā individuāliem kokiem iedzīmstamības koeficients dubulto galotņu sastopamībai bija zems (0,06), bet ģimenēm  $h^2=0,59$ . Autors secina, ka dubultu galotņu veidošanos ģimeņu līmenī lielā mērā nosaka ģenētiskie faktori, bet individuālu koku līmenī – galvenokārt vides apstākļi. Konstatēta vidēja ģenētiskā korelācija starp dubultu galotņu un padēlu sastopamību (0,68), kas liecina par to, ka abas pazīmes daļēji kontrolē vieni un tie paši gēni, kas nodrošina iespēju selekcijas rezultātā iegūt pozitīvu efektu abām pazīmēm vienlaikus.

Analizējot *Pinus elliottii* brīvapputes pēcnācēju iedzimtības pārbažu stādījumus 6-11 gadu vecumā Austrālijā (Dieters, 1996), konstatētas iedzīmstamības koeficienta vērtības koku augstumam  $h^2=0,19-0,24$ , dubulto galotņu īpatsvaram  $h^2=0,11-0,13$ , padēlu īpatsvaram  $h^2=0,10-0,11$ ; ģenētiskā korelācija koku augstumam  $r_b=0,90-0,91$ , dubulto galotņu īpatsvaram  $r_b=0,79-0,93$ , padēlu īpatsvaram  $r_b=0,87-0,92$ .

Pētot stumbra formas pazīmju ģenētisko nosacītību duglāzijai, aprēķinātās iedzīmstamības koeficienta vērtības ģimenēm (padēlu īpatsvaram 0,43, dubulto galotņu īpatsvaram 0,35) brīvapputes pēcnācēju stādījumā 9 gadu vecumā liecina, ka stumbra kvalitāti var uzlabot ar selekcijas palīdzību. Starp padēlu īpatsvaru un dubulto galotņu īpatsvaru konstatētā ģenētiskā korelācija (0,54) ir pozitīva, bet vidēji cieša; tas nozīmē, ka šos abus stumbra defektus tikai daļēji kontrolē vieni un tie paši gēni (Schermann et al., 1997). Dubultu galotņu un padēlu sastopamībai konstatēta cieša pozitīva ģenētiskā korelācija (0,6 līdz 1,0) *Pinus elliottii* brīvapputes pēcnācēju iedzimtības pārbažu stādījumos 6-11 gadu vecumā Austrālijā (Dieters, 1996). Temel un Adams (2000) norādījuši, ka nepieciešamība atsevišķi uzskaitīt šos abus stumbra zarošanās defektus ir apšaubāma, jo vairums (53%) dubulto galotņu atkārtotās uzmērīšanas laikā duglāzijai 12 un 24 gadu vecumā uzskatāmas par padēliem; ģenētiskā korelācija starp šīm stumbra kvalitātes pazīmēm 12 un 24 gadu vecumā bija augsta ( $r_A \geq 0,82$ ).

Vairākos pētījumos norādīts, ka pastāv pozitīva sakarība starp koka augšanas pazīmēm un stumbra kvalitātes defektu veidošanos. Starp koku augstumu un dubultu galotņu īpatsvaru konstatēta vāja nevēlama ģenētiskā korelācija (0,18) terpentīna priedei sešu gadu vecumā (Xiong, 2010). Zaru izmēriem un padēlu sastopamībai duglāzijai konstatēta pozitīva ģenētiskā korelācija ar stumbra krūšaugstuma caurmēru (attieciņi  $r_A=0,56$  un  $r_A=0,41$ ), turklāt ģenētiskā korelācija starp koku caurmēru un padēlu sastopamību 24 gadu vecumā (0,41) ir mazāka nekā 12 gadu vecumā (0,61) (Temel, Adams, 2000). Analizējot *Pinus elliottii* brīvapputes pēcnācēju iedzimtības pārbažu stādījumus 6-11 gadu vecumā Austrālijā (Dieters, 1996),

dubultu galotņu un padēlu sastopamībai konstatēta vidēja pozitīva ģenētiskā korelācija (0,2 līdz 0,6) ar augšanas pazīmēm (koka augstumu, stumbra caurmēru un tilpumu), turklāt šī korelācija 10 gadu vecumā ir augstāka nekā 6 gadu vecumā (atšķirībā no Temel, Adams (2000) pētījuma rezultātiem duglāzijai).

Duglāzijai 9 gadu vecumā stumbra defektiem konstatēta pozitīva ģenētiskā korelācija ar stumbra caurmēru (padēlu īpatsvaram 0,42 un dubultu galotņu īpatsvaram 0,59), tomēr autori (Schermann et al., 1997) akcentējuši, ka tā ir pietiekami zema, lai sekmīgi veiktu selekciju gan pēc stumbra tilpumu, gan labas stumbra kvalitātes (padēlu un dubultu galotņu samazināta īpatsvara). Līdzīgi Adams un Bastein (1994) duglāzijai brīvapputes ģimeņu pēcnācēju iedzimtības stādījumos 5-13 gadu vecumā, konstatējot pozitīvu ģenētisko korelāciju starp koku augstumu 13 gadu vecumā un koku ar dubultām galotnēm īpatsvaru 10 gadu vecumā ( $r_A=0,53$ ), norādījuši uz iespējam selekcijas rezultātā palielināt koku augstumu, nepalielinot stumbra defektu – dubulto galotņu – sastopamību.

Stumbra kvalitātes defektu sastopamības samazināšana ar selekcijas metodēm ir efektīvāka un lētāka nekā ar mežsaimniecisko pasākumu palīdzību, piemēram, augstu stādīšanas biežumu, sastāva kopšanas cirtēm, augošu koku atzarošanu. Vairāki autori, konstatējot no mežsaimniecības viedokļa nevēlamu ģenētisko korelāciju (parasti zemu vai vidēju) starp koka produktivitātes un stumbra kvalitātes pazīmēm, akcentē nepieciešamību selekcijas procesā pēcnācēju vērtēšanā iekļaut ne vien produktivitāti, bet arī stumbra kvalitāti raksturojošas pazīmes, kā arī definēt stumbra un koksnes kvalitātes pazīmju ietekmes īpatsvaru uz zāģmateriālu kvalitāti (Adams, Bastein, 1994; Cumbie et al., 2012; Dieters, 1996; Jayawickrama et al., 2009; Schermann et al., 1997; Temel, Adams, 2000; Xiong, 2010), tādējādi ar selekcijas metodēm uzlabojot stumbra kvalitāti.

Kopumā pētījumu par padēlu veidošanos un saglabāšanos turpmākās koka dzīves laikā, tādējādi ietekmējot tā stumbra monetāro vērtību, ir maz, jo šādi izpētei nepieciešami vai nu ļoti ilgaicīgi vienas un tās pašas paraugkopas novērojumi, vai pēdējā desmitgadē izmantotā pieauguša koka iekšējās zarojuma struktūras rekonstrukcija ar datortomogrāfiju, kas ir dārga un laikietilpīga, tādēļ līdz šim veikta ļoti nelielam koku skaitam.

Padēlu veidošanos un saglabāšanos skuju kokiem nosaka gan vide, gan koku ģenētika. Novērota stumbra defektu sastopamības palielināšanās tendence kokiem auglīgākā un/vai ar slāpekļa savienojumiem mēslotā augsnē. Padēlu veidošanās biežums dažādām koku sugām, tāpat kā proveniencēm vai atsevišķiem genotipiem to ietvaros, ir atšķirīgs. Parastajai eglei gan citviet, gan mūsu projektā veiktajos pētījumos nav konstatēta nozīmīga augusta dzinumu un padēlu veidošanās saikne, kā arī augsts koku ar padēliem īpatsvars, savukārt parastās priedes pētījumi liecina par nozīmīgu ģenētikas ietekmi uz augusta dzinumu, kā arī padēlu un/vai dubultu galotņu veidošanos, turklāt daļa no šiem stumbra defektiem saglabājas vismaz jaunaudzēs vecumā. Zinātniskajā literatūrā trūkst informācijas par lapu koku padēlu attīstību un to, cik liela daļa padēlu, kas izveidojušies pirmās vecumklases kokiem, saglabājas ilgāk nekā līdz otrās vecumklases beigām.



### 3. Parastās egles pumpuru plaukšanas laika ietekmes uz augusta dzinumu veidošanos

Pārskata periodā saskaņā ar projekta darba uzdevumu analizēti dati no pēcnācēju pārbaužu stādījumiem (nodrošinot iespēju kompleksi apskatīt gan ģenētisko, gan vides faktoru ietekmi), vērtējot koku plaukšanas laika ietekmi uz citām pazīmēm – augusta dzinumu veidošanos, sala bojājumiem.

Egļu populācijās dabā nav novērojama krasa robeža starp eglēm ar dažādu plaukšanas laiku, tāpēc konkrētu fenoloģisko formu izdalīšana ir nosacīta (Vēveris, 1966). Tomēr, analizējot pēcnācēju pārbaužu datus 20.gs. 70.-80.gados, V.Rone konstatējusi nozīmīgu ģenētisko faktoru ietekmi uz egļu plaukšanas laiku (Роне, 1975). Čертовский (Чертовский, 1978) norādījis, ka agri un vēlu plaukstošās egles neatšķiras pēc augšanas ātruma, bet Vēveris (1975) atzīmējis, ka atsevišķu indivīdu vai populāciju agrāka plaukšana liecina par to relatīvo ātraudzību, piemēram, izcilās egles parasti ir audzes agri plaukstošie koki. Savukārt V.Rone (Роне, 1975) konstatējusi, ka koku augstums ir praktiski neitrāls attiecībā pret veģetācijas sākumu, bet labvēlīgos augšanas apstākļos palielinās līdz ar vēlāku veģetācijas perioda nobeigumu, un vēlāks veģetācijas perioda nobeigums 100 % gadījumu saistīts ar augusta dzinumu veidošanos. Vērtējot egļu proveniencu pēcnācējus 8 gadu vecumā, Rones (1984) veiktajā pētījumā konstatēts, ka atsevišķu proveniencu augstuma pārākums atkarīgs no meteoroloģiskajiem apstākļiem stādījuma vietā: eksperimentā Saldū objektā, kur augšanas apstākļi labvēlīgāki, atsevišķu proveniencu novirzes no reģiona vidējā koku augstuma attiecīgajā vecumā ir nelielas, bet Kalsnavas objekta ekstrēmajos apstākļos (augsta pavasara salnu varbūtība) – sasniedz pat 30%. V. Rone novērojusi, ka Kalsnavas objektā atkārtotu pavasara salnu fonā ātraudzīgākajām proveniencēm raksturīga vēlāka plaukšana. Vērtējot četras Latvijas egļu proveniencē blakus esošos stādījumus, ko kuriem viens ir raksturīgs ar biežākām pavasara salnām, konstatēts, ka korelācijas koeficienta vērtības starp koku augstumu un vēlu plaukšanas laiku ir robežās no 0,21 līdz 0,54 „bezsalnu apstākļos” un no 0,56 līdz 0,85 „salnu apstākļos”. Kalsnavas objektā relatīvi stabilajai Bērzgales proveniencē raksturīga konstanta vēlu plaukstošo genotipu priekšrocība šajā populācijā – neatkarīgi no salnu ietekmes korelācija starp augstumu un plaukšanas termiņu pozitīva un augstāka nekā pārējās trīs proveniencēs. Saldus objektā, kur izteikti salnu bojājumi nav konstatēti, plaukšanas termiņš neietekmē augšanas ātrumu, korelācijas koeficients starp šīm pazīmēm tuvs nullei. Analizējot stādījumus juvenīlā vecumā konstatēts, ka koku, kuru galotnes pumpurs veido augusta dzinumu, īpatsvars ir saistīts ar attiecīgās ģimenes ātraudzību (Rone, 1985). Līdzīgi Hoffmann (1965) egļu proveniencu izmēģinājumā (7 Vācijas proveniencē, 9–13 gadu vecumā) konstatējis ciešu sakarību starp augusta dzinumu īpatsvaru un proveniencē pēcnācēju vidējo augstumu ( $r = 0,93$ ). Līdz ar vecumu augstuma atšķirības palielinās, piemēram, 9 gadu vecumā vidējais augstums kokiem bez augusta dzinumiem bija 95 cm, bet kokiem ar augusta dzinumiem – 129 cm; 13 gadu vecumā attiecīgi 294 cm un 390 cm.

Zviedrijā (Danusevičius, Persson, 1998), novērtējot 107 Zviedrijas egļu proveniencē un 16 proveniencē no Austrumeiropas 5–9 gadu vecumā, proveniencu vidējo vērtību līmenī eglei konstatēta pozitīva sakarība ( $r \approx 0,3$ ;  $p < 0,01$ ) starp augusta dzinumu īpatsvaru un koku augstumu (gan 5, gan 9 gadu vecumā). Lielāks augusta dzinumu īpatsvars raksturīgs proveniencēm ar vēlāku plaukšanas sākumu ( $r \approx 0,25$ ;  $p < 0,05$ ) un vēlāku pieauguma izbeigšanos ( $r = 0,43$ ;  $p < 0,001$ ). Egles iedzimtības pārbaužu stādījumos konstatēts, ka ģimenēm ar agrāku pieauguma izbeigšanos Norvēģijas eksperimentā 5 gadu vecumā raksturīgs lielāks augusta dzinumu īpatsvars Somijas eksperimentā 21 gada vecumā (Søgaard et al., 2011).

Parastās egles plaukšanas laika novērtējuma metodika

Sakarības starp egļu plaukšanas laiku un vairākām citām pazīmēm - koku augstumu, augstuma pieaugumu, augsta dzinumu attīstību, padēlu veidošanos, sala bojājumiem - analizētas egļu brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumos (4 netālu izvietotos laukos) Ķeguma novadā 11 gadu vecumā. Kokiem uzņēmēts augstums 10 gadu vecumā un 11 gadu vecumā, noteikta augsta dzinumu sastopamība 10. un 11. augšanas sezonas beigās, reģistrēta divu vai vairāku vadošo dzinumu izveidošanās pieaugumam 11. augšanas sezonā, padēlu sastopamība, sala bojājumi (3.1.att.).



3.1.attēls. Sala radītie bojājumi.

Koki atkarībā no jauno dzinumu attīstības pakāpes uzskaites brīdī (2012.gada 4.-7.jūnijā) iedalīti četrās plaukšanas klasēs: 1.klase – vēlu plaukstošie koki (3.2(a)att.), 2.klase – vidēji vēlu (3.2(b)att.), 3.klase – vidēji agri (3.2(c)att.), 4.klase – agri plaukstošie koki (3.2(d)att.).



(a)



(b)



(c)



(d)

3.2.attēls. Koki dažādās plaukšanas klasēs – vēlu plaukstošie (a), vidēji vēlu plaukstošie (b), vidēji agri plaukstošie (c), agri plaukstošie (d).

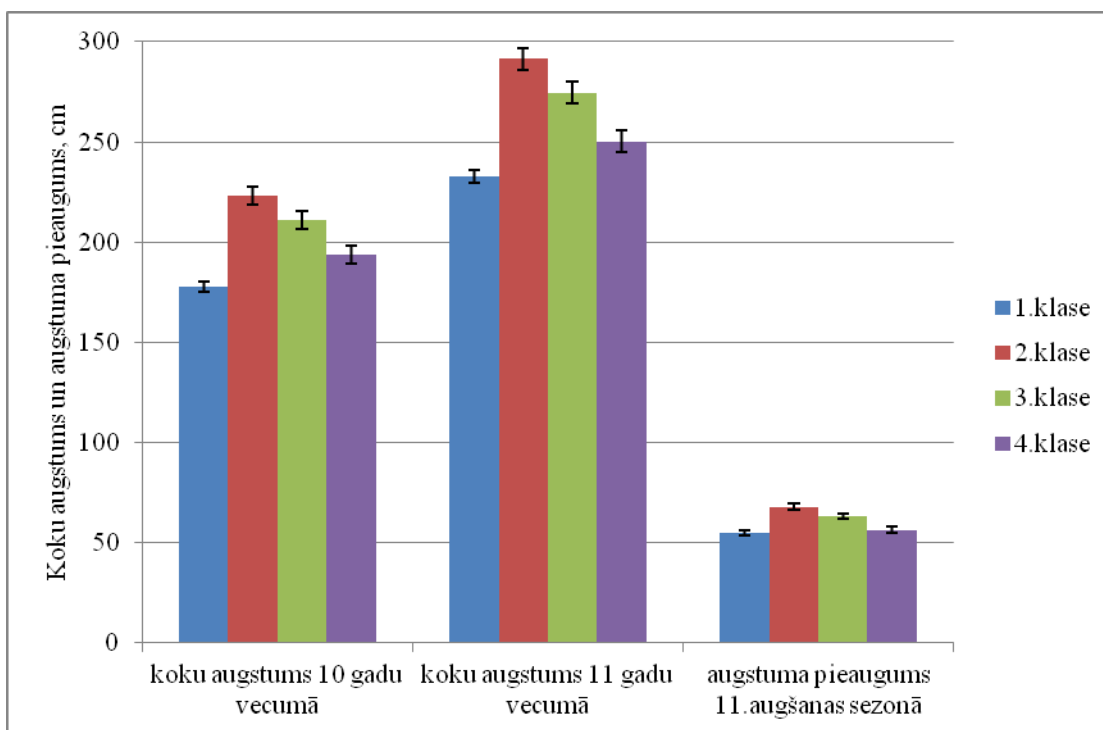
Plaukšana vērtēta 10628 kokiem, pazīmju sakarības analizētas 6207 kokiem.



### Parastās egles plaukšanas laika ietekmes novērtējums

Koku vidējais augstums Rembates izmēģinājumā 10 gadu vecumā bija  $194 \pm 1,9$  cm, bet 11 gadu vecumā  $253 \pm 2,4$  cm, augstuma pieaugums 11. augšanas sezonā  $59 \pm 0,7$  cm. Analizējot augstuma un pieauguma atšķirības individuāliem kokiem dažādās plaukšanas klasēs (3.3.att.), vislielākais koku augstums un pieaugums konstatēts vidēji vēlu plaukstošiem kokiem (koku augstums 11 gadu vecumā  $291 \pm 5,2$  cm; pieaugums  $68 \pm 1,4$  cm), mazāki šie rādītāji ir vidēji agri plaukstošiem (attiecīgi  $275 \pm 5,5$  cm un  $63 \pm 1,5$  cm), agri plaukstošiem ( $250 \pm 5,3$  cm un  $57 \pm 1,5$  cm) un vismazākie – vēlu plaukstošiem kokiem ( $233 \pm 3,5$  cm un  $55 \pm 1,0$  cm). Ar vienfaktora dispersijas analīzes palīdzību konstatēts, ka pastāv statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,001$ ) starp dažādām koku plaukšanas klasēm gan koku augstumam 10 gadu vecumā, gan augstumam 11 gadu vecumā, gan augstuma pieaugumam 11. augšanas sezonā; koku augstums un pieaugums statistiski būtiski neatšķiras vienīgi starp vēlu un agri plaukstošo koku klasēm ( $p = 0,40$ ). Iegūtie rezultāti liecina, ka visvēlāk plaukstošie koki nepilnīgi izmanto veģetācijas perioda laikā pieejamos vides resursus, tāpēc to augstums un pieaugums atpaliek no pārējo koku rādītājiem. Savukārt, visagrāk plaukstošie koki, kuriem būtu sagaidāmas vislielākās augšanas pazīmju vērtības, cietuši (iespējams, atkārtoti) agrajās pavasara salnās – šajā klasē sala bojājumi jaunajiem dzinumiem konstatēti 84% koku (vēlu un vidēji vēlu plaukstošo koku klasēs – 0%, vidēji agri plaukstošo koku klasē – 8%). Laikā, kad tika veikts koku iedalījums plaukšanas klasēs (4.-7.jūnijā), agri plaukstošajiem kokiem sala bojājumi bija novērojami galvenokārt sānzariem.

Dažādās plaukšanas klasēs salīdzināts arī koku ar augusta dzinumiem īpatsvars 10. un 11. augšanas sezonas beigās, tādu koku īpatsvars, kam 11. augšanas sezonā attīstījušies divi vai vairāki vadošie dzinumi, un koku ar padēliem īpatsvars.



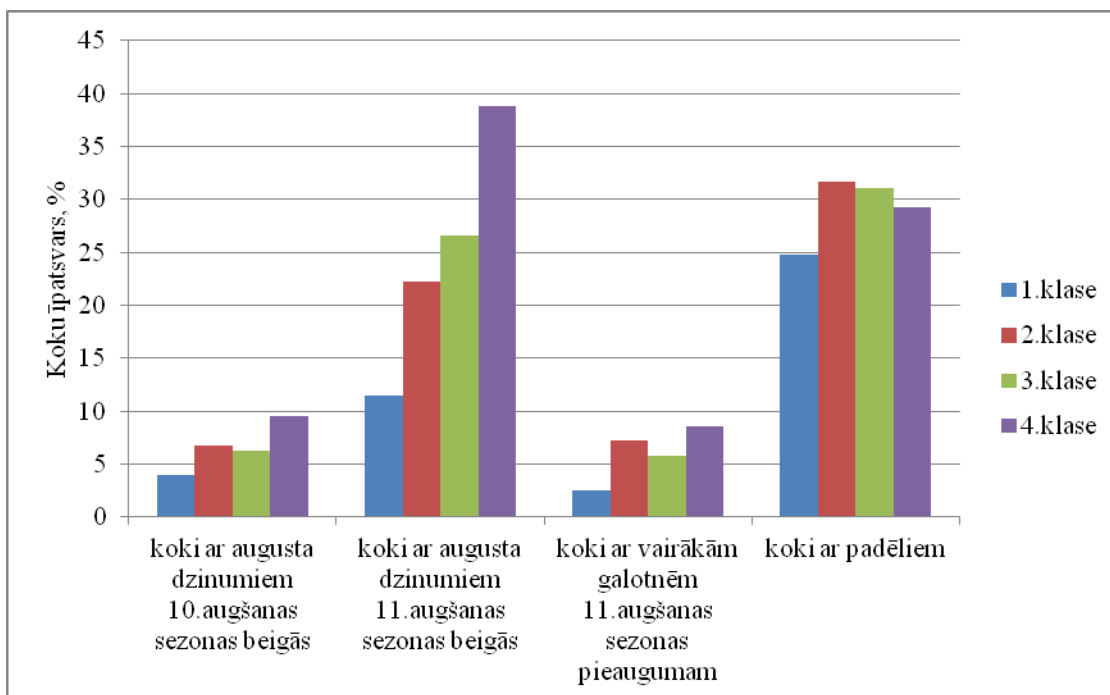
3.3.attēls. Koku augstums un augstuma pieaugums dažādās plaukšanas klasēs.

Koku ar augusta dzinumiem īpatsvars stādījumā 10. augšanas sezonas beigās bija 5,8%, bet 11. augšanas sezonas beigās - 20,8%. No kokiem, kuriem augusta dzinumi bija 10. augšanas sezonas beigās, lielākajai daļai koku (65%) atkārtoti konstatēti augusta dzinumi arī 11. augšanas sezonas beigās, savukārt, no kokiem, kuriem 10. augšanas sezonas beigās nebija

augusta dzinumu, tikai 18% koku tie izveidojušies nākamās sezonas beigās; atšķirība bija statistiski būtiska ( $\chi^2$  tests;  $p < 0,001$ ). No kokiem, kuriem konstatēti augusta dzinumi 10. augšanas sezonas beigās, 28% koku nākamajā gadā attīstījušies divi (vai vairāki) vadošie dzinumi (no kokiem, kuriem nebija konstatēti augusta dzinumi 10. augšanas sezonas beigās – tikai 4% koku); iespējams, tas noticis gadījumos, kad veģetācijas sezonas beigās augusta dzinums (no vadošā dzinuma sānu pumpura) ir augšanā apsteidzis vadošā dzinuma gala pumpuru. Kokiem, kuriem bijis augusta dzinums 10. augšanas sezonas beigās, vairāku galotņu izveidošanās iespēja nākamajā gadā bija statistiski būtiski lielāka ( $\chi^2$  tests;  $p < 0,001$ ) nekā kokiem bez augusta dzinuma 10. augšanas sezonas beigās. Projekta iepriekšējā posmā, veicot mērījumus citā līdzīga vecuma egļu brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumā MPS Jelgavas meža novadā, konstatēts, ka kokiem, kuriem bijis augusta dzinums 9. augšanas sezonas beigās, vairāku galotņu izveidošanās iespēja nākamajā gadā bija statistiski būtiski mazāka nekā kokiem bez augusta dzinuma 9. augšanas sezonas beigās. Secināts, ka egles augusta dzinumu veidošanās un stumbra kvalitātes (vairāku galotņu) vērtējumā iegūtie dati stādījumos neliecina par izteiktu šo pazīmju savstarpēju saistību, tāpēc iespējams, ka vairāku galotņu veidošanās eglei lielākā mērā nekā augusta dzinumi nosaka citi faktori. Tomēr secinājumus par vairāku galotņu (paliekošu) veidošanos ir pāragri izdarīt, jo, kā norādīts vairākos pētījumos (piemēram, Carvell, 1956; West, Rogers, 1965), augusta dzinumu ietekmes iespējama saistība ar stumbra defektu veidošanos vērtējama vairākus gadus pēc augusta dzinumu uzskaites veikšanas.

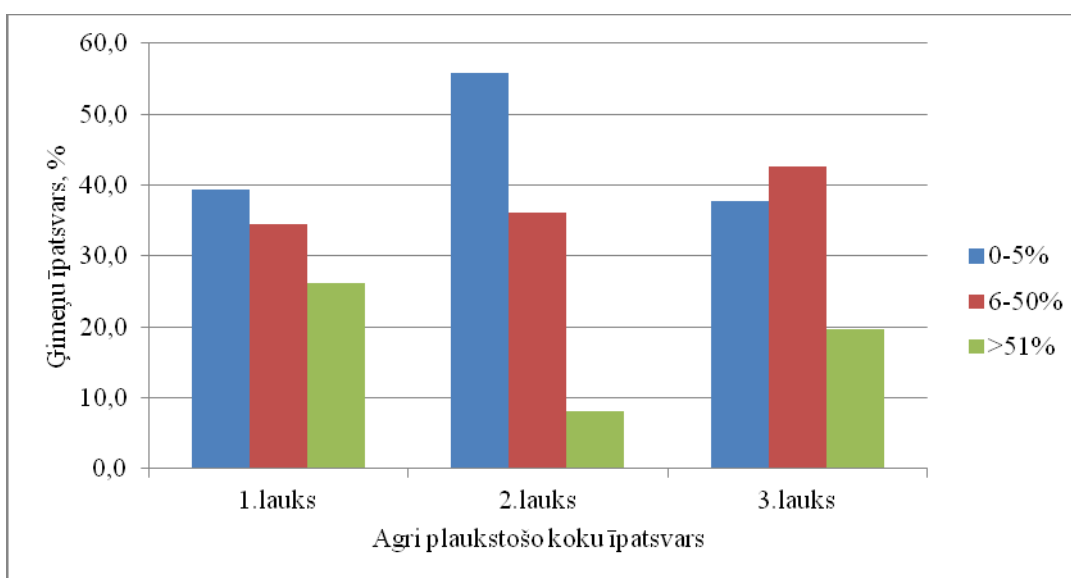
Rembates stādījumā reģistrēti arī koki, kuriem izveidojies padēls, neatkarīgi no tā veidošanās iespējamā iemesla (sala bojājumi, dzīvnieku izraisīti bojājumi u.c.). Koku ar padēliem īpatsvars stādījumā ir 28%.

Kā redzams 3.4.attēlā, vismazākais koku ar augusta dzinumiem (gan 10., gan 11. augšanas sezonas beigās) īpatsvars, koku ar vairākiem vadošajiem dzinumiem 11. augšanas sezonas pieaugumam īpatsvars, kā arī koku ar padēliem īpatsvars konstatēts visvēlāk plaukstošajiem kokiem, un, pārsvarā gadījumā, salīdzinoši agrāk plaukstošo koku klasēs īpatsvars palielinās. Piemēram, koku ar augusta dzinumiem 11. augšanas sezonas beigās īpatsvars dažādās klasēs (sākot ar vēl plaukstošo koku klasi) ir: 11%, 22%, 27%, 39%.



3.4.attēls. Koku ar augusta dzinumiem, vairākām galotnēm un padēliem īpatsvars plaukšanas klasēs.

Analizētas arī agri plaukstošo koku īpatsvara atšķirības (3.5.att.) dažādās ģimenēs trijos laukos (ceturtajā laukā pārstāvētas tikai 15 ģimenes). No visām pārstāvētajām ģimenēm atlasot tikai tās, kuras ir visos trijos laukos (1., 2., 3.), konstatēts, ka pirmajā un otrajā laukā vislielākais ir to ģimeņu īpatsvars (katrā laukā atsevišķi), kurās agri plaukstošo koku īpatsvars nepārsniedz 5% (attiecīgi 39% un 56% ģimeņu), mazāks ir to ģimeņu īpatsvars, kurās agri plaukstošo koku īpatsvars ir robežās no 5% līdz 50% (attiecīgi 34% un 36% ģimeņu), savukārt to ģimeņu īpatsvars, kurās vairāk nekā pusei koku konstatēta agra plaukšana, pirmajā laukā ir 26%, bet otrajā laukā tikai 8% ģimeņu. Iespējams, ka otrajā laukā, kur agrākajos gados konstatēti ievērojami sala bojājumi, nav saglabājušies koki ar izteikti agru plaukšanas laiku, tāpēc to īpatsvars laukā kopumā ir ievērojami zemāks. Trešajā laukā, kurā vides apstākļi egļu augšanai salīdzinoši ir vispiemērotākie, vislielākais ir tādu ģimeņu īpatsvars (43% ģimeņu), kurās agri plaukstošo koku īpatsvars ir 6-50%.



3.5. attēls. Ģimeņu īpatsvars ar dažādu agri plaukstošo koku īpatsvaru trijos stādījuma laukos.

Arī vidējais koku augstums 11 gadu vecumā šajā laukā ir statistiski būtiski ( $p < 0,001$ ) lielāks nekā citos laukos (3.laukā  $294 \pm 4,4$  cm, 4.laukā  $278 \pm 7,8$  cm, 1.laukā  $252 \pm 3,6$  cm, 2.laukā  $198 \pm 3,8$  cm). Konstatēta statistiski būtiska korelācija starp agri plaukstošo koku īpatsvaru ģimenēm atšķirīgos laukos. Ģimenēm, kas pārstāvētas 1. un 2.laukā (76 ģimenes), korelācijas koeficients starp agri plaukstošo koku īpatsvaru abos laukos  $r = 0,71$  ( $p < 0,001$ ), 93 ģimenēm, kas pārstāvētas 1. un 3.laukā,  $r = 0,78$  ( $p < 0,001$ ), bet 61 ģimenei 2. un 3.laukā  $r = 0,79$  ( $p < 0,001$ ). Konstatētas atsevišķas ģimenes ar stabilu izteikti augstu agri plaukstošo koku īpatsvaru, piemēram, ģimene Nr.73 (agri plaukstošo koku īpatsvars trijos laukos 84-100%), Nr.93 (76-80%), Nr.38 (60-80%), kā arī ģimenes ar ļoti zemu agri plaukstošu koku īpatsvaru (piemēram, ģimenei Nr.30 nav neviena šāda koka visā izmēģinājumā). Konstatētās sakarības liecina par samērā augstu pazīmes stabilitāti dažādos ekoloģiskajos apstākļos – ar ģenētisko faktoru ietekmi izskaidrojama aptuveni puse no pazīmes variācijas ( $R^2$  ir robežās no 0,56 līdz 0,63).

Konstatēts, ka ģimeņu līmenī (pazīmes vērtība ģimenei konkrētā laukā) nepastāv statistiski būtiska sakarība starp agri plaukstošo koku īpatsvaru un koku ar padēliem īpatsvaru ģimenē ( $R^2 = 0,004$ ;  $p = 0,31$ ), kas liecina, ka padēļu veidošanos ietekmē citi faktori, piemēram, dzīvnieku radītie bojājumi.

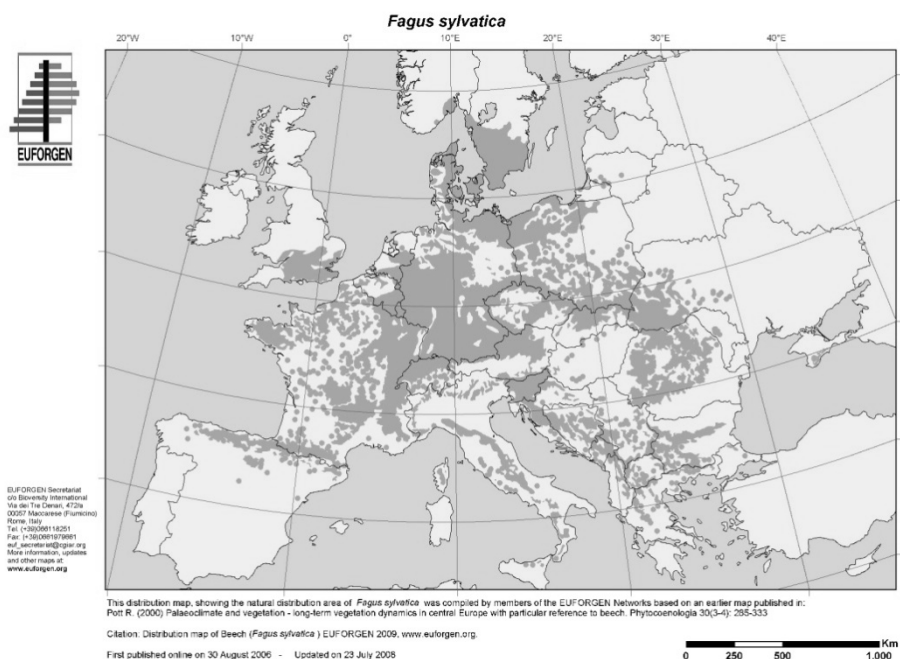
Kopumā var secināt, ka starp atsevišķām parastās egles Latvijas pluskoku ģimenēm ir ievērojamas plaukšanas laika atšķirības, turklāt ģimeņu ranžējums pēc šīs pazīmes saglabājas relatīvi nemainīgs dažādās stādīšanas vietās (mikrovidēs):  $r = 0,79$ ;  $p < 0,001$ . Vismazākais koku

ar augusta dzinumiem, padēliem vai vairākām galotnēm īpatsvars konstatēts visvēlāk plaukstošajām ģimenēm, taču arī to vidējais augstums un augstuma pieaugums ir vismazākais. Vislielākais koku augstums un augstuma pieaugums, kā arī mazs koku ar augusta dzinumiem un/vai padēliem īpatsvars konstatēts vidēji vēlu plaukstošiem kokiem. Konstatēts, ka visagrāk plaukstošie koki biežāk cieš pavasara salnās – šajā klasē sala bojājumi jaunajiem dzinumiem konstatēti 84% koku (pārējās klasēs: 0 – 8% koku). Iegūtie rezultāti apliecina nepieciešamību izvēlēties pavairošanai kokus, kas optimāli izmanto veģetācijas periodu.

#### 4. Introducēto koku sugu dabiskā atjaunošanās un augšana

Pētījuma ietvaros saskaņā ar darba uzdevumu analizēta dižskābarža augšana un atjaunošanās, kā arī Eiropas lapegles, kuru atsevišķos gadījumos Latvijā pieskaita introducētām koku sugām, audžu ražību raksturojošie dati, kas ievākti parauglaukumos Meža pētīšanas stacijas un Latvijas valsts mežu apsaimniekotās platībās.

Vispārīgās sakarības, kas aprakstītas šī pārskata nodaļā par sugu dabisko migrāciju, liecina, ka mainoties klimatam, mainās arī sugu izplatības areālu robežas (Corlett, Westcott, 2013; Sykes et al., 1996). Klimatam Eiropas austrumu un ziemeļu daļā kļūstot siltākam (IPCC 2007), ir prognozēta nemorālo sugu izplatība ziemeļu virzienā (Hickler et al., 2012; Maiorano et al., 2013). Viena no sugām, kurai Eiropā ir augsta saimnieciskā nozīme un kuras augšanai Latvijā varētu būt potenciāls, ir dižskābardis *Fagus sylvatica* (Hanewinkel et al., 2012). Pēc pašreizējās informācijas dižskābarža izplatības robeža sasniedz Lietuvu un Zviedrijas dienvidu daļu, tādējādi Latvijā tas atrodas ārpus pašreiz pieņemtā dabiskā izplatības areāla (4.1.att.).



4.1.attēls. Dižskābarža izplatība Eiropā ([www.euforgen.org](http://www.euforgen.org)).

Iespējams, ka dižskābarža izplatību Latvijā galvenokārt ierobežo zemais migrācijas (izplatīšanās) ātrums (Johnson, Adkisson, 1985), kā arī vēsturiskais meža apsaimniekošanas režīms. Latvijā dižskābardis stādītās audzēs pašreiz ir sastopams Kurzemē: Talsu novadā pie Šķēdes un Priekules novadā pie Kalētiem (Bolte et al., 2007). Zināms, ka dižskābardis Šķēdē ir spējīgs dabiski atjaunoties, tomēr tā jaunu platību kolonizācijas ātrums ir zems (Sabule L., 2009). Koku radiālais pieaugums Šķēdē galvenokārt ir atkarīgs no vasaras nokrišņiem (Sabule I., 2009). Tomēr nav informācijas par dižskābarža augšanu un atjaunošanos pie Kalētiem, kur klimatiskie apstākļi varētu būt piemērotāki šīs koku sugas augšanai –Latvijas

Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centra (LVĢMC) dati liecina, ka klimats ir okeānisks, gada vidējā temperatūra ir ap +6 °C un nokrišņu summa 700–750 mm gadā. Zviedrijā dižskābardis gandrīz sasniedz 60. ziemeļu paralēli, kas pārsniedz Latvijas lielāko ģeogrāfisko platumu. Tomēr klimats Zviedrijas dienvidos ir mērenāks – gada vidējā temperatūra ir ap 7 °C, janvāra vidējā temperatūra ap -2 °C un jūlija vidējā temperatūra ap 16 °C, nokrišņi 600–1000 mm gadā (Drobyshev et al., 2008), okeāniskāks, ar salīdzinoši zemu ikgadējo temperatūras amplitūdu (Huntley, Prentice, 1993; van der Schrier et al., 2006), kāds ir uzskatāms par labvēlīgu dižskābarža augšanai (Bolte et al., 2007).

Skuju koki, kam augšanai piemēroto klimatisko apstākļu iestāšanos Latvijā var prognozēt 21. gs. laikā, ir lapegles (*Larix L.*) (Larsson-Stern, 2003). Lapegļu izplatības ziemeļu robeža ir saistāma ar salcietību (cold-hardiness), kuras iegūšanai nepieciešama temperatūru pakāpeniska samazināšanās rudenī un ziemas sākumā, kas ziemeļu reģionos ir pārāk strauja (Jonsson, 1978, pēc Larsson-Stern, 2003). Lapeglēm (piemēram, hibrīdajai) raksturīgs ilgāks augšanas periods (salīdzinājumā ar priedi un egli); tādēļ arī lielāka varbūtība ciest pavasara un rudens salnās (Jonsson, 1978, pēc Larsson-Stern, 2003). Tomēr, balstoties uz Zviedrijā veiktajiem pētījumiem, var spriest, ka klimatisko faktoru kopums Kurzemē pašreiz var tikt uzskatīts par lapeglei piemērotu (Kiellander, 1958, pēc Larsson-Stern, 2003). Pētījumi Šķēdē ir parādījuši, ka lapegle ir ātraudzīga (Dreimanis, 2005), tomēr nepieciešama informācija par augšanas gaitu un tās saistību ar klimatiskajiem faktoriem.

Lapegļu izmēģinājuma stādījumi ir veikti arī Latvijas kaimiņvalstīs. Lietuvā par piemērotu mežsaimniecībai uzskata Eiropas lapegli *L. decidua* (Žiogas et al., 2006); kā piemērotākā mežsaimniecībai Zviedrijā ir minēta hibrīdā lapegle *L. x eurolepis* (Larsson-Stern, 2003). Lai arī lapegle ir mazāk pakļauta slimībām, tomēr tā var būt vairāk pakļauta kaitēkļu bojājumiem, salīdzinot ar vietējām sugām (Gemmel, 1988; Žiogas et al., 2006). Augšanai nepieciešamie apstākļi ir līdzīgi kā eglei (pietiekams mitrums, vidēji auglīga augsne), tomēr lapegle ir gaismas prasīga suga (Larsson-Stern, 2003). Lapegles atbilstība vietējai florai ir diskutējama, jo ir atsevišķi pierādījumi, ka lapegle vēsturiski ir bijusi sastopama Baltijas jūras reģionā atlantiskā perioda laikā (Kullman, 1998).

#### Apsekotās audzes un ievāktu datu apstrāde

Klimatisko faktoru ietekme uz pieaugumu vērtēta, ievācot pieaugumu urbumus valdaudzes kokiem divās mežaudzēs. Dižskābarža audze atrodas Kalētu pagastā, Priekules novadā, tās apkārtnē teritoriju klāj auglīgi lapu koku meži (vēris un gārša), valdošās sugas – liepa, apse, ozols, egle un dižskābardis; struktūra mozaīkveida. Reljefs līdzens, mitruma apstākļi normāli (automorfas augsnes). Saskaņā ar LVĢMC datiem, klimats okeānisks, nokrišņu daudzums paaugstināts, salīdzinot ar Latvijas vidējo vērtību. Eiropas lapegles audze atrodas MPS Auces meža novadā, novietota uz līdzena reljefa, auglīgas minerālaugsnes (vēris). Pirmo stāvu veido lapegle, pamežā dominē lazda, paaugā nelielā skaitā sastopama egle. Pētījuma teritorijā, salīdzinot ar Latvijas vidējām vērtībām, ir ilgāka augšanas sezona un zemāks nokrišņu daudzums (LVĢMC).

Valdaudzes kokiem ar Preslera svārpstu krūšu augstumā ievāca divus (dižskābaržiem) vai vienu (lapeglēm) pieauguma urbumu (koksnes paraugu). Paraugus ievāca tā, lai izvairītos no reakcijas koksnes. Koksnes paraugus apstrādāja pēc Sabule I. (2009) dotās metodikas. Gadskārtu mērījumu rindas apstrādāja, izmantojot standarta dendroklimatoloģijas metodes (pārbaude, šķērsdatēšana un standartizācija). Hronoloģiju izveidei izmantoja dubulto detrendēšanu un autoregresīvo modelēšanu. Klimata ietekmes novērtējumam izmantoja Pīrsona korelācijas un atbildes funkcijas analīzi visam periodam, kā arī tā daļām (moving interval). Klimatiskie dati ņemti no Rīgas meteostacijas, laika periodam no 1900. līdz 2009. gadam. Augšanas un klimata saistību analīze veikta, izmantojot DendroClim2002 datorprogrammu (Biondi, Waikul, 2004).

Dižskābarža mežaudžu produktivitātes (ražības) raksturošanai dati ievākti, veicot atkārtotus mērījumus prof. A. Dreimaņa ierīkotajos ilglaicīgajos parauglaukumos MPS Šķēdes meža



novadā (6 audzes vecumā no 58 līdz 125 gadiem). Lapegļu audžu produktivitātes raksturošanai – ierīkojot parauglaukumus to audzēs MPS Auces mežu novadā (19 parauglaukumi audzēs ar vecumu no 37 līdz 82 gadiem).

Dižskābarža dabiskās atjaunošanās raksturošanai pētāmajā mežaudzē Kalētos izveidoja 34 apļveida parauglaukumus ( $S = 400 \text{ m}^2$ ), kuri atradās stādītājā dižskābarža audzē un tās tuvumā. Katrā parauglaukumā visiem pirmā un otrā stāva kokiem nomērīja caurmēru krūšaugstumā, kā arī pa sugām uzskaitīja paaugas un pameža kokus (indivīdus) divās augstuma klasēs ( $H \leq 1 \text{ m}$  un  $1 < H < 5 \text{ m}$ ). Sakarību starp paaugas dižskābaržu jaunaudzes biežumu un pirmā stāva koku šķērslaukumu raksturoja ar Pīrsona korelācijas koeficientu. Apgaismojuma apstākļu ietekmes uz dižskābarža atjaunošanos novērtējumam dižskābaržu audzē tika ievietotas transektes, kas šķērsoja dižskābarža paaugas grupas un vietas ar atšķirīgu vainaga atsegumu. Uz katras transektes ik pēc diviem metriem ar WinScanopy sistēmu (Regent Instruments) uzņēma vainaga attēlus. Paaugas raksturošanai uz transektes visā tās garumā tika izvietoti  $2 \times 2 \text{ m}$  lieli parauglaukumi, kuros visiem paaugas (t. sk. pameža) kokiem noteikts augstums ( $\pm 0,05 \text{ m}$ ). Dižskābarža atjaunošanās (paaugas koku skaits un augstums) un apgaismojuma parametru saistības, kā arī paaugas konkurence analizēta, izmantojot Pīrsona korelācijas analīzi.

#### Klimata ietekme uz radiālo pieaugumu

Šķērsdatēšanas un kvalitātes kontroles ietvaros neviena dižskābarža gadskārtu platuma mērījumu sērija netika atmesta. Koki parādīja augstu augšanas gaitas līdzību (mean interseries correlation = 0,689, EPS > 0,868) un augšanas jutību (mean sensitivity = 0,219). Līdz ar to var apgalvot, ka augšanas gaita ir objektīvi atspoguļota izveidotajā hronoloģijā (Wigley et al., 1984). Pārbaudītās gadskārtu rindas aptvēra periodu no 1948. līdz 2013. gadam. Hronoloģijas uzrādīja būtisku korelāciju (atbildes funkciju) ar klimatiskajiem faktoriem (4.1.tab.). Iepriekšējā gada augusta temperatūra parādīja ciešāko korelāciju ar gadskārtu platumu ( $r = -0,36$ ). Šāda cieša negatīva korelācija liecina par iespējamu ūdens deficīta ietekmi uz augšanu, līdzīgi kā novērots citos pētījumos centrālajā un dienvidu Eiropā (Lebourgeois et al., 2005; Rozas, 2001). Lai novērtētu iespējamā ūdens deficīta ietekmi uz dižskābarža augšanu, nākamajā pārskata periodā MPS Šķēdes novadā plānots veikt radiālā pieauguma un augsnes un gaisa temperatūru un mitrumu raksturojošo parametru monitoringu. Pozitīvā gadskārtu platuma saistība ar iepriekšējā oktobra temperatūru liecina par augšanas sezonas garuma ietekmi uz augšanu (līdzīgi kā ozolam) (Matisons, Brūmelis, 2012). Pozitīvās saistības ar maija un jūnija temperatūru norāda, ka temperatūrai augšanas sezonas sākumā ir ietekme uz augšanu, bet šī ietekme nav izteikta. Tomēr, ņemot vērā modelētās klimata pārmaiņas (pasiltināšanos), šis faktors varētu zaudēt ietekmi, koku radiālajam pieaugumam kopumā palielinoties. Negatīvo pieauguma saikni ar nokrišņu daudzumu janvārī un jūnijā ir grūti izskaidrot, bet tā varētu būt saistīta ar patogēnu pastiprinātu attīstību paaugstināta mitruma apstākļos vai arī ar samazinātu saules radiācijas daudzumu mākoņainības dēļ. Klimatisko faktoru ietekme references periodā nav bijusi konstanta. Jūlija temperatūras pozitīva ietekme nav novērojama analizētā perioda sākumā, bet augusta temperatūras negatīva ietekme pastiprinājusies perioda vidū. Līdzīgas sakarības (to izmaiņas) starp dižskābarža augšanu un klimatiskajiem faktoriem novērotas arī citviet (Piovesan et al., 2008). Tās arī liecina, ka kopumā klimatiskie apstākļi kļūst piemērotāki dižskābarža augšanai. Janvāra nokrišņiem negatīvs efekts ir bijis būtisks visu references periodu, tomēr saistību ciešums samazinās pēdējo desmitgažu laikā.

#### 4.1.tabula

Būtiskās ( $p = 0,05$ ) Pīrsona korelācijas un atbildes funkcijas koeficientu vērtības starp klimatiskajiem faktoriem un dižskābarža gadskārtu hronoloģiju

Faktors	Korelācijas koeficients, r	Atbildes funkcijas koeficienti
---------	----------------------------	--------------------------------

Iepriekšējā jūnija temperatūra	0	0,20
Iepriekšējā augusta temperatūra	-0,36	-0,23
Iepriekšējā oktobra temperatūra	0,24	0
Maija temperatūra	0	0,29
Jūlija temperatūra	0,23	0
Janvāra nokrišņi	-0,28	-0,27
Jūnija nokrišņi	-0,21	-0,22

Lapegles gadskārtu platumu rindu šķērsdatēšanas laikā tika atņemtas divas mērījumu rindas, norādot, ka augšanas gaita kopumā audzē ir līdzīga. Atlasītās un šķērsdatētās gadskārtu platumu rindas parādīja augstu augstas frekvences mainības līdzību starp kokiem (IC = 0,598, mean sensitivity = 0,289, EPS = 0,891), norādot, ka izveidotās hronoloģijas adekvāti reprezentē lapegles augšanas gaitu pētītajā audzē un ka ievāktais materiāls apjoms ir pietiekams (Wigley et al., 1984). Pārbaudītās gadskārtu platumu rindas ietvēra laika periodu no 1911. līdz 2013. gadam.

Izveidotās lapegles gadskārtu hronoloģijas parādīja būtiskas saistības (korelācija un atbildes funkcija) ar klimatiskajiem faktoriem (4.2.tab.). Spriežot pēc korelācijas koeficientu vērtības ( $r < 0,28$ ), pārbaudītajiem faktoriem visā references periodā nav izteikti limitējoša ietekme uz lapegles augšanu. No pārbaudītajiem klimatiskajiem faktoriem iepriekšējā septembra temperatūra parādīja izteiktāko ietekmi uz lapegles gadskārtu platumu (gan korelācijas, gan atbildes funkcijas koeficienti bija būtiski). Ņemot vērā, ka lapeglei augšanas sezona ir ilgāka, salīdzinot ar vietējām sugām (Jonsson, 1978, pēc Larsson-Stern, 2003), paaugstināta temperatūra sezonas beigās var radīt ūdens deficītu, tādējādi samazinot barības vielu rezervju uzkrāšanos (Barbaroux, Breda, 2002) un augšanu nākamajā sezonā. Šāds mehānisms izskaidro arī negatīvo iepriekšējā augusta temperatūras ietekmi. Paaugstināta temperatūra augšanas sezonas beigās var papildināt salcietības veidošanos, palielinot koku jutību pret agrām salnām (Morin et al. 2007). Negatīva jūnija temperatūras ietekme uz pieaugumu ir skaidrojama ar iztvaikošanas intensificēšanos, kas var radīt ūdens deficītu. Nokrišņu daudzums miera periodā parādīja būtiskas saistības ar gadskārtu platumu, tomēr šādas saistības ir grūti izskaidrojamas. Iepriekšējā novembra nokrišņu daudzuma ietekme varētu būt skaidrojama ar ciklonu darbību, kas vienlaikus atnes nokrišņus, kā arī paaugstina temperatūru un samazina tās svārstības (LVGMC).

#### 4.2.tabula

Būtiskās ( $p = 0,05$ ) Pīrsona korelācijas un atbildes funkcijas koeficientu vērtības starp lapegles gadskārtu hronoloģiju un klimatiskajiem faktoriem

Klimatiskais faktors	Korelācijas koeficients, r	Atbildes funkcijas koeficienti
Iepriekšējā augusta temperatūra	-0,22	0
Iepriekšējā septembra temperatūra	-0,28	-0,22
Jūnija temperatūra	-0,22	0
Iepriekšējā februāra nokrišņi	-0,21	0
Iepriekšējā novembra nokrišņi	0,22	0

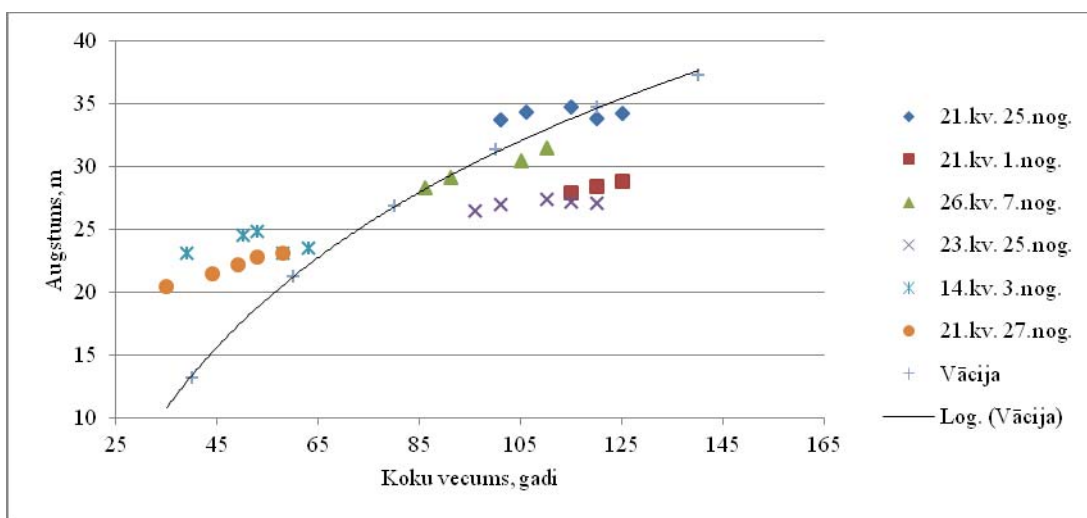
Klimatisko faktoru ietekme un augšanai būtiskie klimatiskie faktori ir mainījušies. Kopš 20. gs. vidus iepriekšējā gada jūlija–septembra temperatūras ietekme (korelācija) ir intensificējusies ( $r$  sasniedz 0,48, analizējot 50 gadus garus periodus). Tajā pašā laikā arī jūlija un iepriekšējā novembra nokrišņu daudzuma ietekme (pozitīva korelācija) ir kļuvusi būtiska lapegles radiālajai augšanai. Pozitīvā jūlija nokrišņu ietekme norāda uz sausuma un ūdens deficīta ietekmi uz lapegles gadskārtu platumu variēšanu, līdzīgi kā novērots eglei (Dzenis,

2013). Par iespējamo ūdens deficīta ietekmi uz pētīto lapeģļu augšanu liecina arī audzes atrašanās reģionā ar relatīvi zemu nokrišņu daudzumu (LVĢMC). Tomēr, vērtējot augsto augšanas jutību (ikgadējo variēšanu), jāsecina, ka turpmāk ir nepieciešams veikt padziļinātāku analīzi, ņemot vērā papildus klimatiskos faktorus un to kombinācijas, kā arī izmantot dekāžu klimatiskos datus.

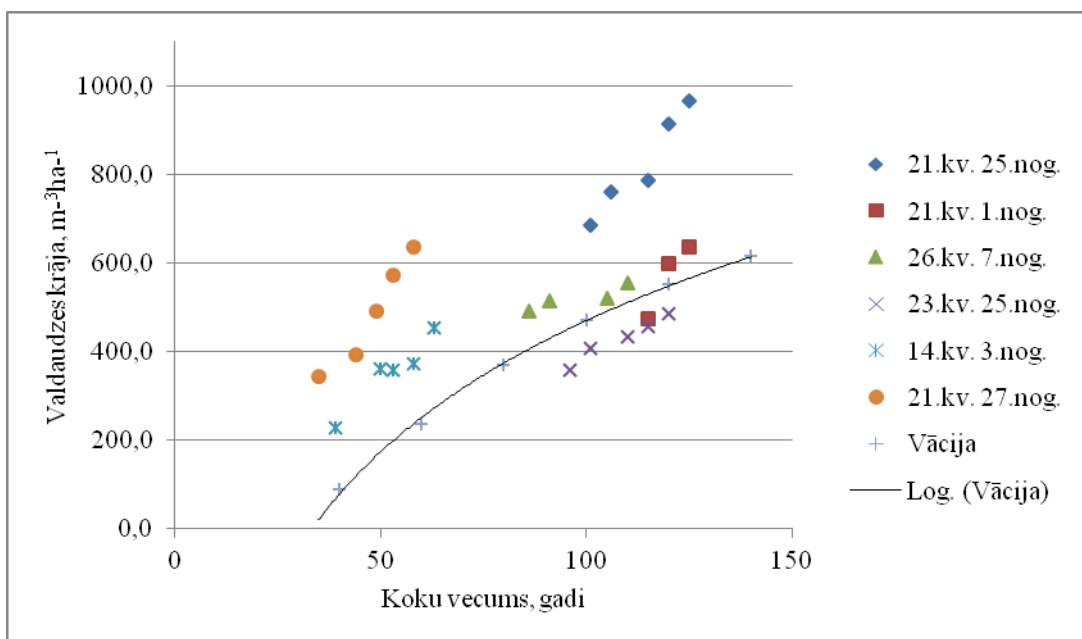
#### Audzū ražību raksturojošie rādītāji

Informācija par dižskābarža audžu taksācijas rādītājiem un to izmaiņām laikā iegūta, atkārtoti pārmērot prof. A. Dreimaņa ierīkotos parauglaukumus šīs koku sugas audzēs (4.7.tabula nodaļas beigās). Konstatēts, ka gan vidējais koku augstums (4.2.att.), gan krāja (4.3.att.) ir līdzīgi kā šīs koku sugas izplatības areāla centrālajā daļā (Vācijā) optimālos augšanas apstākļos esošajām audzēm. Tas apstiprina dendrohronoloģiskās analīzes secinājumu, ka konkrētās Latvijas vietas apstākļi ir piemēroti dižskābarža audzēšanai un, ņemot vērā klimata izmaiņu prognozes, jau tuvākajā nākotnē visa Latvijas teritorija būs uzskatāma par piemērotu šīs koku sugas audzēšanai. Tāpat rezultāti liecina, ka dižskābarža mežaudzēm otrajā paaudzē Latvijā vērojams straujš valdaudzes krājas pieaugums, pārsniedzot pat par 30-50 gadiem vecāku pirmās paaudzes mežaudžu krāju. To, iespējams, ietekmē vairāku faktoru kombinācija:

jauno mežaudžu samērā augstais biežums un lēnā koku diferenciācija un atmiršana; dabiskā izlase, kā rezultātā izdzīvo un nākamās paaudzes veidošanos nodrošina tikai Latvijas apstākļiem piemēroti genotipi. Lai precīzāk novērtētu šī faktora potenciālo ietekmi, līdz ar to rekomendējot piemērotu pieeju dižskābarža sēklu ieguvei plašākai izmantošanai, nepieciešamas ģenētiskās analīzes.

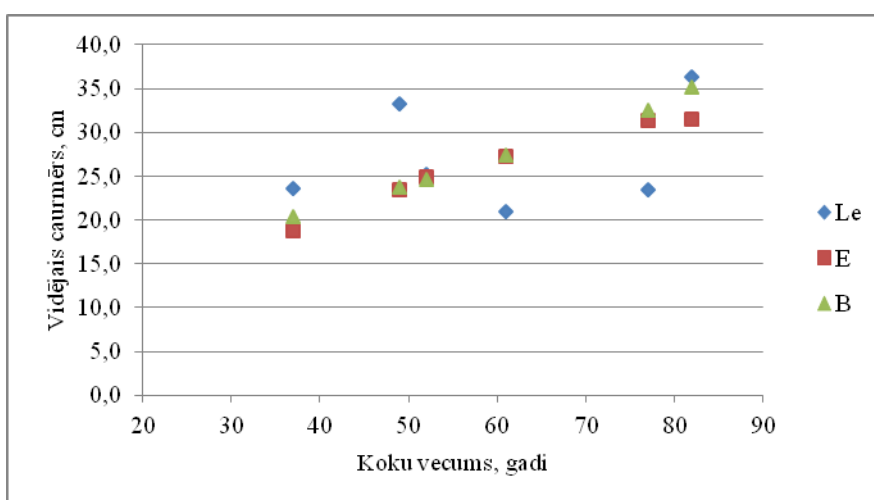


4.2.attēls. Valdaudzes koku vidējā augstuma dinamika mežaudzēs MPS Šķēdes MN un šīs koku sugas izplatības areāla centrālajā daļā (Vācijā).



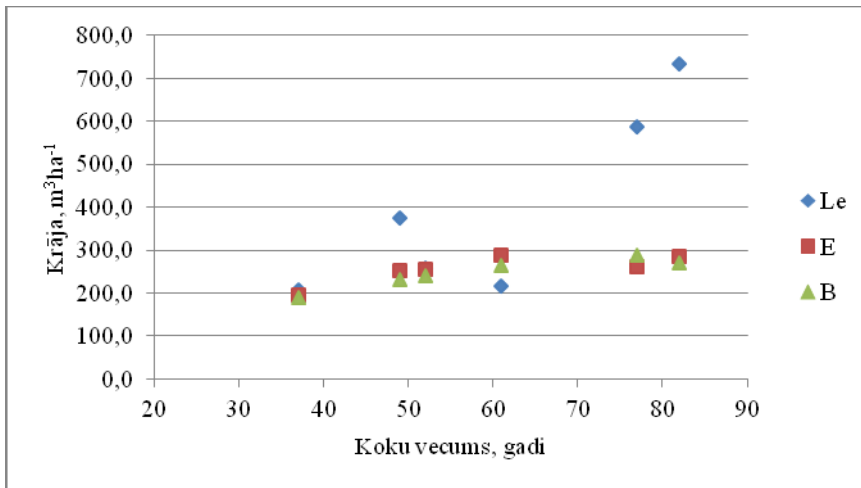
4.3.attēls. Valdauzdes koku krājas dinamika mežaudzēs MPS Šķēdes MN un šīs koku sugas izplatības areāla centrālajā daļā (Vācijā).

Vērī augošo lapegles audžu taksācijas rādītāji salīdzināti ar vidējiem tāda paša vecuma egles un bērza audžu rādītājiem šajā meža tipā (MSI dati). Konstatēts, ka gan koku vidējais caurmērs (4.4.att.), gan augstums šo koku sugu audzēs ir līdzīgi. Lapegļu audzēs vidējo caurmēru daudz nozīmīgāk nekā koku vecuma atšķirības ietekmē audzes biežums – piemēram, audzē ar biežumu 340 koki ha<sup>-1</sup> 49 gadu vecumā vidējais koku caurmērs sasniedz 33,2 cm, bet audzē ar biežumu 840 koki ha<sup>-1</sup> 77 gadu vecumā – tikai 23,4 cm. Iegūtie rezultāti apliecina lapegles nozīmīgo ātraudzību jaunaudzēs un vidējā vecumā, taču analizē iekļauto mežaudžu skaits nav pietiekams, lai nodrošinātu iespēju rekomendēt optimālu stādīšanas biežumu. Tāpat konstatēta nozīmīga meža tipa ietekme: lapegļu audzēm damaksnī gan koku vidējais caurmērs, gan augstums nozīmīgi zemāks nekā vērī.



4.4.attēls. Lapegļu vidējais caurmērs dažāda vecuma audzēs salīdzinājumā ar citu koku sugu vidējo caurmēru.

Ievērojamākās krājas starpības, salīdzinot lapegļu audzes ar bērzu un egļu audzēm, konstatētas 70-80 gadu vecumā (4.5.att.). Rezultāts var būt saistīts gan ar atšķirībām kopšanas režīmā audžu rotācijas periodā, gan audžu biežumu. Tomēr jāņem vērā, ka vērtētās lapegļu audzes šajā vecumā pārsniedz ne tikai vidējo egļu audžu krāju, bet par 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> arī P. Zālīša definēto mērķtiecīgi apsaimniekoto egļu audžu krāju.

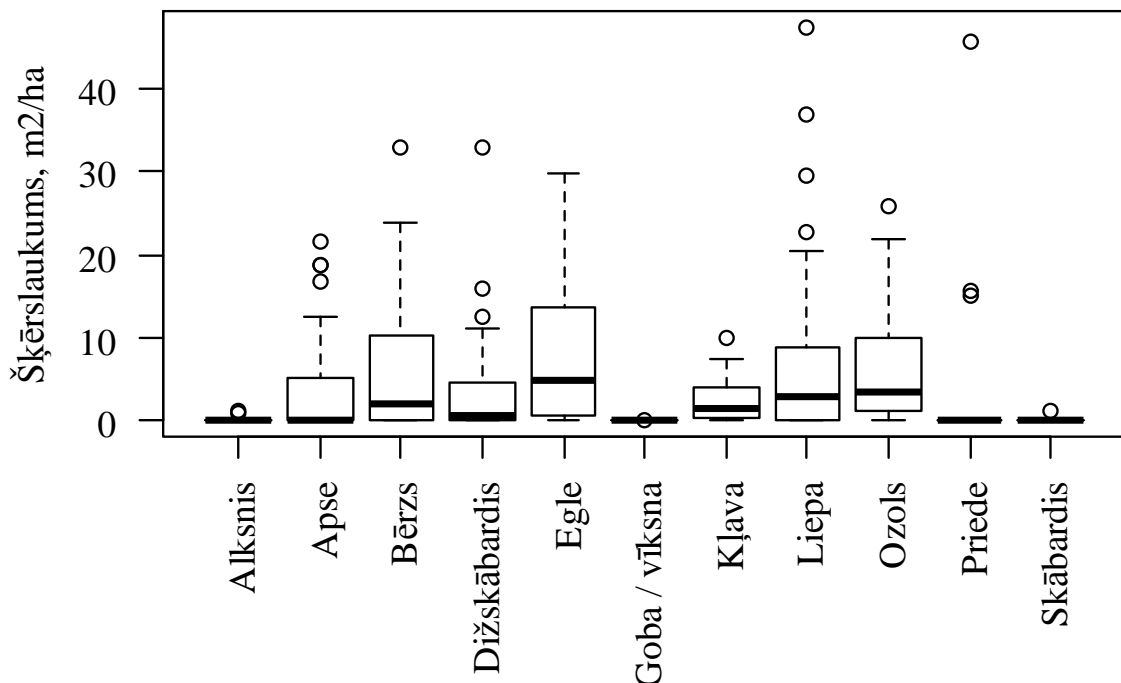


4.5.attēls. Lapegļu audžu vidējā krāja dažāda vecuma audzēs salīdzinājumā ar citu koku sugu vidējo krāju.

#### Dižskābarža dabiskā atjaunošanās

Dižskābarža dabiskās atjaunošanās vērtēšanai izveidotajos parauglaukumos pirmo stāvu veidoja lapu koki un egles (parauglaukumu dati atspoguļoti 4.6.attēlā).

Izveidotajos parauglaukumos novērota dižskābaržu dabiska atjaunošanās (sējeņi). Paaugas sastāvs parauglaukumos parādīts 4.3.tabulā. Paaugu augstuma klasē līdz vienam metram veidoja galvenokārt kļavas sējeņi, kuru biežums pārsniedza pārējās sugas par kārtu. Augstuma klasē līdz pieciem metriem novērota līdzīga situācija, tomēr kļavas īpatņu skaits bija ievērojami mazāks, turpretim dižskābarža biežums bija līdzīgs kā pirmajā stāvā. Šāda situācija liecina par konkurenci starp dižskābardis un kļavu, kuru dižskābardis spēj veiksmīgi izturēt.



4.6.attēls. Apsekoto parauglaukumu pirmo stāvu veidojošo koku stumbru vidējais šķērslaukums ( $m^2 ha^{-1}$ ).

#### 4.3.tabula

Mežaudzes parauglaukumos sastopamo paaugas un pameža koku vidējais biežums (koki ha<sup>-1</sup>) pa augstuma klasēm

Suga	Augstuma klases	
	H < 1 m	1 m < H < 5 m
Dižskābardis	756,61	622,79
Kļava	23405,15	1764,70
Lazda	4,41	9,55
Ozols	7,35	0,00
Liepa	5643,38	3116,92
Egle	319,85	129,41

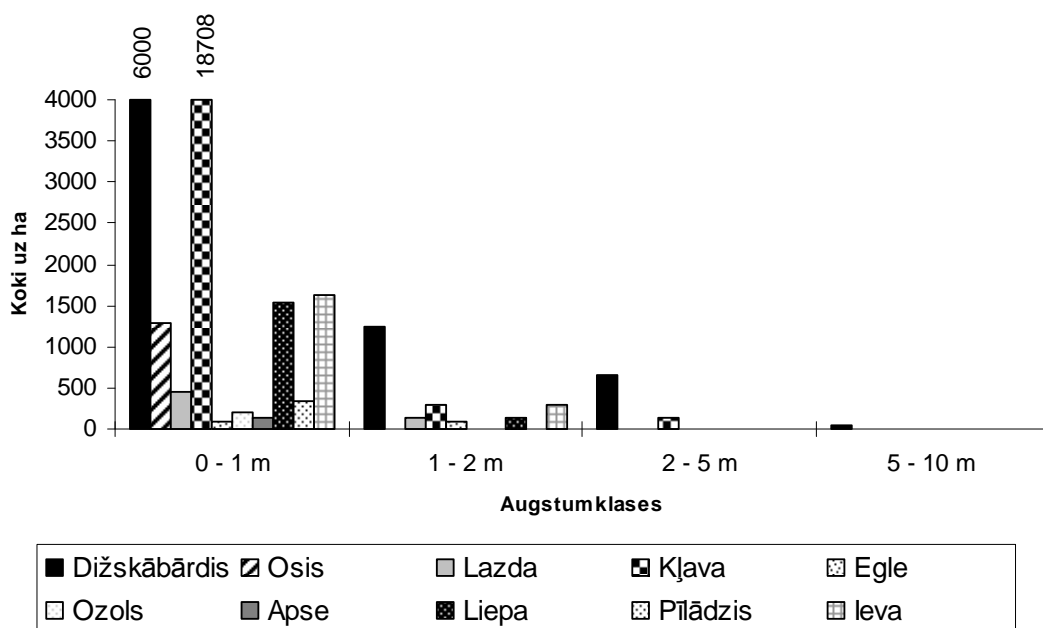
Paaugas dižskābaržu īpatņu skaits (biežums) uzrādīja savstarpējas korelācijas (4.4. tabula), norādot, ka dižskābardis spēj veiksmīgi attīstīties un ka starp dažāda izmēra dižskābarža īpatņiem paaugā nav izteiktas konkurences. Pozitīva korelācija starp dižskābarža paaugas biežumu un liepas paaugas biežumu varētu liecināt par to, ka dižskābarža atjaunošanās notiek paralēli ar citām sugām, iespējams, vietās ar auglīgāku augsnes virskārtu. Pozitīva korelācija ar I un II stāva kļavas šķērslaukumu ir grūti izskaidrojama, jo kļavas vainagam raksturīga liela noēnošana (Mauriņš, Zvirgzds, 2006). Iespējams, ka šāda sakarība ir netieši saistīta ar samazināto paaugas konkurenci trūcīgos apgaismojuma apstākļos zem kļavas vainaga. Tomēr, lai precīzāk raksturotu dižskābaržu sējeņu ekoloģiskās prasības un atjaunošanos, nepieciešamas veikt padziļinātu analīzi stratificēti izdalot parauglaukumus ar atšķirīgu mežaudzes struktūru.

#### 4.4.tabula

Statistiski būtiskie Pīrsona korelācijas koeficienti starp dižskābarža biežumu dažādās augstuma klasēs un citu sugu paaugas biežumu un I un II stāva koku šķērslaukumu (p-vērtības: \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001)

	Dižskābarža paaugas biežums augstuma klasēs		
	H < 1 m	1m < H < 5m	abās kopā, H < 5 m
Dižskābarža paaugas biežums 1 m < H < 5 m	0,98**		
Dižskābarža paaugas biežums, H < 5 m	0,99***	0,99***	
Liepas paaugas biežums 1 m < H < 5 m	0,55***	0,56***	0,56***
Kļavas I un II stāva koku šķērslaukums	0,50**	0,50**	0,50**

Transektos, kur veikta gaismas apstākļu novērtēšana zem vecās audzes vainagu klāja, paaugu veido galvenokārt kļava (~ 60 %) un dižskābardis (~ 25 %); paaugā un pamežā kopumā konstatētas 10 sugas. Paaugas un pameža augstumu struktūra parādīta 4.7.attēlā.



4.7.attēls. Apgaismojuma apstākļu novērtēšanas transektēs konstatētās paaugas un pameža augstumstrukūra.

Starp kokiem ar augstumu līdz vienam metram dominēja kļava, taču lielākajās augstuma klasēs pārsvarā konstatēts dižskābārdis. Paaugas struktūra transektos bija mozaīkveida. Paaugas struktūras parametri parādīja būtiskas saistības ar apgaismojuma parametriem (4.5.tab.).

4.5.tabula

Būtiskie Pīrsona korelācijas koeficienti (treknrakstā) starp paaugas (t. sk. pameža) un apgaismojuma parametriem pētītajās dižskābarža audzēs pie Kalētiem

Koku sugām analizētās pazīmes	<i>Gap Fraction</i>	<i>Openness</i>	Tiešā radiācija	Izkliedētā radiācija	Kopējā radiācija	Brīvības pakāpju skaits
<i>Īpatņu skaits</i>						
<i>Fagus</i>	0,36*	0,33*	0,30	0,20	0,30	39
<i>Tilia</i>	0,65*	0,64*	0,51	0,56	0,57	10
kopā	0,24	0,25	0,03	0,26*	0,12	58
<i>Īpatņu vidējais garums</i>						
<i>Corylus</i>	0,54	0,58*	-0,12	0,66*	0,19	10
<i>Acer</i>	0,04	0,11	-0,15	0,40**	0,03	52
<i>Īpatņu kopējais garums</i>						
<i>Fagus</i>	0,26	0,28	0,12	0,32*	0,20	39
<i>Corylus</i>	0,54	0,57	-0,04	0,59*	0,24	10
<i>Acer</i>	0,06	0,11	-0,11	0,31*	0,02	52
<i>Tilia</i>	0,59*	0,61*	0,53	0,60*	0,59*	10
Kopā	0,27	0,32		0,49**		56

Būtiskuma līmenis, p-vērtības: \* < 0,05, \*\* < 0,01, \*\*\* < 0,001.

Vainaga atvērums (*Gap fraction* un *Openness*) bija būtiska ietekme uz dižskābarža un liepas skaitu, bet to augstums neuzrādīja būtiskas saistības ar apgaismojumu, liecinot, ka šo sugu augšanu pēc iesēšanās nelimitēja apgaismojums. Tomēr apgaismojuma apstākļi nosaka

kopējo paaugas biežumu, par ko liecina būtiskā korelācija starp paaugas un pameža sugu kopgarumu un izkliedētās radiācijas daudzumu. Acīmredzot, liela noēnojuma gadījumā (kāds tika konstatēts dižskābarža audzē, kur vidējā apgaismojuma intensitāte zem vainaga bija 8,9 % no apgaismojuma virs vainaga) izkliedētajai radiācijai ir nozīmīga loma paaugas attīstībā. Minimālās apgaismojuma parametru vērtības, pie kurām bija konstatēta dižskābarža paauga bija zemas (4.6.tab.), kas liecina par spēju atjaunoties liela noēnojuma apstākļos Latvijā, piemēram, zem egles valdaudzēs.

#### 4.6.tabula

Apgaismojuma parametru (*Gap Fraction, Openness*, tiešā, izkliedētā un kopējā radiācija zem vainagiem) minimālās (slietšķņa) vērtības, pie kurām dižskābardis sastopams paaugā audzē pie Kalētiem

Apgaismojuma rādītāji	<i>Gap Fraction</i>	<i>Openness</i>	Tiešā radiācija	Izkliedētā radiācija	Kopējā radiācija
Slietksnis	2,34	2,6	0,67	0,58	2,2
Relatīvi pret kopējo radiāciju virs vainaga			1,4%	1,2%	4,6%

Kopumā var secināt, ka dižskābarža augšana un dabiskā atjaunošanās stādītajās audzēs un to tuvumā Latvijā ir sekmīga, paaugas koki ir ļoti ēncietīgi un esošajos apstākļos ir spējīgi konkurēt ar citām sugām. Stādītajās audzēs dižskābarža augšanai ziemas temperatūra nav limitējoša, tomēr radiālo pieaugumu ietekmē ar ūdens deficītu vasarā saistītie klimatiskie faktori. Tādējādi dižskābarža augšanai (audzēšanai) būtu piemērotas teritorijas ar pietiekamu mitruma nodrošinājumu. Dižskābarža audžu krāja vairākumā gadījumu pārsniedz egles un bērza audžu krāju līdzīgā vecumā un meža tipā, neatpaliekot no tā augšanas rādītājiem izplatības areāla centrālajā daļā (Vācijā). Īpaši tas sakāms par mežaudzēm otrajā paaudzē, kuru krāja pārsniedz pat par 30-50 gadiem vecāku pirmās paaudzes audžu krāju. Otrās paaudzes koku augstāko ražību, iespējams, ietekmē vairāku faktoru kombinācija, tai skaitā dabiskā izlase, pielāgojoties Latvijas klimatiskajiem apstākļiem (līdzīgi kā konstatēts pētījumos par Klinškalnu priedi). Lai precīzāk novērtētu šī faktora potenciālo ietekmi, līdz ar to rekomendējot piemērotu pieeju dižskābarža sēkļu ieguvei plašākai izmantošanai meža atjaunošanā, nepieciešamas ģenētiskās analīzes. Tāpat lietderīgi detalizētāk vērtēt atsevišķu klimatisko faktoru (dekāžu un ekstrēmu dati) ietekmi uz dižskābarža radiālo augšanu un saglabāšanos, tai skaitā, veicot eksperimentus kontrolētos apstākļos (piemēram, salcietības testus), kā arī paaugas vecumstruktūras analīzi kontekstā ar meteoroloģiskajiem faktoriem. Iegūtie rezultāti liecina, ka lapegles augšanu ietekmē iepriekšējā gada vasaras beigu temperatūra, turklāt korelācija ir negatīva. Šādā gadījumā, klimatam kļūstot siltākam, lapegles augšana var tikt apgrūtināta.

#### 4.7.tabula

Atkārtoti pārmērīto dižskābaržu audžu taksācijas rādītāji Šķēdes MN

Kvartāls, nogabals	Kokaudzes daļa	Uzmērīšanas gads	Koku vecums	Koku suga	Biezums	G	M	V	D <sub>g</sub>	H <sub>g</sub>
					ha <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m
21.kv. 27.nog.	Valdaudze	1989	35	Ds	1560.0	33.8	344.6	0.2	16.6	20.5
	Starpaudze			Ds	810.0	4.1	34.6	0.0	8.1	15.6
	Kopā				2370.0	37.9	379.2			



	Valdaudze	1994	44	Ds	1320.0	37.4	393.8	0.3	19.0	21.5
	Starpaudze			Ds	600.0	3.2	26.9	0.0	8.2	15.8
	Kopā				1920.0	40.6	420.7			
	Valdaudze	2003	49	Ds	1290.0	45.4	491.7	0.4	21.2	22.2
	Starpaudze			Ds	540.0	3.2	27.9	0.1	8.7	16.2
	Kopā				1830.0	48.6	519.6			
	Valdaudze	2008	53	Ds	1280.0	49.9	572.4	0.4	22.0	22.8
	Starpaudze			Ds	550.0	3.6	31.0	0.1	9.2	16.1
	Kopā				1830.0	53.5	603.4			
	Valdaudze	2013	58	Ds	1270.0	54.5	636.5	0.5	23.0	23.2
	Starpaudze			Ds	480.0	3.7	31.7	0.1	9.6	16.2
	Kopā				1750.0	58.2	668.2			
14.kv.3.nog.	Valdaudze	1989	39	Ds	720.0	20.0	229.2	0.3	18.8	23.1
				Oz	30.0	1.5	21.9	0.7	25.3	25.1
	Starpaudze			Ds	850.0	5.3	51.0	0.0	8.9	18.0
	Kopā				1600.0	26.8	302.1			
	Valdaudze	2000	50	Ds	710.0	30.3	361.5	0.5	23.3	24.5
				Oz	20.0	1.5	22.2	1.1	31.1	26.5
	Starpaudze			Ds	660.0	4.5	42.8	0.1	9.3	18.2
	Kopā				1390.0	36.3	426.5			
	Valdaudze	2003	53	Ds	630.0	29.6	358.1	0.6	24.5	24.9
				Oz	10.0	1.3	19.4	1.9	41.0	28.4
	Starpaudze			Ds	490.0	3.4	32.4	0.1	9.4	18.3
	Kopā				1130.0	34.3	409.9			
	Valdaudze	2013	58	Ds	650.0	32.7	374.4	0.6	24.8	23.1
	Starpaudze			Ds	490.0	3.9	33.7	0.1	10.0	16.7
	Kopā				1140.0	36.6	408.1			
	Valdaudze	2013	63	Ds	680.0	39.0	454.0	0.7	26.3	23.5
				Ds	460.0	4.0	35.9	0.1	10.3	16.7
					1140.0	43.0	489.9			
23.kv. 25.nog.	Valdaudze	1989	96	Ds	424.0	27.9	357.7	0.8	28.9	26.5
				B	62.0	4.0	59.6	1.0	27.9	26.1
				Oz	19.0	0.9	12.8	0.7	24.5	24.9
	Starpaudze			Ds	357.0	3.0	26.6	0.1	10.4	16.7
				E	29.0	0.5	5.6	0.2	14.6	20.0
	Kopā				891.0	36.3	462.3			
	Valdaudze	1994	101	Ds	424.0	31.3	408.0	1.0	30.7	27.0
				B	48.0	3.7	55.2	1.2	28.9	26.5
				Oz	14.0	0.8	11.5	0.8	26.7	25.7
	Starpaudze			Ds	329.0	3.4	31.7	0.1	11.6	17.7
				E	29.0	0.5	6.3	0.2	15.4	20.5
	Kopā				844.0	39.7	512.7			
Valdaudze	2003	110	Ds	414.0	33.0	434.5	1.0	31.9	27.4	
			B	24.0	2.4	35.8	1.5	32.3	27.6	

			Oz	14.0	0.8	11.7	0.8	26.9	25.8	
			Ds	238.0	2.8	26.7	0.1	12.3	18.3	
			E	10.0	0.2	2.2	0.2	15.9	20.8	
				700.0	39.2	510.9				
	2008	115	Ds	395.0	34.3	456.3	1.1	32.2	27.2	
			Ds	224.0	2.9	27.6	0.1	12.8	18.7	
			E	14.0	0.2	22.8	1.6	14.3	19.7	
			Oz	10.0	0.6	25.4	0.7	27.1	25.9	
			B	24.0	2.2	26.2	1.2	34.4	28.2	
				667.0	40.1	558.4				
	2013	120	Ds	400.0	36.1	485.1	1.2	32.0	27.1	
			Ds	219.0	3.8	40.4	0.2	7.2	10.6	
			E	10.0	2.3	2.3	0.2	17.1	21.5	
			Oz	5.0	0.3	4.3	0.9	30.0	26.8	
			B	24.0	2.2	26.2	1.3	35.1	28.3	
				658.0	40.5	562.7				
26.kv. 7.nog.	Valdaudze	1989	86	Ds	276.0	36.9	490.9	1.8	41.3	28.3
				E	44.0	4.3	52.1	1.2	35.3	26.3
				Oz	9.0	0.5	5.0	0.6	25.6	22.3
	Starpaudze			Ds	64.0	1.5	13.1	0.2	17.2	17.4
	Kopā				393.0	43.2	561.1			
	Valdaudze	1994	91	Ds	247.0	37.9	515.4	2.1	44.2	29.1
				E	22.0	2.4	29.0	1.3	37.0	26.9
	Starpaudze			Ds	56.0	1.4	13.0	0.2	18.1	18.0
	Kopā				325.0	41.7	557.4			
	Valdaudze	2008	105	Ds	222.0	222.0	519.6	2.3	45.9	30.5
				E	36.0	4.4	59.7	1.7	39.7	28.8
	Starpaudze			Ds	47.0	1.6	16.9	0.4	20.9	21.3
	Kopā				305.0	228.0	596.2			
	Valdaudze	2013	110	Ds	193.0	38.2	554.7	2.9	50.2	31.5
			E	36.0	4.4	59.7	1.7	39.7	28.8	
Starpaudze			Ds	44.0	1.8	20.4	0.5	23.0	22.4	
Kopā				273.0	44.4	634.8				
25.no 21.kv. 1.nog.	Valdaudze	2003	115	Ds	280.0	35.7	473.8	1.7	40.3	27.9
	Starpaudze			Ds	107.0	1.7	15.8	0.2	14.3	16.6
	Kopā				387.0	37.4	489.6			
	Valdaudze	2008	120	Ds	280.0	38.8	598.8	2.1	40.7	28.5
	Starpaudze			Ds	97.0	1.3	13.3	0.1	13.0	14.8
	Kopā				377.0	40.1	612.1			
	Valdaudze	2013	125	Ds	280.0	41.0	635.7	2.3	41.8	28.8
	Starpaudze			Ds	87.0	1.1	11.4	0.1	12.8	14.6
	Kopā				367.0	42.1	647.1			
21.kv.	Valdaudze	1989	101	Ds	364.0	42.8	686.3	1.887	38.7	33.8
	Starpaudze			Ds	112.0	2.9	34.4	0.306	17.7	22.9

Kopā				476.0	45.7	720.7			
Valdaudze	1994	106	Ds	355.0	45.4	760.6	2.2	40.4	34.4
Starpaudze			Ds	106.0	2.9	32.5	0.4	18.3	23.3
Kopā				461.0	48.3	793.1			
Valdaudze	2003	115	Ds	352.0	47.9	786.2	2.2	41.7	34.8
Starpaudze			Ds	88.0	2.6	31.8	0.4	19.5	24.6
Kopā				440.0	50.5	818.0			
Valdaudze	2008	120	Ds	358.0	50.8	915.9	2.6	41.7	33.9
Starpaudze				85.0	2.6	37.3	0.4	19.5	23.2
Kopā				443.0	53.4	953.2			
Valdaudze	2013	125	Ds	352.0	53.3	966.8	2.8	43.0	34.3
Starpaudze				85.0	3.3	50.0	0.4	22.1	25.2
Kopā				437	56.6	1016.8			

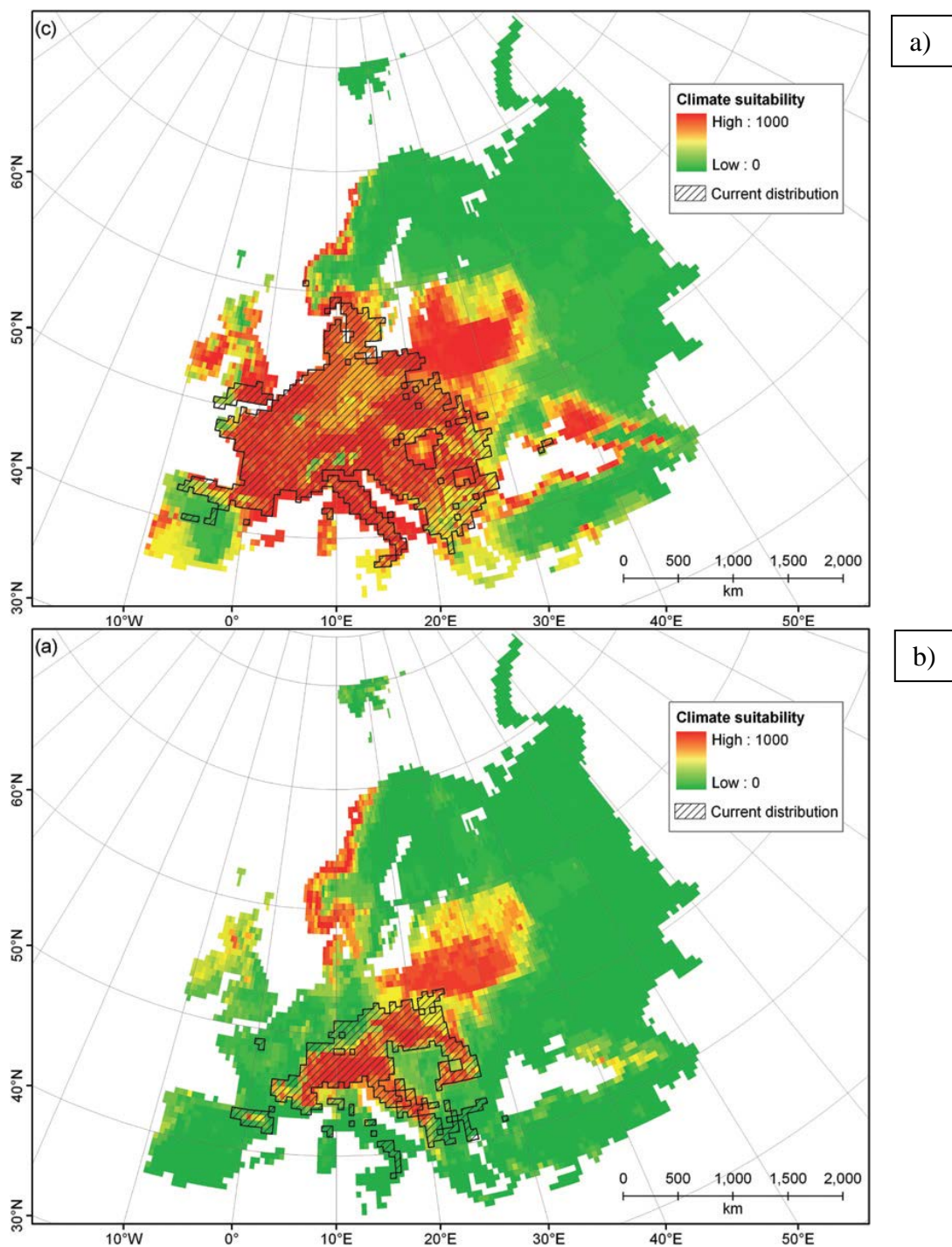
## 5. Meža koku sugu migrācija un dispersija

Pārskata periodā analizēti koku sugu migrāciju raksturojošie modeļi, īpašu vērību veltot atsevišķām cieto lapu koku sugām, kā arī apkopots materiāls un metodika provenienču robežu izmaiņu modeļa sagatavošanai vienai koku sugai (modeļa izstrāde paredzēta nākamajā pārskata periodā).

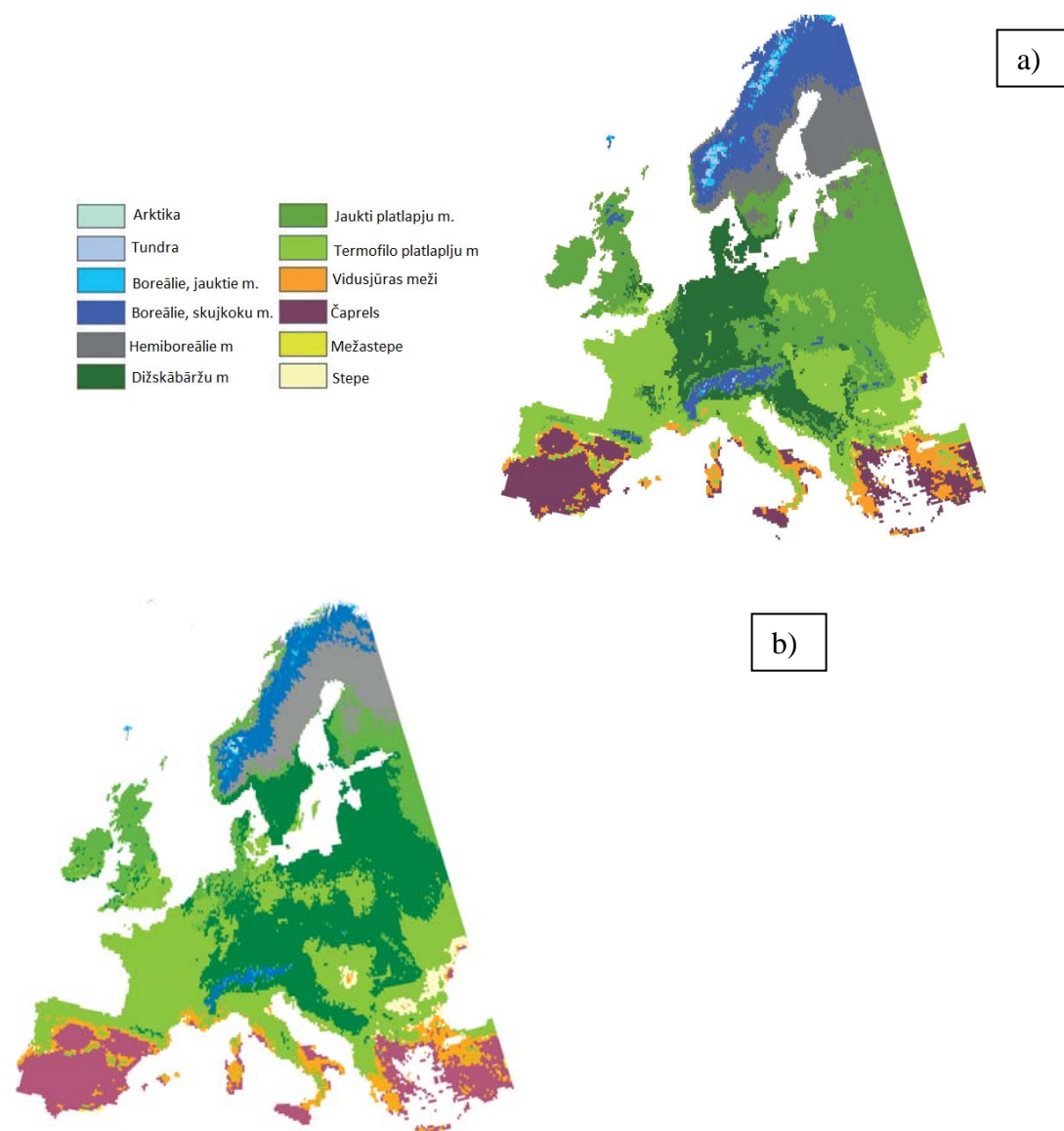
Mainoties vides apstākļiem, piemēram, klimatam, ir novērojama sugu areālu izmaiņas: samazināšanās, palielināšanās vai pārbīde, kad sugas ir spiestas migrēt, lai saglabātu savu ekoloģisko nišu (Corlett, Westcott, 2013; Maiorano et al., 2013; Svenning, Sandel, 2013; Sykes et al., 1996). Lai prognozētu mežu izmaiņas klimata izmaiņu dēļ, Eiropā ir izveidoti daudzi modeļi (Cheaib et al., 2012; Hanewinkel et al., 2012; Hickler et al., 2012; Lindner et al., 2010; Maiorano et al., 2013), un vairums no tiem paredz, ka tuvāko 60 gadu laikā nemorālo sugu izplatības areāli paplašināsies uz ziemeļiem (5.1.att., 5.2.att.), izspiežot ziemeļu sugas (piemēram, parasto priedi) (Reich, Oleksyn, 2008; 5.2.att.).

Tādējādi tuvākajās desmitgadēs būs iespējams vērot dabisku sugu kompleksa nomaiņu. Eiropas dienvidu daļā izplatīsies Vidusjūras reģionam raksturīga veģetācija un koku sugas (Cheaib et al., 2012). Šie pieņēmumi ir balstīti uz klimata izmaiņu scenārijiem, kas paredz paaugstinātu temperatūru Eiropas ziemeļos un ilgstošākus sausuma periodus Eiropas centrālajā un dienvidu daļā, (IPCC 2007). Iepriekš minētie modeļi izmanto ekoloģisko nišu (bioclimatic envelope) pieeju, kas parāda, kāda būs sugas augšanai piemēroto klimatisko faktoru kopu izplatība, balstoties uz pašreizējiem dabiskajiem limitējošajiem faktoriem (Pearson, Dawson, 2003). Tomēr sugu nomaiņai pastāv bioloģiskais (Huntley et al., 2010) un arī saimnieciskais aspekts, kas var kavēt vai arī sekmēt kādas sugas areāla maiņu atkarībā no sugu bioloģiskās un sociālekonomiskās vērtības (Hanewinkel et al., 2012). Sugas spēj pastāvēt ārpus to areāla, bet parasti tās nespēj vairoties un izplatīties (Cox, Moore, 2010). Mežu sastāva izmaiņas var nenotikt tik strauji, kā to pieļautu klimata izmaiņas, jo esošajai veģetācijai ir pielāgošanās spējas, kas var darboties kā „buferis”, nodrošinot to izdzīvošanu un kavējot jaunu sugu ienākšanu (Lenoir et al., 2013). Īpaši tas attiecas uz koku sugām ar garu dzīves ciklu. Bieži, lai suga ienāktu „jaunā” teritorijā, ir nepieciešams traucējums (Petit et al., 2004), lai gan par šādu traucējumu uzskata arī klimata pārmaiņas (Kullman, 2008; Lindner et al., 2010; Sykes, 2001). Vides apstākļu izmaiņu ātrums ir variabls, kā rezultātā sugas izplatīšanās ātrums var būt svarīgs sugas saglabāšanai (suga ar zemu izplatīšanās ātrumu var sastapties ar paaugstinātu konkurenci, pakāpeniski izzust) (Corlett, Westcott, 2013; Howe, Smallwood, 1982; Meier et al., 2012; Svenning, Sandel, 2013). Tomēr klimats var arī ietekmēt (palielināt) sugas izplatīšanās ātrumu (Meier et al., 2012). Tiek uzskatīts, ka sugas

izplatīšanās spēja (ātrums un attālums paaudzes laikā) ir viens no faktoriem, kas nosaka dabisko augu sabiedrību (audžu) sastāvu un struktūru (Levin et al., 2003), tādējādi ietekmējot ainavu vai pat ekosistēmu.



5.1.attēls. Dižskābarža (a) un *Abies alba* (b) augšanai piemēroto klimatisko apstākļu prognoze uz 21. gs. beigām (no Maiorano et al., 2013).



Modelēšanā izmantots dinamiskais veģetācijas modelis, izmantojot HadCM3 klimata scenāriju (IPCC 2007). Attēlā uzskatāmi parādīts, ka vides faktori kļūs labvēlīgi lapu koku sugām.  
 5.2. attēls. Veģetācijas zonu izplatības prognozes Eiropai 21. (a) un 22. gadsimta (b) beigās (no Hickler et al., 2012).

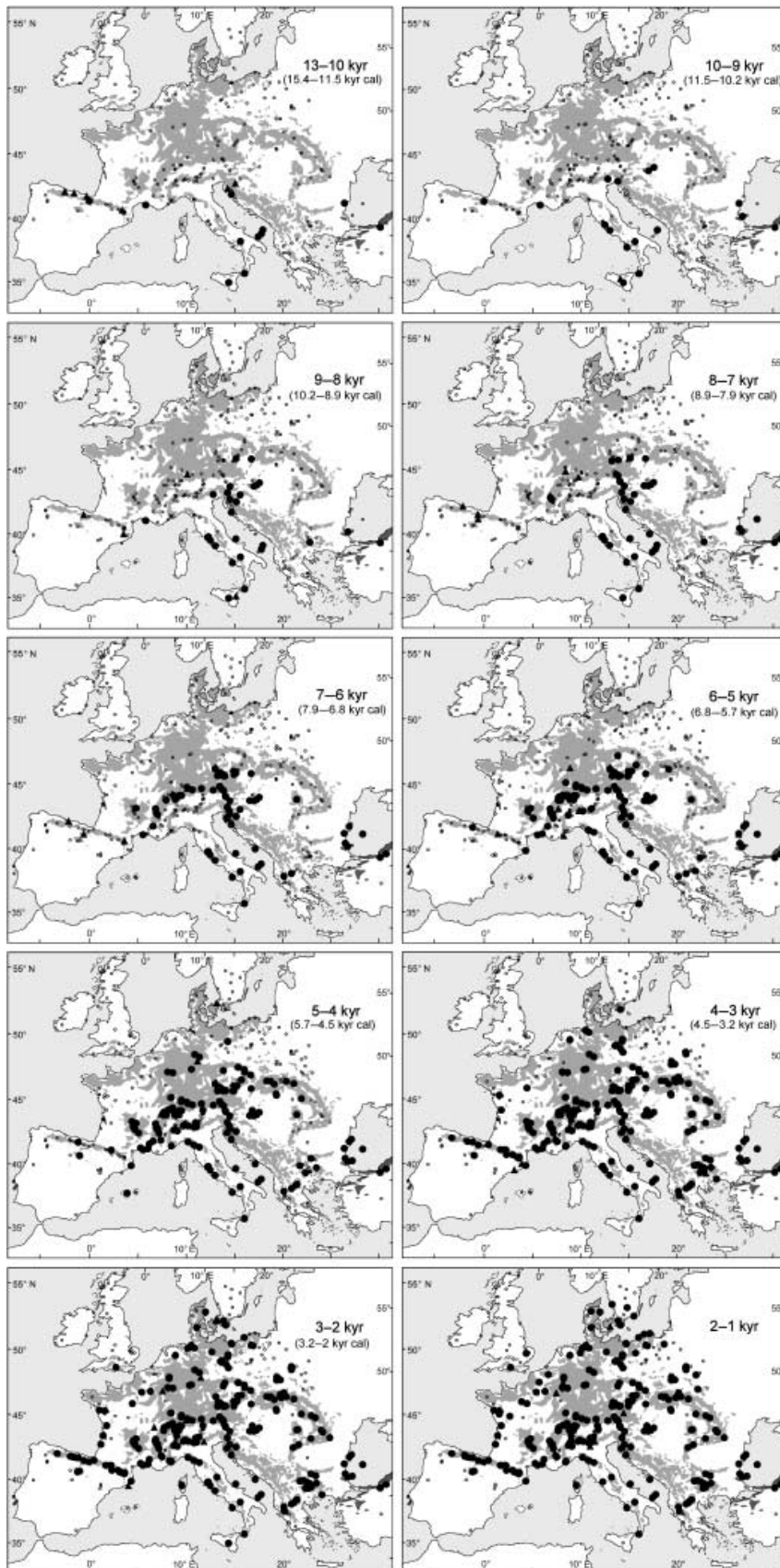
Sugas izplatīšanās spēja savukārt ir atkarīga no vairākiem faktoriem. Kā viens no nozīmīgiem faktoriem ir minamas sēklu īpašības, kas atšķiras starp dažādām sugām (Ennos, 1994). Augiem ar mazām sēklām, kuras izplata vējš, raksturīga augsta izplatīšanās spēja (attālums), turpretim, sugas ar smagām sēklām, ko pārvieto dzīvnieki vai ūdeņi, izplatās relatīvi lēni (nelielos attālos) (Howe, Smallwood, 1982). Piemēram, pētījumi liecina, ka sugas, kuru sēklas izplata vējš, jau pēc dažiem gadiem sāka kolonizēt Sv. Helēnas kalnu, kur pilnīgi visa veģetācija bija iznīcināta vulkāna izvirduma laikā (Dale, 1989). Nokļūstot augšupejošajās (siltajās) gaisa masās, vieglās *Populus* un *Salix* ģinšu sugu sēklas var izplatīties pat simtiem kilometru attāluma; pat *Ulmus* un *Acer* ģinšu sugu sēklas šādā viedā var pārvietoties vairākus kilometrus (Horn et al., 2001). Ņemot vērā meža koku sugām raksturīgo lielo kopējo producēto sēklu skaitu, minētais mehānisms nodrošina augstu varbūtību, ka arī sugas ar smagākām sēklām spēs migrēt ievērojamā attālumā (Clark, 1998; Petit et al., 2004). Lielais sēklu skaits nodrošina, ka dažas no tām pārvarēs ievērojamus attālus arī „nestandarta” veidā, piemēram, sēklas, kuras izplata skudras, var tikt izplatītas lielā attālumā, ja tās apēd putns (Higgins et al., 2003). Zīļu un riekstu izplatīšanā arī lielos attālos būtiska loma ir sīļiem (den Ouden et al., 2005; Johnson, Adkisson, 1985). Tomēr izplatīšanās vektors (aģents)

nav strikti lietojams kā kritērijs sugas izplatības ātruma novērtējumam (Wilson et al., 2009), jo parasti sēklas tiek izplatītas, līdzdarbojoties vairākiem faktoriem (Levin et al., 2003; Nathan et al., 2008). Vēsturiski sugu izplatības ceļi ir bijuši cieši saistīti ar cilvēka izplatības (migrāciju) ceļiem, norādot uz cilvēka ietekmi un saistību ar sugu izplatīšanos (Lindbladh et al., 2000; Magri, 2008). Cilvēka darbībai mūsdienās ir pieaugoša loma sugu (kokaugu) izplatīšanās, un tā uzskatāma par neatņemamu (koku) izplatīšanās sastāvdaļu, it īpaši sugām ar lēnu izplatīšanās ātrumu (Petit et al., 2004; Wilson et al., 2009). Papildus koku sugu izplatīšanās spēju ietekmē tādi faktori kā laika periods, kurā sēklas saglabā dīgspēju (Nathan et al., 2008; Petit et al., 2004), un vecums, kurā koks sāk ražot sēklās, respektīvi, kad jaunais indivīds sāk kalpot par sēklu (diasporu) avotu sugas turpmākai izplatībai (Howe, Smallwood, 1982).

Sēklu izplatīšanās ātrums ir minams arī kā gēnu plūsmas sastāvdaļa (lai gan daudz lēnāka nekā ar putekšņiem), kas nodrošina sugas ekoloģisko plastiskumu un spēju pielāgoties mainīgai videi, it īpaši areāla robežu tuvumā (Kremer et al., 2012). Šajā aspektā, lai uzlabotu mežaudžu ražību, ir veikti dažādi introdukcijas un provenienču eksperimenti (Burton, 2011). Tomēr jāņem vērā, ka introducētās sugas, kam piemīt augsta izplatīšanās spēja un daudzveidīgs genoms, var kļūt invazīvas un apdraudēt vietējo sugu vitalitāti vai pastāvēšanu (Despain, 2001), kura ir spēcīgs konkurents ar vietējām sugām it īpaši traucējumu (klimata izmaiņu) dēļ (Sykes, 2001). Šāda situācija ir novērojama Ziemeļamerikā, kur parastā kļava (*Acer platanoides*) plaši izplatās un izkonkurē vietējās kļavu sugas radot ekonomiskus zaudējumus un samazinot bioloģisko daudzveidību (Martin et al., 1999). Tomēr pagaidām skujkoki nav uzskatāmi par invazīviem Eiropas ziemeļos (t.sk. Latvijā) (dati no NOBANIS, <http://www.nobanis.org>). Klimata izmaiņu kontekstā būtiski izvērtēt, kur vietējām koku sugām apstākļi kļūst mazāk piemēroti un to vitalitātes zudums ir dabisks process, kas saistīts ar areāla maiņu, un citu sugu izmantošana meža atjaunošanā būtu attaisnojama ne tikai no ekonomiskā viedokļa.

Lai samazinātu iespējamo klimata pārmaiņu ietekmi uz mežsaimniecību, kā arī palielinātu mežu bioloģisko vērtību, Centrālajā un Rietumeiropā arvien biežāk tiek izmantota platlapju (dižskābarža vai ozola) paaugas izveidošana saimnieciskos mežos (Zerbe, 2002). Šāda prakse ir piemērota Centrāleiropai, kur ir novērota dabiska dižskābarža atjaunošanās kopā ar skujkokiem (Björkman, Bradshaw, 1996; Nagel et al., 2006). Šāda prakse ir piemērota Centrāleiropai, kur vēsturiski notikusi dižskābaržu un skujkoku (*Abies* sp.) cikliska attīstība, kas saistīta ar cilvēka ietekmi (ganīšanu un medību saimniecību) (Vrška et al., 2009). Dižskābardis labi sadzīvo ar egli un spēj atjaunoties zem tās (Bradshaw, Lindbladh, 2005; Götmark et al., 2005b; Nagel et al., 2006). Dižskābarža sējeņiem zem skujkokiem ir raksturīgs grupveida izvietojums, kas galvenokārt saistīts ar izplatīšanās vektoru darbību, nevis mikroklimatiskajiem apstākļiem (Kunstler et al., 2004).

Dižskābarža ziemeļu izplatības robeža joprojām ir zinātnisku diskusiju tēma, tomēr klimata izmaiņu rezultātā dižskābardis varētu dabiski sasniegt Latviju (Bolte et al., 2007). Daži autori uzskata, ka dižskābardis turpina atgūt un paplašināt kādreizējo izplatību (5.3.att.) (Giesecke et al., 2007; Magri, 2008).



Pelēkais iekrāsojums norāda mūsdienu izplatību, melnie punkti norāda atradnes, kurās putekšņu īpatsvars > 2% (5.3.attēls). Dižskābarža izplatības vēsturiskās izmaiņas pēc ledus laikmeta (pēc Magri, 2008).

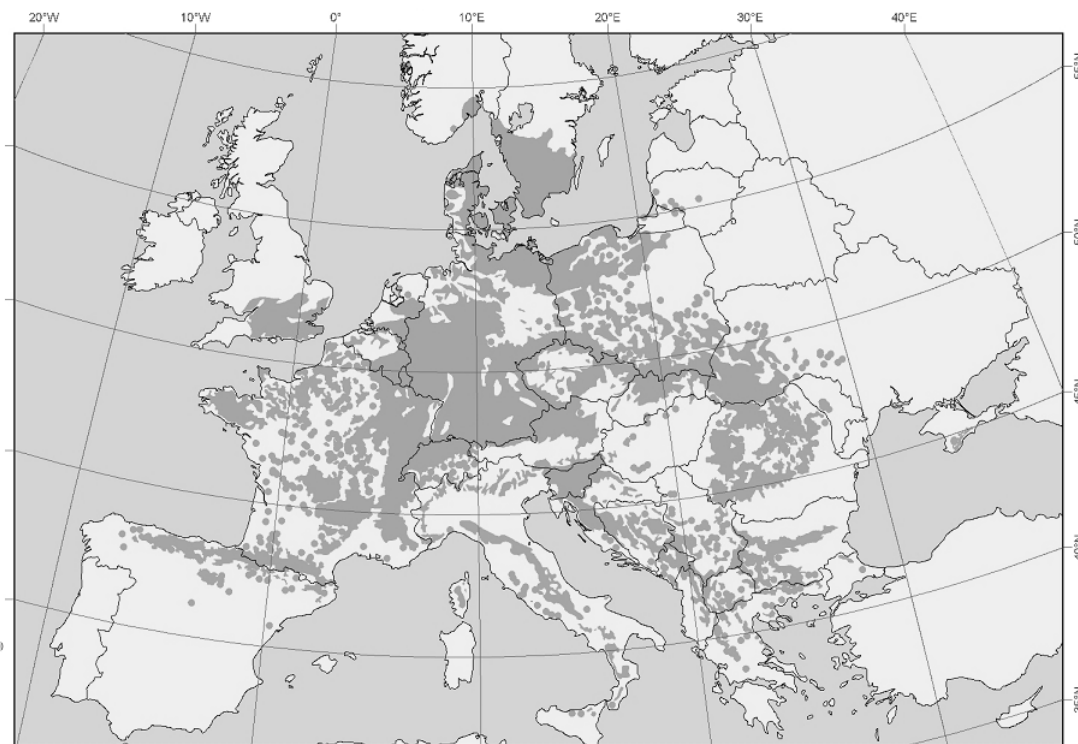
Pēdējo 2000 gadu laikā dižskābardis Zviedrijas dienvidos (izplatības areāla ziemeļu daļā) ir ieņēmis arvien plašākas teritorijas (Magri, 2008) un daudzviet pakāpeniski izkonkurējis ozolu (Niklasson et al., 2002); pēdējās desmitgadēs dižskābarža atjaunošanās ir intensificējusies

(Götmark et al., 2005b). Dižskābarža ražas gadi, kas ir nozīmīgi dabiskajai atjaunošanai, paaugstinoties jūlija un septembra temperatūrai, Zviedrijā ir kļuvuši biežāki (Övergaard et al., 2007), liecinot par pieaugošu dižskābarža izplatīšanās potenciālu (Nilsson, Wästljung, 1987). Dabiskā dižskābarža izplatīšanās ir lēna (Götmark et al., 2005b), tā vēsturisko izplatību lielā mērā ir ietekmējusi cilvēka darbība (Bolte et al., 2007), tādēļ precīzu izplatīšanās (areāla izmaiņu) ātrumu ir grūti raksturot. Piemēram, no stādījumiem Latvijā – Šķēdē - dižskābardis izplatās blakus teritorijās ar ātrumu ap 4 m gadā, tomēr šis novērtējums ir stipri aptuvens (Sabule L., 2009). Vēsturiskais izplatīšanās ātrums Eiropā ir bijis variabls (Magri, 2008) un svārstījies no 250 līdz 560 m gadā atkarībā no limitējošo faktoru kompleksa (mazākais ātrums bijis klimata limitētajā areāla ziemeļaustrumu daļā) (Saltre et al., 2013). Introducētajiem kokaugiem raksturīga atjaunošanās un izplatīšanās aizture (pat līdz 170 gadiem) pēc iestādīšanas (Petit et al., 2004), kas arī varētu izskaidrot lēno izplatīšanos Šķēdē.

Dižskābarža sēklas ir smagas un nav piemērotas izplatībai ar vēju. Dabisko dižskābarža izplatīšanos sekmē grauzēji un putni, kā arī sēklas var izplatīties ar ūdeņiem (den Ouden et al., 2005; Götmark et al., 2005b; Nilsson, Wästljung, 1987; Rackham, 2003). Gravitācijas ietekmē sēklas spēj izplatīties vien līdz 20 m attālumā no vainaga robežas (Oddou-Muratorio et al., 2010; Sagnard et al., 2007). Grauzēji izplata sēklas nedaudz lielākos attālumos: no dažiem desmitiem līdz dažiem simtiem metru (Jensen, 1985). Putni (sīļi) var izplatīt dižskābardis lielākos attālumos – līdz 4 km (Johnson, Adkisson, 1985). Liela ietekme uz izplatīšanos (iesēšanos un sekmīgu attīstību) ir riekstu ražas biežumam un intensitātei: lielas ražas gadījumā vairāk sēklu netiek apēstas un veido dīgstus (Jensen, 1985; Nilsson, Wästljung, 1987). Citu koku sēklu ražas intensitāte var ietekmēt dižskābarža izplatīšanos, ietekmējot barības izvēli putniem (piemēram, ja vienlaicīgi ir ozolu un dižskābaržu sēklu ražas gads, sīlis var izvēlēties baroties ar ozolzīlēm) (Johnson, Adkisson, 1985).

Pašlaik tiek uzskatīts, ka dižskābarža dabiskās izplatības areāla ziemeļu robeža ir Zviedrijas dienvidu daļa (5.4.att.), lai gan atsevišķi stādījumi sastopami Baltijas valstīs (Bolte et al., 2007). Zviedrijā dižskābardis gandrīz sasniedz 60. ziemeļu paralēli, kas pārsniedz Latvijas lielāko ģeogrāfisko platumu. Tomēr klimats Zviedrijas dienvidos ir mērenāks (gada vidējā temperatūra ir ap 7 °C, janvāra vidējā temperatūra ap -2 °C un jūlija vidējā temperatūra ap 16 °C, nokrišņi 600–1000 mm gadā, (Drobyshev et al., 2008)), okeāniskāks, ar salīdzinoši zemu ikgadējo temperatūras amplitūdu (Huntley, Prentice, 1993; van der Schrier et al., 2006), kāds ir uzskatāms par labvēlīgu dižskābarža augšanai (Bolte et al., 2007). Okeāniska un mērena klimata dēļ Zviedrijas dienvidos dabiski veidojas nemorālā tipa (platlapju) meži (Ellenberg, 1988; Sjors, 1963). Latvija (Kurzeme) daļēji atbilst norādītajām dižskābarža temperatūras prasībām (vidējā temperatūra no -1 līdz -4 °C janvārī un ap 18 °C jūlijā) (Huntley et al., 1989), jo vidējā temperatūra janvārī ir no -3 līdz -7 °C un jūlijā no 16 līdz 17,5 °C, attiecīgi, jūras piekrastē un austrumu reģionā (LEGMC).



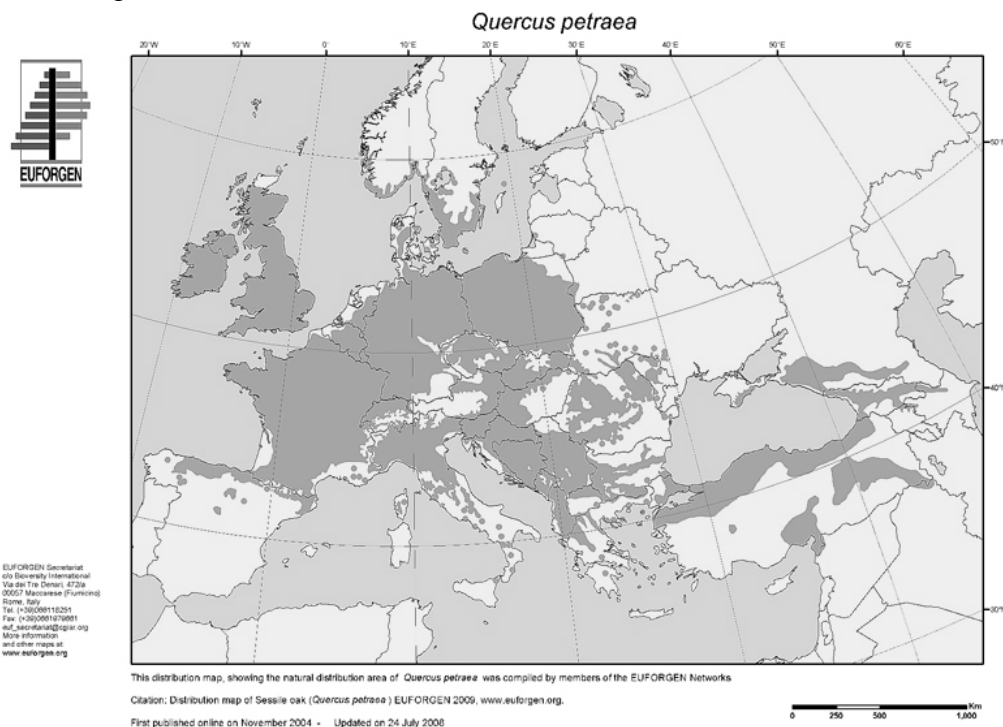


5.4.attēls. Pašreizējā dižskābarža izplatība Eiropā (pēc EUFORGEN 2009a).

Dižskābarža izplatīšanos ziemeļaustrumu virzienā galvenokārt ir noteicis klimats, nevis sēkļu izplatīšanās (Saltre et al., 2013). Ir prognozēts, ka turpmākajās desmitgadēs klimats Latvijā un Baltijā varētu kļūt vēl piemērotāks dižskābardim (Maiorano et al., 2013). Tomēr, ņemot vērā dižskābarža augšanas gaitu (Dreimanis, 2005) un dabisku izplatīšanos (atjaunošanos) (Sabule L., 2009) stādījumā Šķēdē, var secināt, ka augšana pašreizējie apstākļi Kurzemē ir dižskābardim labvēlīgi, ko gan arī varētu skaidrot ar dižskābarža pielāgošanās spējām (Kramer et al., 2010, Weber et al., 2013). Tādējādi var spriest, ka, klimatam paliekot siltākam (Lizuma et al., 2007) un ekstrēmi zemu temperatūru gadījumiem kļūstot retākiem (Avotniece et al., 2010), dižskābardim ir potenciāls iekļauties Latvijas florā un kļūt par saimnieciski nozīmīgu sugu nākotnē. Ir sagaidāms, ka nākamo divu gadsimtu laikā dižskābardis varētu kļūt par parastu sugu Latvijas (Baltijas) mežos (Hanewinkel et al., 2012). Lai gan dižskābarža ziemeļu robežu nelimitē kāds atsevišķs faktors, ir uzskats, ka nozīmīga loma ir ziemas temperatūrai (Bolte et al., 2007); Latvijā klimatiskajiem faktoriem nav strikti limitējoša ietekme uz augšanu (Sabule L., 2009). Ļoti iespējams, ka pašreizējās areāla ziemeļu robežas nosaka sugas izplatīšanās ātrums (Bolte et al., 2007; Götmark et al., 2005b). Dižskābarža izplatības austrumu robežu nosaka kontinentalitāte un zemas temperatūras ziemā (Babst et al., 2012; Bolte et al., 2007; Saltre et al., 2013); dižskābarža izplatīšanās varētu būt apgrūtināta Latvijas austrumu daļā, kur klimats ir kontinentālāks, ziemas aukstākas (Temņikova, 1975) un klimatiskie ekstrēmi izteiktāki (Avotniece et al., 2010). Lai gan suga ir jutīga pret sausumu (Dittmar et al., 2003), kas varētu kļūt par ietekmējošu faktoru Ziemeļeiropā nākotnē (IPCC 2007), tomēr dižskābardim piemīt augsts ekoloģiskais plastiskums (Bolte et al., 2007), ko nosaka ātras pielāgošanās spēja un ģenētiskā daudzveidība (Jump et al., 2006; Kramer et al., 2010). Tomēr sausuma ietekme uz augšanu potenciāli varētu būt izteiktāka Latvijas austrumu reģionā, kā jau novērots parastajam ozolam (Matisons et al., 2012). Ziemas temperatūras potenciāli var limitēt sējeņu izdzīvošanu (Bolte et al., 2007).

Kā vēl viena lapu koku suga, kas varētu ienākt Latvijā, ir minama klinšu ozols *Quercus petraea*. Šī suga tiek uzskatīta par parastā ozola dvīņsugu (Scotti-Saintagne et al., 2004), kas nedaudz atšķiras ar ekoloģiju, (Bréda et al., 1993; Sykes et al., 1996) bet kuras izplatības areāls ir centrālā un dienvidu Eiropa (5.5.att., EUFORGEN 2009b). Klimatiskās prasības klinšu ozolam ir ļoti līdzīgas kā dižskābardim: būtiski, lai ziemas aukstākā mēneša vidējā

temperatūra būtu virs  $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Sykes et al., 1996), kas liek domāt, ka arī pašlaik suga varētu augt Latvijā. Šo faktu apliecina arī atsevišķi izplatības modeļi, kas parāda Latvijas rietumu daļu (Kurzemi) kā šīs sugas augšanai piemērotu jau mūsdienās un daudz plašāku areālu tuvāko 80 gadu laikā (5.6.att.) (Thuiller, 2003).



5.5.attēls. Klinšu ozola (*Quercus petraea*) izplatība Eiropā (EUFORGEN 2009b).

Tomēr areālu robežu izmaiņas mainīgos vides apstākļos lēni augošām sugām ir problemātiska (Bolte et al., 2007). Ozola izplatīšanās spēja ir līdzīga kā dižskābardim (den Ouden et al., 2005; Götmark et al., 2005a; Nilsson, Wästljung, 1987; Rackham, 2003), bet ozolam nav vērojami tik izteikti sēkļu ražas gadi (den Ouden et al., 2005). Ozolam, līdzīgi kā dižskābardim, novērojama atjaunošanās zem skujkokiem (Götmark et al., 2005b; Kunstler et al., 2004). Tomēr klinšu ozola izplatīšanās uz ziemeļiem un dabiska ienākšana Latvijā ir diskutabla, jo Zviedrijas dienvidos ozolu atjaunošanos būtiski ietekmē zālēdāji (den Ouden et al., 2005; Götmark et al., 2005a), un limitē citu koku sugu konkurence (Niklasson et al., 2002).



Future distribution by GLM



Future distribution by GAM



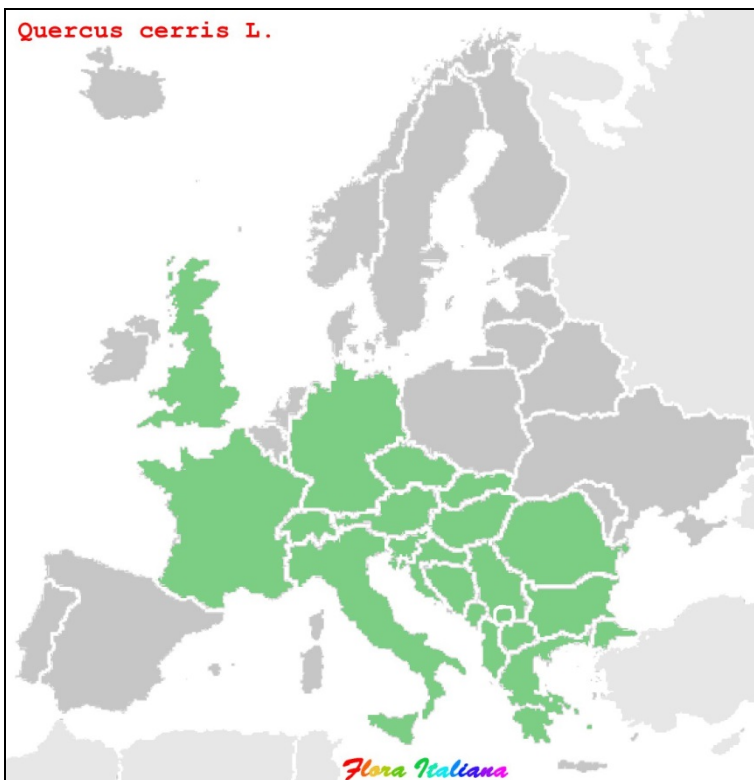
Future distribution by CART



Future distribution by ANN

5.6.attēls. Klinšu ozola (*Quercus petraea*) prognozētā izplatība Ziemeļeiropā balstoties uz dažādiem klimata izmaiņu scenārijiem (pēc Thuiller, 2003).

Ozolu suga, kas potenciāli varētu būt piemērota audzēšanai Latvijā, un kas Dienvidēiropā ir komerciāli nozīmīga un ātraudzīga suga ar īsu rotācijas periodu, ir Austrijas ozols *Quercus cerris* (Amorini et al., 1998). Tā izplatības ziemeļu robeža pašlaik sasniedz Vācijas ziemeļus un Lielbritāniju (5.7.att.). Pašlaik Polijā šī suga tiek uzskatīta par invazīvu (dati no NOBANIS), tādējādi liecinot par šīs sugas augstu izplatīšanās potenciālu. Tomēr pašlaik *Q. cerris* Eiropā ir maz pētīts un pieejama tikai fragmentāra informācija par tā ekoloģiskajām prasībām.



5.7.attēls. *Quercus cerris* izplatības areāls Eiropā  
(<http://luirig.altervista.org/flora/taxa/index1.php?scientific-name=quercus+cerris>).

Sarkanais ozols (*Quercus rubra*), kura izcelsme ir Ziemeļamerika, ir piemērots Latvijas apstākļiem. Tā radiālais pieaugums jaunaudzēs vecumā var būt lielāks nekā parastajam ozolam (Dreimanis, Šulcs, 2006). Lai gan sarkanā ozola dabiskās izplatīšanās ātrums ir lielāks nekā parastajam ozolam (Riepšas, Straigyte, 2008), tas ir samērā mazs, salīdzinot ar sugām, kuras izplata vējš (Sork, 1984). Tomēr sarkanais ozols ir uzskatāms pa invazīvu sugu Lietuvā (dati no NOBANIS, Riepšas, Straigyte 2008) un par potenciāli invazīvu sugu Latvijā (dati no NOBANIS), kas netieši norāda uz tā izplatīšanās ātruma pieaugumu.

Kļava (*Acer platanoides*) un liepa (*Tilia cordata*), kuras Latvijā atrodas areāla izplatības ziemeļu daļā (Ellenberg, 1988), klimatam kļūstot siltākam (Lizuma et al., 2007), varētu palielināt īpatsvaru mežaudzēs uz auglīgām augsnēm. Kļava Latvijā ir sastopama mistraudzēs auglīgos meža tipos un nogāžu mežos (Mauriņš, 2003). Pēdējo 30 gadu laikā ir novērota kļavas strauja izplatīšanās (Kullman, 2002; 2008; Martin, 1999; Modry et al., 2004) un bieža kļavas paaugas veidošanās dažādos meža tipos zem vainagiem (Mauriņš, 2003), kā arī atvērumos (Bambe, 2009). Ņemot vērā, ka kļava ir samērā ēncietīga suga (Niinemets, 1998), tās pieaugošais īpatsvars paaugā varētu liecināt par kļavas augšanas un dabiskās atjaunošanās uzlabošanos, lai gan liela daļa no sējeņiem iet bojā zālēdāju (brīžu) dēļ (Modry et al., 2004). Par potenciālu kļavas augšanas uzlabošanos liecina arī koksnes veidošanās saistības ar klimatiskajiem faktoriem. Latvijā nokrišņiem nav konstatēta būtiska ietekme uz kļavas augšanu, bet temperatūra augšanas periodā (vasaras vidus un beigas) pozitīvi ietekmē kļavas koksnes pieaugumu (Skuja, 2012), kas, ņemot vērā vidējo temperatūru paaugstināšanos, liecina par iespējamu augšanas apstākļu uzlabošanos. Kļavas sēklas izplata vējš, kas nodrošina strauju sugas izplatīšanos (Mauriņš, Zvirgzds, 2006).

Liepai nav liela ekonomiskā nozīme, tā ir bieža satelītsuga auglīgākajos meža tipos (Priedītis, 1999), kur sastopama paaugā, jo ir ēncietīga juvenīlā vecumā (Mauriņš, Zvirgzds, 2006). Jaunākie pētījumi ir parādījuši, ka dabiski liepa aizstāj ozolu auglīgās augsnēs un var kļūt par valdaudzēs sugu auglīgos meža tipos vēlās sukcesijas stadijās (Brūmelis et al., 2011; Ellenberg, 1988; Ikaunieca et al., 2012). Ņemot vērā novēroto liepas un kļavas dabiskās atjaunošanās intensificēšanos un to izplatības paplašināšanos, šo koku sugu iekļaušana

turpmākajos mežsaimniecības modeļos varētu būt perspektīvs jautājums mežaudžu struktūru daudzveidības palielināšanai.

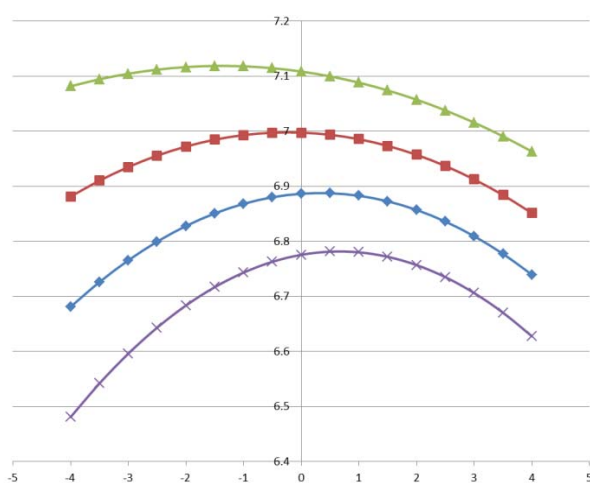
Provenienču eksperimentu rezultāti gan Latvijā, gan citviet Eiropā pierāda, ka sugas ietvaros starp populācijām pastāv nozīmīgas, ar adaptīviem pielāgojumiem augšanas vietā limitējošajiem vides apstākļiem saistītas, atšķirības. Piemēram, parastās priedes proveniencas no Spānijas vai Turcijas spēj izturēt garākus un intensīvākus sausuma periodus, bet ne tik zemas ziemas temperatūras, kā šīs pašas koku sugas proveniencas no Latvijas. Provenienču reģionu izdalīšanai būtiski izvēlēties tādas koku pazīmes, kas būtiski ietekmē mērķa pazīmi (saimnieciskajos mežos – valdaudzes koku krāju) un ko, savukārt, iespējami maz ietekmē mikrovides apstākļi (piemēram, atšķirīga koku savstarpējā konkurence). Tādēļ kā vērtējamās pazīmes izvēlētas koku augstums un saglabāšanās.

Izmantojot provenienču eksperimentu rezultātus, kur viens un tas pats ģenētiskais materiāls stādīts vairākās vietās, iespējams konstruēt matemātiskos modeļus, kas raksturo koku augstuma vai saglabāšanās izmaiņu atkarībā no vides parametru (izvēloties informatīvākos) izmaiņām. Informācija par provenienču augšanas atšķirībām dažādos reģionos jau ilgstoši tikusi izmantota, nosakot meža reproduktīvā materiāla pārvietošanas zonas. Taču tās tiešu lietošanu, lai definētu provenienču reģionu robežu maiņu klimata izmaiņu kontekstā limitē: 1) pieejamais datu apjoms un kvalitāte (galvenokārt, ņemot vērā, ka nepieciešams materiāls no atšķirīgiem meteoroloģiskajiem, bet līdzīgiem fotoperiodiskajiem apstākļiem); 2) reģionu robežu ģeogrāfiska, nevis klimatiska definēšana.

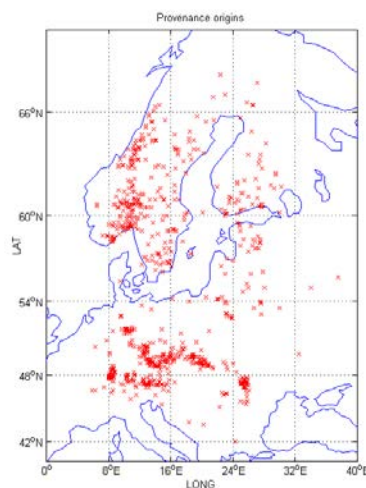
Izvēlēta metodiskā pieeja, lai definētu klimata izmaiņu ietekmi uz provenienču reģionu robežām, ietver:

sadarbību ar kaimiņvalstīm, analīzei nodrošinot datus no iespējami plaša ģeogrāfiskā reģiona – ietverot ne tikai proveniencas, bet iepriekš neanalizētus ģimeņu stādījumus un nodrošinot maksimāli lielu novērojumu skaitu robustu secinājumu izdarīšanai (5.8.att.);

jaunāko klimatisko datu izmantošanu, modelī vērtējot ne tikai temperatūras, bet dažādu klimatisko faktoru ietekmi un izvēloties tos parametrus, kam ir statistiski būtiska ietekme uz analizētajām pazīmēm.



(a)



(b)

5.8.attēls. Provenienču no dažādiem reģioniem vidējā augstuma izmaiņas, stādot kokus uz ziemeļiem vai dienvidiem (par noteiktu ģeogrāfiskā platuma grādu skaitu) no izcelsmes vietas (a) un potenciāli pieejamais materiāls (sākotnējā informācija, karte tiks papildināta nākamā gada laikā, ietverot līdz šim neapstrādātu stādījumu datus) atbildes reakcijas uz klimata izmaiņām modelēšanai (b) (M.Berlin, pers.kom.).

Pārskata periodā uzsākta sadarbība, strādājot gan pie metodiskajiem jautājumiem, gan datu materiāla sagatavošanas.

Kopumā zinātniskās literatūras analīze liecina: lai prognozētu mežu izmaiņas klimata izmaiņu ietekmē, Eiropā ir izstrādāts ievērojams skaits modeļu, kas izmanto ekoloģisko nišu (bioclimatic envelope) pieeju, t.i., parāda, kāda būs sugas augšanai piemēroto klimatisko faktoru kopas izplatība un līdz ar to arī vērtētās sugas izplatība, ņemot vērā tās areālu šobrīd limitējošos faktorus. Tomēr šīs pieejas kritiska analīze koku sugām (ar ilgu dzīves ciklu – tātad spēju pielāgoties vides apstākļu svārstībām – un plašu izplatības areālu) liecina, ka valdošo koku sugu sastāva nomaiņa, visticamāk, nenotiks tik strauji, kā prognozē modeļi. To nosaka gan sugas izplatības ātruma, gan dažādu citu faktoru (tai skaitā cilvēku saimnieciskās darbības) ietekme, piemēram, esošās veģetācijas pielāgošanās un pret-darbošanās (konkurence) jauno sugu ienākšanai (īpaši jūtīgākajā koku dzīvēs cikla daļā – pirmajos augšanas gados), kā arī putekšņu nodrošinātā gēnu plūsma starp populācijām ar dažādiem adaptīviem pielāgojumiem. Būtiski vērtēt šo adaptīvo variāciju sugas ietvaros, nosakot provenienču reģionu iespējamās robežu izmaiņas, ko iespējams darīt, kompleksi analizējot vairākās valstīs esošu provenienču eksperimentu rezultātus.

Vērtējot izplatības areālu prognozes atsevišķām sugām, konstatēts, ka turpmākajās desmitgadēs klimats Latvijā un Baltijā varētu kļūt vēl piemērotāks dižskābardim, tomēr tā izplatību austrumu virzienā ierobežo kontinentalitāte un zemas temperatūras ziemā, kas limitē sējeņu izdzīvošanu. Austrijas ozols *Quercus cerris*, kura izplatības ziemeļu robeža pašlaik ir Lielbritānija, un pēdējās desmitgadēs sasniedz Vācijas ziemeļus un Poliju, ir komerciāli nozīmīga un ātraudzīga suga ar īsu rotācijas periodu un potenciāli varētu būt piemērots audzēšanai Latvijā. Līdzīgi secinājumi izdarāmi par *Quercus rubra*, kas, atšķirībā no iepriekš aprakstītajām, ir Ziemeļamerikas koku suga, Eiropā ieviesusies tikai cilvēka darbības rezultātā. Modeļi liecina, ka vides apstākļi kļūs piemērotāki arī tādu vietējo koku sugu kā *Acer platanoides* un *Tilia cordata* augšanai.

## 6. Fenotipiskā plastiskuma nozīmē meža koku adaptācija

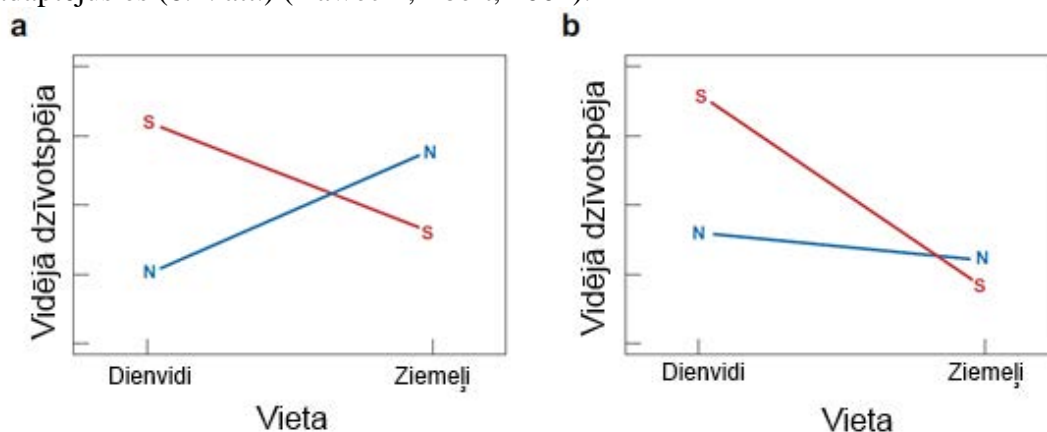
Provenienču eksperimentu rezultāti daudzām koku sugām dažādās pasaules daļās liecina, ka indivīdi no šīm populācijām var izdzīvot un augt ārpus savas pamatteritorijas (dabiskā izplatības areāla). Tomēr starpsugu un iekšsugas konkurence limitē atsevišķu genotipu izplatību. Parasti, salīdzinot lokālās populācijas ar stādījumiem no citām izplatības areāla daļām, labākus dzīvotspējas rādītājus konstatē lokālajai populācijai. Tuvāk izplatības areāla robežām iespējams, ka lokālā adaptācija nespēj kompensēt vides ietekmi. Lokālā adaptācija tiek izteikta kā līdzsvars starp gēnu plūsmu un selekciju. Ģenētiskā diferenciacija un dabiskā selekcija notiek desmitiem un pat simtiem kilometru lielā rādiusā ap pētītām populācijām un ir atšķirīgi atkarībā no sugas, bet ticami gēnu plūsmas dati iegūstami tikai par daudz mazākiem attālumiem. Tā kā datu ieguve par gēnu plūsmu lielos attālumos ir apgrūtināta, tad pārsvarā tiek izmantotas dažādas modelēšanas metodes, tomēr tās nesniedz precīzu informāciju par gēnu plūsmas attālumiem (Austerlitz et al., 2004). Tāpat atšķiras gēnu plūsmas attālumi atkarībā no tā, vai tiek apskatīta putekšņu vai sēklu izplatība. Piemēram, parastajai priedei gēnu plūsmas ar putekšņiem attālums noteikts 136 m, kamēr izplatīšanās attālums ar sēklām ir ievērojami mazāks - nepārsniedz 100 m, atsevišķos pētījumos tikai 17-29 m (Robledo-Arnuncio, Gil, 2005), tomēr iespējams, ka putekšņu izplatība notiek ievērojami lielākā attālumā.

Klimata izmaiņas raisījušas pastiprinātu interesi par sugu un populāciju spēju pielāgoties jauniem vides apstākļiem. Koku sugas ir augušas un aug mainīgā vidē. Izplatības areālu maiņu iespējams detektēt, analizējot plastīdu un kodola DNS pašreizējām populācijām (Petit et al., 2003). Salīdzinot molekulāros un kvantitatīvos datus, var secināt, ka selekcija, kas norisinājās pēc pēdējā ledus laikmeta, ir galvenais faktors, kas ietekmē kvantitatīvo pazīmju variāciju mūsdienās (Kremer et al., 2002). Atkāpjoties kontinentālajam ledājam Eiropā, brīvājās teritorijās strauji ieviesās koku sugas. Palinoloģiskajos pētījumos iegūtie dati liecina, ka vairumam koku sugu migrācijas ātrums bija 50-500 metri gadā, bet priedēm pat 1500 metri gadā (Hewitt, 1999). Kā piemēru pētījumiem par koku sugu izplatību pēc ledāju atkāpšanās var minēt melnalksni (*Alnus glutinosa*), kas ir plaši izplatīta suga visā Eiropā, līdz pat Kaukāzam. Dati par melnalksņa putekšņiem norādīja vairākus iespējamus izdzīvošanas reģionus glaciālā periodā, ieskaitot Francijas rietumus, Itālijas dienvidus, Korsiku, Grieķiju, Karpatus un Turcijas dienvidrietumus. King un Ferris (1998) veiktajā pētījumā analizēja melnalksņa hloroplastu DNS, izmantojot PCR-RFLP metodi, un noskaidroja, ka Spānijā, Itālijā, Korsikā, Grieķijā, Bulgārijā, Krimā un Turcijā sastopami atšķirīgi haplotipi, kamēr pārējā Eiropā dominē divi haplotipi no Balkānu reģiona. Tas nozīmē, ka genotipi no Balkānu reģiona, bet ne no pārējām teritorijām, pēc leduslaikmeta strauji rekolonizēja Ziemeļeiropu.

Lokālā adaptācija var notikt tādu dabiskās izlases faktoru kā klimata, augsnes izmaiņu un arī patogēnu, parazītu ietekmē. Šādi var tikt ietekmētas atšķirīgas pazīmes (Hedrick, 2006). Piemēram, Benkman et al. (2001) pārbaudīja hipotēzi, vai vāveru (*Tamiasciurus hudsonicus*) klātbūtne ietekmē koevolūcijas iespējamību starp krustknābjiem (*Loxia curvirostra*) un Klinškalnu priedi (*Pinus contorta* ssp. *latifolia*) un tādējādi ierosina ģeogrāfiski mozaikveida dabisko izlasi. Vāveres ir galvenās Klinškalnu priedes sēklu patērētājas Amerikā. Tomēr atsevišķos izolētos kalnu reģionos šīs vāveres nav sastopamas, un tur galvenais Klinškalnu priedes sēklu patērētājs ir krustknābis. Priedes šajos reģionos bez vāveru ietekmes evolucionējušas apmēram 12000 gadus. Balstoties uz pieejamajiem morfoloģiskajiem, ģenētiskajiem un paleobotāniskajiem pētījumiem, autori norāda, ka čiekuru pazīmes šajās izolētajās populācijās attīstījušās atšķirīgi nekā čiekuru pazīmes citās populācijās. Izmantoja datus par priežu čiekuru un krustknābju morfoloģiju, ēšanas paradumiem, lai vērtētu vai starp šīm sugām pastāv savstarpējie pielāgojumi, kas indicētu koevolūcijas esamību. Tika konstatēts, ka čiekuru pazīmes, kas raksturo pielāgošanos vāveru atbaidīšanai (lielāka čiekura

masa pret sēklu masu), izolētās populācijās nav tik attīstītas kā pārējās. Savukārt čiekuru pazīmes, kas atbaida krustknābjus (lielākas un biežākas čiekuru zvīņas) ir attīstījušās izolētajās populācijās. Lielāko izolēto Klinškalnu priežu populāciju aizņemtajās teritorijās arī krustknābjiem attīstījušies specifiski pielāgojumi – īsāki un mazāk izliekti knābji, nekā citviet sastopamajiem šīs sugas indivīdiem, lai piekļūtu čiekuriem ar biežākajām zvīņām. Piemērs uzskatāmi parāda koevolūcijas ietekmi un pielāgošanos noteiktu, lokālu, vides faktoru kompleksam.

Mežzinātnieki pēta adaptāciju, veidojot stādījumus atšķirīgos vides apstākļos, kur katrā stādījumā iekļauti indivīdi no ģeogrāfiski atšķirīgās vietās augošām populācijām (provenienču pārbaudes). Šo eksperimentu mērķis ir atrast piemērotākos genotipus dažādiem vides un klimatiskajiem apstākļiem, tomēr šādā veidā iespējams iegūt arī svarīgu informāciju par adaptāciju un ģenētisko diferenciāciju koku populācijās (Langlet, 1971; Ying, Yanchuk, 2006). Telpiskā variācija dabiskās izlases laikā var novest pie lokālās adaptācijas un ģenētiskās diferenciācijas starp populācijām. Ekologi ir pētījuši lokālās adaptācijas procesus, pārstādot indivīdus no krasi atšķirīgiem apstākļiem, piemēram, no zemes uz augstkalnu apgabalu un otrādi. Ja šādos eksperimentos pārstādītie augi uzrāda zemākus augšanas rādītājus kā vietējās populācijas indivīdi, tad tiek uzskatīts, ka vietējā populācija ir lokāli adaptējusies (6.1. att.) (Kawecki, Ebert, 2004).



N – ziemeļu populācija; S – dienvidu populācija

6.1. attēls. Lokālās adaptācijas definīcijas atspoguļojums.

Redzams, ka ziemeļu un dienvidu populācijas dzīvotspēja (vitalitāte) atspoguļo genotipa-vides mijiedarbību. Vienā gadījumā (a) abām populācijām augstākā absolūtā un relatīvā vitalitāte novērojama populācijas izcelsmes vietā, bet otrā (b) – abām populācijām augstākā absolūtā vitalitāte novērojama dienvidos, bet augstāka relatīvā vitalitāte izcelsmes vietā.

Daudzas pazīmes, kuras ir saistītas ar adaptāciju, regulē liels skaits gēnu (Hedrick, 2006). Ģenētiskā diferenciācija ir atkarīga no vides heterogenitātes un līdzsvara starp dabisko izlasi un gēnu plūsmu. Piemēram, svarīga pazīme ir šūnu dalīšanās pārtraukšana – izplatības areāla ziemeļos augošie koki pārtrauc kambija šūnu dalīšanos un pieauguma veidošanu agrāk nekā dienvidos augošie. Šādos apstākļos indivīdi ar optimālo fenotipu ir ar visaugstāko vitalitāti; fenotipisko īpašību kopumam esot tālāk no optima, vitalitāte samazinās. Ja populācijas izplatīšanās attālumi ir mazi un dabiskās izlases ietekme ievērojama, tad ir iespējama adaptācija vides izmaiņām. Ja izplatīšanās attālumi ir lieli un izlases ietekme vāja, tad ģenētiskā diferenciācija nav iespējama. Nelielās populācijās ģenētiskais dreifs var aizkavēt ģenētisko diferenciāciju un lokālo adaptāciju. Aktīva gēnu plūsma no blakus teritorijām var aizkavēt populācijas optimālās vitalitātes sasniegšanu (Alleaume-Benharira et al., 2006). Pielāgojoties atšķirīgiem vides apstākļiem un ietekmējošajiem faktoriem, pastāvīgi variējoša dabiskā izlase var aizkavēt ģenētisko diferenciāciju, un vecināt fenotipiski plastisku genotipu attīstību (Hedrick, 2006). Lai pētītu lokālo adaptāciju, nepieciešams pētīt populāciju tās



izcelsmes vietā, kā arī to, kādus rezultātus uzrāda pārvietotā populācija. Lai salīdzinātu datus un aprēķinātu relatīvo vitalitāti, jāizvēlas mērāmos parametrus, kuriem jāatspoguļo vitalitāte. Lielam skaitam koku sugu raksturīgi ļoti plaši izplatības areāli. Piemēram, Klinškalnu priede (*Pinus contorta*) aug vietās, kur gada vidējā temperatūra variē no  $-7^{\circ}\text{C}$  līdz  $11^{\circ}\text{C}$ , kā arī tās izplatība aptver 33 ģeogrāfiskā platuma grādus, un tās aug līdz pat 3900 metrus virs jūras līmeņa (Rehfeldt et al., 2001). Vairumam koku sugu indivīdi spēj izdzīvot un augt ļoti atšķirīgos vides apstākļos, pat tālu no izcelsmes vietas, ja tie iestādīti labi koptās plantācijās, kur netiek pieļauta konkurence ar citām sugām. Klinškalnu priede var saglabāt labus augšanas parametrus (80% no maksimālā) vietās, kur gada vidējā temperatūra ir aptuveni  $6^{\circ}\text{C}$  un kuras atrodas ārpus sugas izplatības areāla robežas, Eiropā (Rehfeldt et al., 1999).

Parastās priedes populācijām, kas aug starp  $50^{\circ}$  un  $60^{\circ}$  Z pl., optimāla vidējās gada gaisa temperatūra ir  $2,7^{\circ}\text{C}$ , bet izdzīvošana tuvu optimumam teritorijās, kur vidējā gada temperatūra variē no  $1^{\circ}\text{C}$  līdz  $5^{\circ}\text{C}$  (Rehfeldt et al., 2003). Tajā pašā pētījumā noskaidrots, ka dažām lapegļu sugām ir vēl plašāks dabiskās izplatības areāls: no vietām ar gada vidējo temperatūru  $4,6^{\circ}\text{C}$  līdz pat  $10^{\circ}\text{C}$ . Tiek uzskatīts, ka pārvietojot genotipus no vēsākām vietām uz siltākām, paaugstinās saglabāšanās un produktivitātes pazīmju vērtības, un šī sakarība izteiktāka ir teritorijās, kas ir tuvāk sugas izplatības areāla ziemeļu robežai (Hannerz, Westin, 2005; Shutyaev, Giertych, 2000). Pretēji ir Carter (1996) secinājumi, ka no desmit Amerikas dienvidos augošām koku sugām, astoņas labāk augtu vēsākā klimatā. Šīs rezultātu nesakritība skaidrojama gan ar atšķirībām sugu migrācijas virzienos, aizņemot jaunas teritorijas dažādos reģionos, gan klimata mainību ilgstošā periodā un skaidri norāda, ka koku populācijām nepieciešams ilgs laiks (daudzas paaudzes), lai dabiskās izlases ietekmē optimāli pielāgotos noteiktiem, lokāliem apstākļiem.

Sugām un populācijām no atšķirīgiem reģioniem raksturīgas ļoti atšķirīgas reakcijas uz vides maiņu. Atšķirības kvantitatīvajās pazīmēs iespējams detektēt pat starp populācijām, kas aug tikai viena ģeogrāfiskā platuma grāda robežās. Genotipu izplatība ir atkarīga no mijiedarbības ar citiem organismiem un attiecīgo genotipu adaptācijas potenciāla. Pētījumos reti tiek atspoguļoti dati par lokālo adaptāciju. Ja rezultāti tiek standartizēti, tad salīdzināšana tiek veikta ar visu provenienču rezultātiem attiecīgajā vietā vai arī ar „labāko” (pēc kādas pazīmes vai pazīmju kopas) provenienci.

Ar adaptāciju saistītās kvantitatīvās pazīmēs ir daļēji iedzimstošas (Howe et al., 2003). Lielai daļai kvantitatīvo pazīmju tās kodējošie gēni joprojām nav zināmi.

Asociāciju pētījumi par fenotipisko variāciju saistībā ar mainīgiem, ar kvantitatīvām pazīmēm saistītiem lokusiem, kuri variē atšķirīgos vides apstākļos, var palīdzēt detektēt būtiskas adaptīvās ģenētiskās izmaiņas (González-Martínez et al., 2007).

Tiek uzskatīts, ka lielākajā daļā Eiropas gaisa temperatūra tuvāko 100 gadu laikā paaugstināsies par  $4^{\circ}\text{C}$  (Houghton et al., 2001). Tiek pieņemts, ka pašreizējie koki nekavējoties veidos fenotipiskās atbildes reakcijas, kuras būs atkarīgas no sugas un konkrētās populācijas. Vēl viena no iespējamām atbildes reakcijām ir sugu migrācija, un ir sugas, kuru areāls mainās jau tagad (Parmesan, 2006). Tomēr, pat pastāvot spēcīgam vides spiedienam, koku dabiskās adaptācijas process būs lēns. Tas saistīts gan ar koku garo dzīves ciklu un līdz ar to lēno paaudžu maiņu, gan nelielo sēklu izplatības attālumu un apgrūtināto dīgstu un jauno koku izdzīvošanu izmainītajā klimatā; savukārt pielāgošanos var veicināt koku ievērojamā ģenētiskā variācija (Savolainen et al., 2004).

#### Fenotipiskā plasticitāte un tās ekoloģiskie, evolucionārie, fizioloģiskie un molekulārie aspekti

Klimata izmaiņas nenoliedzami ietekmē vidi, tomēr mūsdienu augi ir spējīgi pielāgoties mainīgiem klimatiskajiem apstākļiem pēdējo 2,5 miljonu gadu laikā, kas ietver arī glaciālos – postglaciālos ciklus ar krasām temperatūras, nokrišņu un oglekļa dioksīda koncentrācijas svārstībām (Davis, Shaw, 2001). Augu sugu spēju pielāgoties bez jau pieminētās dabiskās izlases un migrācijas nosaka fenotipiskā plasticitāte: katra individuālā genotipa spēja veidot fenotipiskos pielāgojumus noteiktiem vides apstākļiem (Nicotra et al., 2010).

Kādreiz fenotipiskā plasticitāte tika uzskatīta par maznozīmīgu, tomēr šobrīd ir skaidrs, ka tai ir nozīmīga loma visas sugas evolūcijā un tā tiek ģenētiski kontrolēta: individuālie pielāgojumi var tikt nodoti pēcnācējiem (Bradshaw, 2006). Tiek uzskatīts, ka liela ģenētiskā daudzveidība dabiskajās populācijās palielina iespēju tām adaptēties biotiskām un abiotiskām vides izmaiņām, ieskaitot klimata izmaiņas (Jump et al., 2009). Daļa no šīs ģenētiskās daudzveidības nosaka augu spēju detektēt izmaiņas vidē un atbilstoši reaģēt. Katram indivīdam raksturīga fenotipiskā plasticitāte, kas nosaka amplitūdu, kurā indivīds spēj pielāgoties vides apstākļu izmaiņām, kamēr populācijā var būt fenotipiski vēl plastiskāki indivīdi, kuri izdzīvos un nodrošinās populācijas (sugas) pastāvēšanu pat, ja konkrētais indivīds ies bojā.

Variācijas gēnos, kas kodē temperatūras sensorus un transkripcijas faktoros, kuri regulē vernalizācijas procesu, var palīdzēt augu populācijām pielāgoties temperatūras izmaiņām (Lande, 2009).

Literatūrā tiek uzsvērts, ka strauju klimatisko izmaiņu gadījumā fenotipiskā plasticitāte var noteikt auga atbildes reakcijas gan īslaicīgi, gan ilgtermiņā (Nicotra et al., 2010).

Organisma spēja plastiski pielāgot kādu no pazīmēm tiek regulēta molekulārā līmenī. Piemēram, dati liecina, ka attīstības izmaiņas kontrolē signālceļi, kas detektē abiotiskus signālus, tādus kā gaisma, slāpekļa nodrošinājums (Krouk et al., 2009), sausums (Nilson, Assmann, 2010), kā arī biotiskus signālus (Oldroyd, Downie, 2004). Tomēr daudzām fenotipiskajām izmaiņām, ko ietekmē vide, joprojām nav zināmi vides signālus uztverošie mehānismi (Nicotra et al., 2010). Paplašinoties zināšanām par molekulārajiem mehānismiem, kas kontrolē vides ierosinātās izmaiņas augos, būs iespējams iegūt skaidrāku priekšstatu par iespējamajām ekoloģiskajām un evolucionārajām atbildes reakcijām gan savvaļas augiem, gan kultūraugiem. Viena no svarīgākajām pazīmēm, kas tiek ģenētiski kontrolēta, bet spēj plastiski pielāgoties apstākļiem, ir ziedēšanas laiks.

Plasticitāte raksturo noteiktas pazīmes reakciju uz noteiktu vides stimulu, bet neraksturo organismu kopumā. Daļa atbildes reakciju raksturo adaptīvo plasticitāti, kas nodrošina organismam priekšrocības kādos noteiktos apstākļos, kamēr citas ir nenovēršama reakcija uz fizikāliem procesiem vai resursu trūkumu (neadaptīvā plasticitāte). Gan adaptīvajai, gan neadaptīvajai plasticitātei būs nozīme augu reakcijās uz klimata izmaiņām. Adaptīvā plasticitāte var veicināt populācijas izdzīvotspēju jaunā vidē. Tas, cik tuvu plastiskā atbilde ir jaunajā vidē nepieciešamajam fenotipiskajam optimumam, nosaka, cik liela ietekme būs dabiskajai izlasei un līdz ar to – vai veidosies adaptīvās atšķirības starp populācijām. Neadaptīvā plasticitāte jaunas vides ietekmē var izraisīt populācijā fenotipisko atbildi distancēti no nepieciešamā fenotipiskā optimuma (Ghalambor et al., 2007). Tiek uzskatīts, ka adaptīvā fenotipiskā plasticitāte vislabāk var attīstīties heterogēnā vidē, kur tomēr vides apstākļi ir paredzami un stabili (van Kleunen, Fischer, 2005). Fenotipiskās plasticitātes pētījumos galvenais ir identificēt tās pazīmes, kurām būs nozīme mainīgas vides apstākļos, un indivīdus, kuri spēs jaunajiem apstākļiem pielāgoties (Chevin et al., 2010). Pēc tam pazīmes var analizēt esošajos vai simulētos klimatiskajos apstākļos, lai noteiktu, kādi molekulārie mehānismi kopīgi regulē šīs pazīmes dažādām sugām. Funkcionālās pazīmes ir tās, ar kuru palīdzību iespējams raksturot sugas ekoloģiju, nomērot viegli kvantificējamus rādītājus, piemēram, sēklu izmēru, augu augstumu, lapu parametrus, lapu masu uz laukuma vienību u.tml. (Cornelissen et al., 2003). Funkcionālās pazīmes tiek izmantotas gan modeļos, kas prognozē augu izplatību, gan arī klimatiskajos modeļos.

Funkcionālo pazīmju adaptīvā plasticitāte var palīdzēt augiem straujāk pielāgoties jauniem apstākļiem, tomēr, vai iespējams prognozēt konkrētās pazīmes plasticitāti, analizējot pašas pazīmes vai arī citus sugas ekoloģiju raksturojošos parametrus, trūkst informācijas.

Visvairāk informācijas pieejams par lapu fenoloģijas, ziedēšanas laika un sēklu un stādu pazīmju plasticitāti. Parmesan un Yohe (2003) veiktajā meta analizē 87% no apskatītajām augu sugām tika novērotas fenoloģiskās izmaiņas, pavasarim kļūstot agrākam. Šīs izmaiņas var atspoguļot gan ģenētiskās (strauja evolūcija), gan īslaicīgas epiģenētiskās izmaiņas

(Franks, Weis, 2008). Morin et al. (2009) veiktajā pētījumā, modelējot divus iespējamus klimata izmaiņu scenārijus (+3,2 °C un +1 °C) un to ietekmi uz lapu plaukšanu 22 Amerikas koku sugām, noskaidroja, ka klimata izmaiņas ietekmēs lapu fenoloģiju gandrīz visām apskatītajām sugām un lapu plaukšana 21. gadsimtā sāksies no piecām līdz 9,2 dienām agrāk, atkarībā no scenārija.

Viņu izstrādātais modelis tomēr paredz, ka pietiekami aukstu temperatūru trūkums, lai pārtrauktu pumpuru miera periodu, tomēr ietekmēs lapu plaukšanas laiku daudzām koku sugām. Daļai mērenās joslas sugu, iespējams būs novērojami vairāki gadi ar pārgru vai novēlotu pumpuru plaukšanu, neizpildoties nosacījumam par nepieciešamo negatīvo temperatūru summu. Viņi arī secināja, ka sugām ar lielāku izplatības areālu novērojamas lielākas fenoloģiskās izmaiņas.

Kā viens no labāk molekulāri izpētītajiem vides izmaiņu ietekmētajiem mehānismiem augā minams ziedēšanas laiks augu ģenētikas modeļorganismam *Arabidopsis thaliana*. *Arabidopsis* ziedēšanas laiks ir atkarīgs no plastiskas transkripcijas faktora gēna FLC (ziedēšanas lokuss C) regulācijas. To regulē epigēnētiskas izmaiņas histonu konformācijā, vernalizācijas ietekmē. Vernalizācija inducē gēnu VIN3, kurš kontrolē proteīnus, kas modificē hromatīnu un tādejādi „apklusina” (*gene silencing*) FLC lokusu. Tā kā transkripcijas faktors FLC darbojas kā vairāku ziedēšanas gēnu represors, FLC epigēnētiski regulēta apklusināšana ļauj augam uzsākt ziedēšanu. FLC epigēnētiska apklusināšana var tikt novērsta tikai nākamajā paaudzē (Simpson, Dean, 2002). Šī gēna homologi un līdzīgi mehānismi konstatēti arī citām augu sugām (Reeves et al., 2007). Kaut arī vernalizācijas procesi sugām ir līdzīgi, tomēr nav iespējams par kādu sugu iegūtu informāciju attiecināt uz evolucionāri tālāk esošām sugām, toties eksperimentālās metodes ir iespējams izmantot arī citu sugu pētījumos.

Ir pētījumi, kuros aprakstīta koku sēkļu pazīmju plasticitāte. Piemēram, gan siltāka gaisa temperatūra sēkļu nobriešanas laikā, gan mātes auga pakļaušana sausuma stresam var samazināt sēkļu miera perioda ilgumu (Roach, Wulff, 1987). Savukārt paaugstināts oglekļa dioksīda daudzums var ietekmēt sēkļu barības rezerves, kā arī samazināt augšanas ātrumu sūnām (Huxman et al., 1998), kamēr kokaugi uz paaugstinātu oglekļa dioksīda daudzumu nereaģē tik krasi (Curtis, Wang, 1998).

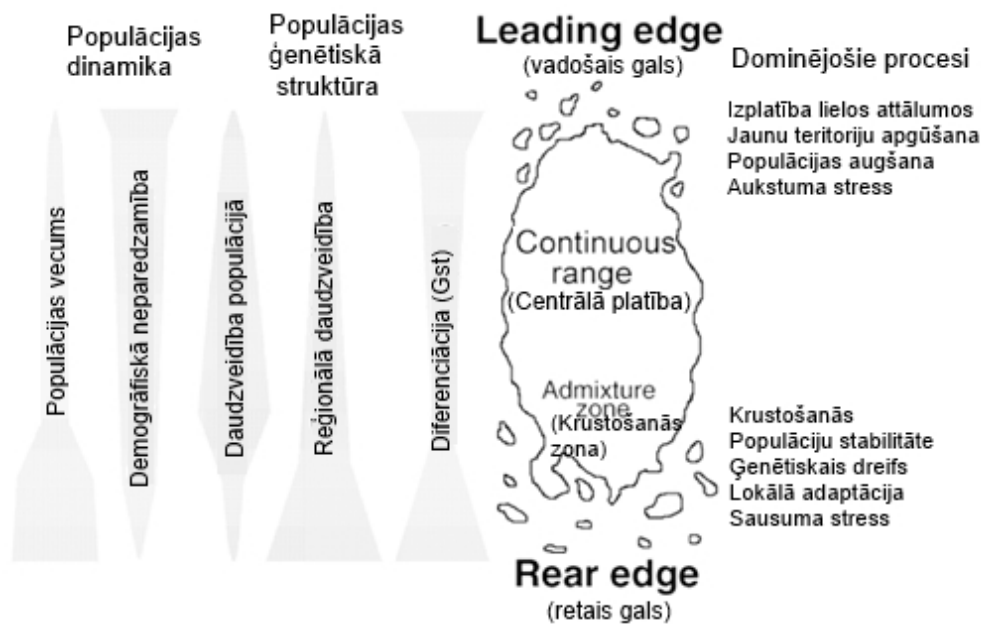
Tomēr liela daļa mehānismu, kuri nodrošina plastiskas atbildes reakcijas uz vides maiņu, un šo mehānismu spēja adaptēties, joprojām nav zināma.

Klimata izmaiņas nākotnē varētu izraisīt atsevišķu sugu izmiršanu, areāla maiņu, izmaiņas galvenajos veģētācijas tipos, kā arī izmaiņas mijiedarbībā starp veģētāciju un atmosfēru. Jau šobrīd ir sugas, kuras pēdējo 16-132 gadu laikā migrējušas polu virzienā ar ātrumu seši kilometri gadā (Parmesan, Yohe, 2003).

Pēdējos gados izstrādāti daudzi sugu izplatības un veģētācijas modeļi, bet lielākajā daļā no tiem nav ņemta vērā esošo genotipu fenotipiskā plasticitāte, kā arī plastiski regulēto fenotipisko pazīmju evolūcija (Chevin et al., 2010).

Plaši izplatīti uz ekoloģiskajām nišām balstīti modeļi, kur tiek ņemts vērā sugas pašreizējais izplatības areāls, klimatiskie apstākļi konkrētajā teritorijā, un izmantotas prognozētās klimatisko apstākļu izmaiņas, lai paredzētu sugu izplatības areālus nākotnē. Šajos modeļos pamatā tiek pieņemts, ka sugas pašreizējā izplatība atklāj visu sugas pašreizējā genofonda ekoloģisko potenciālu un ka sugas aizņemtā ekoloģiskā niša nav laikā mainīga. Tomēr vides apstākļi, kādos pašreiz suga sastopama, var neatspoguļot visu sugas potenciālo areālu. Izplatības areālu var ietekmēt gan dabiskie šķēršļi, piemēram, kalni, jūras, gan mijiedarbība ar citām sugām (Colwell, Rangel, 2009).

Fenotipiskajai plasticitātei ir liela nozīme, paredzot populāciju robežu dinamiku. Populācijas „aizmugurē” (vērtējot areāla izmaiņu virzienu), „retajā galā” (*trailing, rare edge*) plasticitāte var kavēt populācijas atkāpšanos un ietekmēt sugas adaptācijas potenciālu. Sugas kopējās populācijas „vadošajā galā” (*leading edge*), sugai mijiedarbojoties ar citām sugām, var tikt novērotas negaidītas ar plasticitāti saistītas atbildes reakcijas (6.2. att.).



6.2. attēls. Vienas sugas visu populāciju raksturojošās pazīmes un procesi (Hampe, Petit, 2005).

Pēdējā laikā modeļi, kas iekļauj arī fizioloģisko informāciju par sugas variāciju vides apstākļu ietekmē, piedāvā alternatīvu uz korelācijām balstītajiem modeļiem. Pārsvārā šādi modeļi pieejami putnu un rāpuļu sugām, bet ne koku sugām (Kearney, Porter, 2009).

Tiek uzskatīts, ka klimata izmaiņas ietekmēs arī globālo veģetācijas tipu izplatību un to ietekmi uz oglekļa dioksīda līmeni un temperatūru. Dinamiskie globālās veģetācijas modeļi tiek izmantoti, lai prognozētu, kādi funkcionālie augu tipi dominēs konkrētās teritorijās (Morin et al., 2008). Šādas klimata ietekmētas veģetācijas tipa maiņas iespējamās Amazones lietus mežos, tiem pamazām kļūstot par savannu, kas attiecīgi ietekmēs piesaistītā oglekļa apjomu. Tomēr tas, cik krasas būs veģetācijas tipu izmaiņas, pamatā atkarīgs no esošas veģetācijas spējas adaptēties vides izmaiņām. Plastiskas izmaiņas sausuma vai temperatūras ietekmē parasti tiek novērotas lapu ķīmiskajā sastāvā, biomasas sadalījumā un metabolisma ātrumā augos (Tjoelker et al., 2008).

Īstermiņā eksistējošo genotipu plastiskās atbildes reakcijas uz vides izmaiņām noteiks to saglabāšanos, klimatam izmainoties, tomēr šiem plastiskajiem pielāgojumiem var būt nozīme arī sugu evolūcijā. Piemēram, adaptīvā plasticitāte visticamāk veicinās izdzīvotspēju, un samazinās sugām izmiršanas draudus jaunas vides apstākļos, kur liela nozīme būs dabiskās izlases vadītai adaptīvajai evolūcijai (Ghalambour et al., 2007). Arī tā fenotipiskā plasticitāte, kas šobrīd nav adaptīva, var nodrošināt jaunus fenotipus, būtiskus fenotipiskajai evolūcijai, kur par fenotipisko evolūciju sauc ģenētiskās evolūcijas rezultātā radušās fenotipiskās izmaiņas. (Chevin et al., 2010). Šobrīd pētījumos par klimata izmaiņu vadītu evolūciju dabiskos un simulētos apstākļos, nav iekļauta informācija par plastiskām un ģenētiskām evolucionārām izmaiņām.

Gan straujas, gan pakāpeniskas klimata izmaiņas izraisīs dabisko izlasi augu populācijās. Ātras klimata izmaiņas izraisīs strauju izlasi, kurā izdzīvīs stresa izturīgākie genotipi, bet pakāpeniskas klimata izmaiņas izraisīs pakāpenisku (lēnu) vieglu, genotipu un populāciju mijiedarbības sugas ietvaros vadītu izlasi. Pastāv arī iespēja, ka, izmainoties vides apstākļiem, notiks izmaiņas visa genoma mērogā, ieskaitot epialēļu veidošanos (Finnegan, 2002) Par epialēlēm sauc vienādus gēnus, kuri atšķiras tikai pēc metilācijas pakāpes un ir saistīti ar fenotipisko plasticitāti (Richards et al., 2010).

Par ģenētisko plasticitāti sauc organisma spēju ģenētiski pielāgoties vides apstākļu izmaiņām. Ģenētiskā plasticitāte atšķiras no fenotipiskās plasticitātes, bet var radīt mehānismu, kas rada fenotipiski plastiskas atbildes reakcijas. Tai ir nozīmīga loma straujas adaptācijas

nodrošināšanā, jo epigēnētiskas izmaiņas var notikt daudz straujāk un biežāk nekā DNS sekvenču izmaiņas genomā.

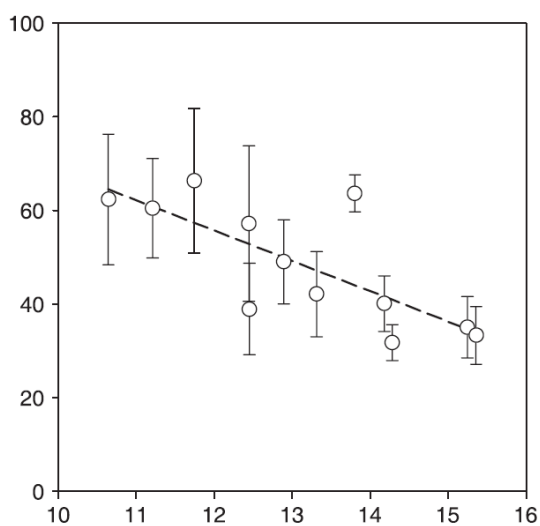
Pētījumi, kuros tiks izmantotas klasiskās plasticitāti pētošās metodes kombinācijā ar epigēnētiskajiem marķieriem, ļaus saistīt ģenētiskos procesus ar fenotipiskās plasticitātes evolūciju (Bossdorf et al., 2008). Nav īsti skaidrs, vai domestikācija un selekcija ir veicinājušas vai samazinājušas fenotipisko plasticitāti. Līnijām, kuru selekcijai kā kritērijs izraudzīta ražas stabilitāte, varētu būt augstāka fenotipiskā plasticitāte, tāpēc ka relatīvi liels skaits morfoloģisko un fizioloģisko pazīmju nodrošina ražas stabilitāti. Selekcija, izmantojot kā kritēriju ūdens uzņemšanas plasticitāti, var izraisīt gan labāku izdzīvotspēju, gan arī lielāku ražu. Tāpat to gēnu identificēšana, kuri nodrošina vides signālu uztveršanu augā, var radīt iespēju selekcionēt augus ar augstāku fenotipisko plasticitāti, lai tiem būtu labāka noturība pret mainīgajiem vides apstākļiem (Nicotra, Davidson, 2010).

### Epigēnētiskie efekti

Epigēnētisko atmiņu var skaidrot kā adaptīvās fenotipiskās plasticitātes veidu, kuras efekts saglabājas konkrētajā paaudzē un tiek īstenots ar specifiskām epigēnētiskajām izmaiņām embriogēneses laikā, un ietekmē DNS replikāciju, rekombināciju un gēnu ekspresiju nākamajām paaudzēm (Brautigam et al., 2013). Epigēnētika tiek skaidrota arī kā meiotiski un mitotiski pārmantojamas izmaiņas gēnu funkcijās, kuras neizmaina DNS sekvenču (Bonasio et al., 2010).

Molekulārā līmenī epigēnētisko regulāciju veido tādas atgriezeniskās izmaiņas kā DNS metilācija, histonu modifikācijas un mazās RNS. Epigēnētiskās izmaiņas visa genoma mērogā nav konstantas, tās laikā mainās. Epigēnētiskās izmaiņas iesaistītas ģenētiskajā imprintingā, transpozonu apklusināšanā, gēnu ekspresijas regulācijā un heterohromatīna organizēšanā (Boyko, Kovalchuk, 2008).

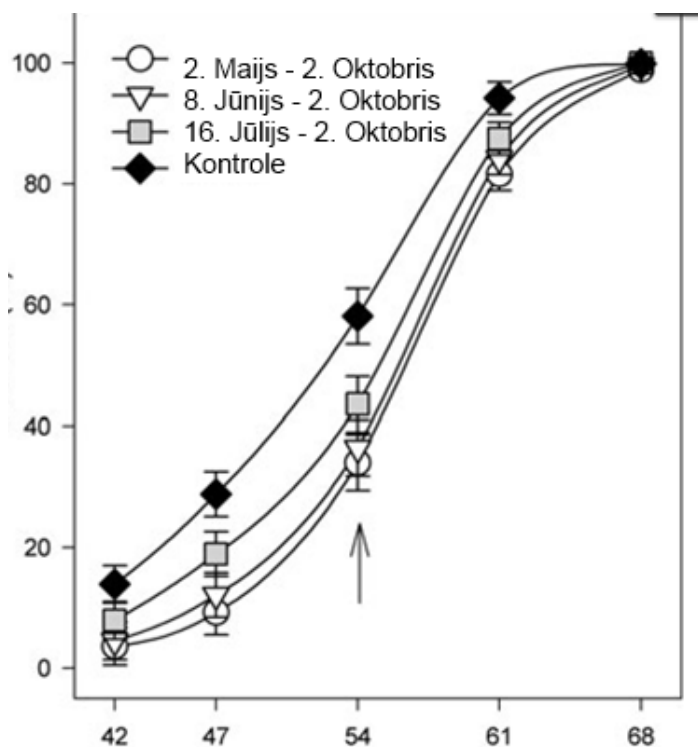
Šo efektu ilustrē Kvaalen un Johnsen (2008) pētījums par to, kā parastā egle embriogēneses (dīglja attīstības sēklā) laikā pielāgojas apkārtējās vides temperatūrai, izmantojot epigēnētiskos mehānismus. Vieniem un tiem pašiem genotipiem zigotiskās un somatiskās embriogēneses laikā nodrošinot atšķirīgu temperatūru (18, 23 un 28 °C), un no iegūtā materiāla vienādos apstākļos izaudzējot stādus, konstatēja – jo siltāka temperatūra embriogēneses laikā, jo lielāki koku pirmo divu gadu augstuma pieaugumi un tie vēlāk veido apikālos pumpurus. Atšķirības apikālo pumpuru veidošanās laikā bija līdzvērtīgas tām, kādas konstatējamās 4-6 ģeogrāfiskā platuma grādos atstātus augošām egļu proveniencēm (6.3. att.). Secināts, ka eksistē ģenētiskie mehānismi, kas darbojas pretēji gēnu plūsmas rosinātajai populāciju „unifikācijai” un nodrošina, ka pēcnācēju pumpuru veidošanās laiks tiek pielāgots tam (lokālajam) temperatūras klimatam, kādā aug mātes koks, tādējādi nodrošinot labākas pēcnācēju izdzīvošanas iespējas. Rezultāti indicē to, ka epigēnētiskie mehānismi iedzimst un tiek ģenētiski regulēti.



6.3. attēls. Sakarība starp kumulatīvo embriogēnētisko audu indukcija procentu (y ass) un vidējo jūlija temperatūru °C sēklu ievākšanas gadā (x ass), kas raksturo epiģenētisko mehānismu iedzimtību.

Provenienču un klonālais materiāls ir piemērots epiģenētiskās atmiņas mehānismos iesaistīto gēnu un citu regulējošo elementu identificēšanai.

Johnsen et al. (2005) veica eksperimentu, ievācot sēklas kontrastējošos klimatiskajos apstākļos. Mātes koki tika pakļauti paaugstinātai temperatūrai vairākos laika punktos, sākot no sievišķās mežozes līdz embriogēnēzei, pēc tam analizējot visus pēcnācējus no šiem krustojumiem. Tika noteikts apikālā pumpura veidošanās laiks, salcietība rudenī un skuju koku fitohormonu transkripcijas līmenis. Netika atrastas atšķirības starp pēcnācējiem, kas varētu tikt saistītas ar temperatūras atšķirībām prezigotiskajās stadijās un apaugļošanas laikā. Bet tika konstatēta sakarība starp pēcnācēju augšanu un dienu skaitu no proembrija stadijas līdz sēklu nobriešanai. Pēcnācēji, kuriem embriogēnēzes laikā bija nodrošināti siltāki apstākļi, veidoja apikālos pumpurus vēlāk un tiem tika konstatēts zemāks fitohormonu Phy un PaChi4 gēnu transkripcijas līmenis. Balsoties uz pētījuma rezultātiem, izvirzīta hipotēze, ka temperatūra zigotiskās embriogēnēzes laikā regulē epiģenētisko atmiņu pēcnācēju stādījumos, ietekmējot pumpuru veidošanās laiku, salcietības nodrošināšanā un embriogēnēzē iesaistītu gēnu ekspresiju parastajai eglei (6.4. att.).



y ass – pumpuru veidošanās, %; x ass - dienu skaits no 1999. gada 1. jūlija līdz eksperimenta beigām; līknes - vidējā vērtība no 8 ģimenēm un 12 atkārtojumiem, kur katru atkārtojumu veido 20 stādi no katras ģimenes

6.4. attēls. Pumpuru veidošanās laiks atšķirīgos apstākļos apstākļos augušu mātes koku pēcnācējiem.

Tiek uzskatīts, ka mazās RNS ir iesaistītas epiģenētiskajā regulācijā. Mazās RNS iesaistītas gēnu regulācijā un gēnu apklusināšanā (Yakovlev et al., 2011). Yakovlev et al. (2010) identificēja 44 jaunas mikroRNS parastajai eglei, no kurām 16 mikroRNS bija atšķirīgi ekspresētas pēcnācējiem ar būtiskām atšķirībām pumpuru veidošanās, bet šāda ekspresija netika konstatēta tām ģimenēm, kuru pumpuru veidošanās nebija ietekmēta, liecinot par šo mikroRNS lomu epiģenētiskajos mehānismos. Tika noskaidrots, ka gēnus PaLPT4, PaGaMYB, PaMYB10 un PaSPB13 visticamāk regulē mikroRNS pab-miR100, 159a, 858 un 156c, un tie saistīti (konstatēta korelācija) ar epiģenētiskās atmiņas regulāciju.

Kapeller et al. (2013) veikuši plašus pētījumus provenienču stādījumos Austrijā, saistībā ar klimata izmaiņām un adaptāciju. Viņi pārbaudīja dažādu skuju koku sugu brīvapputes ģimeņu pēcnācējus atšķirīgos, simulētos apstākļos un noteica kvantitatīvās pazīmes. Viņi noskaidroja, ka būtiskas atšķirības stādiem nosakāmas gan starp sugām, gan proveniencēm, gan atšķirīgiem sēklu veidošanās gadiem.

Epiģenētiskās variācijas ietekmes uz fenotipisko plasticitāti izpēte palīdzēs izprast augu adaptīvās atbildes reakcijas un izvērtēt riskus, kādam pakļautas daudzgadīgas augu sugas, izmainoties vides apstākļiem īstermiņa vai ilgākā laika periodā.

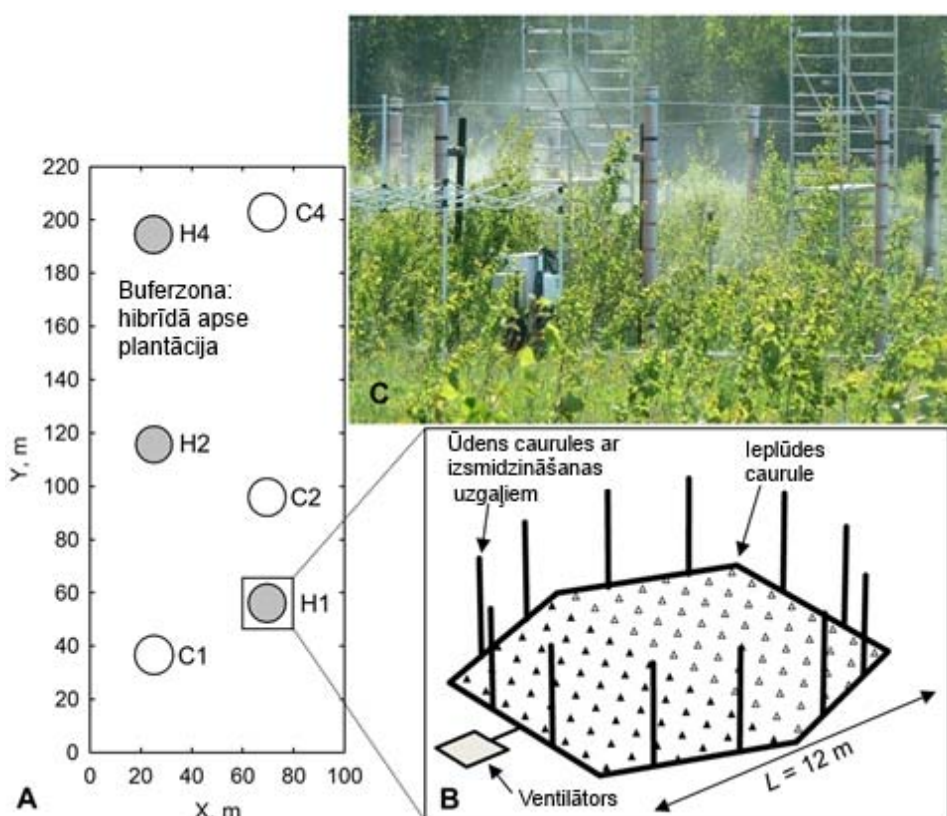
#### Fenotipiskās plasticitātes un epiģenētisko efektu pētījumos izmantojamās metodes

Fenotipiskās plasticitātes, gēnu plūsmas un epiģenētisko mehānismu pētījumos koku sugām plaši tiek izmantoti provenienču eksperimenti gan *in situ* gan *ex situ*, kur tiek noteikti koku fenotipiskie parametri, kā arī dati tiek papildināti, izmantojot dažādas molekulārās bioloģijas metodes. Piemēram, Yakovlev et al. (2010) eksperimenti veikti ar parastās egles pēcnācējiem no diviem kontrolētiem krustojumiem ar atšķirīgiem pumpuru veidošanās laikiem. No abām ģimenēm ievāktas sēklas no indivīdiem, augošiem aukstā vidē un siltā vidē, kopā ievācot četrus dažādus sēklu veidus. Sēklas tika iesētas astoņās augšanas kamerās 22 °C temperatūrā un audzētas garās dienas (18 h gaisma un 6 h tumsa) apstākļos. Pēc astoņu nedēļu audzēšanas četras kameras tika pārprogrammētas uz 12 h gaismas un 12 h tumsas režīmu. Stādiem veikti augšanas, pumpuru veidošanās mērījumi, kā arī pēc 6 un 20 dienām no eksperimenta sākuma

ievākti paraugi molekulārajām analizēm (mikroRNS vērtēšanai). Atšķirīga pieeja provenienču stādījumu ģenētiskajai analīzei piedāvāta Schueler et al. (2012) un Kapeller et al. (2013) publikācijās.

Eksperimenti ar mērķi labāk izprast epigenētiskos efektus plaši veikti papelēm un apsēm. Piemēram, Gourcilleau et al. (2010) publicējuši rezultātus no eksperimentiem ar sešiem *P.deltoides* x *P.nigra* hibrīdiem. Stādi audzēti 17 dienas dažādos apstākļos – ar augsnes mitrumu 32% un augsnes mitrumu no 7-13%. Tiem noteikti ar biomasas veidošanos saistīti parametri – stumbru biomasas, augstums, sakņu biomasas, lapu skaits, kopējā lapu platība, specifiskā lapu platība. Veikta epigenētisko izmaiņu konstatēšana – noteikts kopējā DNS metilācijas līmenis, DNS metiltransferāzes aktivitāte un izoformas, histonu H3 un H4 acetilācija un histonu deacetilāzes aktivitāte un izoformas, bez pārbaudēm nākamajā paaudzē (pēc Brautigam et al., 2013).

Nokrišņu daudzuma un gaisa mitruma izmaiņu ietekmes uz kokiem pētījumiem Igaunijā izveidota eksperimentālā sistēma (FAHM sistēma – 6.5. att.), kurā iespējams kontrolēt šos meteoroloģiskos parametrus. Sākotnējie rezultāti liecina, ka FAHM eksperimentālā sistēma sekmē ūdens aprites koku lapotnē samazināšanos gan palielinātā gaisa mitruma, gan lapu virsmas pazeminātās temperatūras dēļ (Kupper et al., 2011). Šo divu faktoru izmaiņas var būtiski ietekmēt visa koka fizioloģiju, anatomiju un barības vielu uzņemšanu. Citā eksperimentā, izmantojot šo pašu sistēmu un stādījumus, noteikts, ka palielināts gaisa mitrums būtiski samazina koku augstuma pieaugumu, stumbru diametru un koku transpirāciju. Eksperimentos nav analizēta skuju koku atbildes reakcija uz gaisa mitruma izmaiņām.



6.5. attēls. FAHM eksperimenta plāns (Tullus et al., 2012).

Koku sugu un populāciju adaptācijas potenciāla pētījumi kļūst nozīmīgāki klimata izmaiņu kontekstā, nodrošinot precīzāku izpratni par to ietekmi un iespējamajiem adaptāciju veicinošajiem pasākumiem. Sevišķi nozīmīgi tas ir sugām ar garu dzīves ciklu, kur klimata izmaiņu ietekme izpaužas un adaptāciju veicinošus pasākumus ir iespējams veikt tikai ilgākā laika periodā.



Kopumā zinātniskās literatūras analīze liecina: daudzas pazīmes, kuras ir saistītas ar adaptāciju, regulē liels skaits gēnu, un ģenētiskā diferenciācija ir atkarīga no vides heterogenitātes un līdzsvara starp dabisko izlasi un gēnu plūsmu – ja putekšņu un/vai sēklu izplatīšanās attālumi ir lieli un izlases ietekme vāja, tad ģenētiskā diferenciācija nav iespējama, t.i., aktīva gēnu plūsma no blakus teritorijām var aizkavēt populācijas optimālās vitalitātes sasniegšanu. Aizvien lielāks skaits pētījumu pēdējos gados liecina, ka fenotipiskajai plasticitātei (spējai pielāgoties vides apstākļu izmaiņām, mainot fenotipu) ir nozīmīga loma visas sugas evolūcijā un tā tiek ģenētiski kontrolēta: individuālie pielāgojumi var tikt nodoti pēcnācējiem. Tātad ir iespējams selekcionēt augus ar augstāku fenotipisko plasticitāti, lai tiem būtu labāka noturība mainīgos vides apstākļos. Tas ir būtiski arī meža koku sugām, ņemot vērā samērā plašo klimata izmaiņu prognožu atšķirību un nenoteiktību. Jāņem vērā, ka joprojām liela daļa mehānismu, kuri nodrošina plastiskas atbildes reakcijas uz vides maiņu, ir aktīvs pētījumu objekts (t.i., nav pilnībā izprasti). Līdzīgi tas ir arī attiecībā uz epiģenētisko atmiņu (adaptīvās fenotipiskās plasticitātes veidu) – pētījumos ar parasto egli ir pierādīts, ka tai var būt nozīmīga loma straujas adaptācijas klimatam veicināšanā, tomēr trūkst pētījumu ar citām koku sugām, kā arī zināšanu par šo pazīmi nosakošajiem ģenētiskajiem mehānismiem.

## **7. Radiālā pieauguma veidošanās un to ietekmējošie faktori**

Stumbra caurmērs ir koku augšanas raksturojošs parametrs (Liepa, 1996; Zālītis, 1967), un tā palielināšanās temps (radiālais pieaugums) ir atšķirīgs dažādos koka dzīves posmos (Pallardy, 2008). Koku stumbru radiālā pieauguma dinamika ir atkarīga no sugas un indivīda (genotipa), kā arī no augšanas vides apstākļiem un to izmaiņām (Bouriaud et al., 2005; Carrer, Urbinati, 2004; Zālītis, 1967) veģetācijas periodā.

Koka stumbra radiālais pieaugums veidojas, laterālajā meristēmā attīstoties sekundārajiem audiem (Pallardy, 2008). Sekundāro augšanu nodrošina divas sānu meristēmas — kambiji jeb vaskulārais kambiji un felogēns jeb korķa kambiji (Plomion et al., 2001). Laterālās meristēmas šūnas koka stumbrā ir izvietotas cilindroidīgi — vaskulārais kambiji atrodas stumbrā, zaros un pārkoksnējušās saknēs starp sekundāro aplievu (ksilēmu) un sekundāro lūksni (floēmu) (Carlquist, 2001; Pallardy, 2008), bet korķa kambiji atrodas koka šķērsriezuma profila ārpusē starp lūksni un korķa kārtu.

Kambiji ir veidotājaudi, kas atrodas starp vadaudiem — koksni un lūksni, un ir sastopams ne tikai stumbrā, bet arī saknēs un pat lapu lielākajās dzīslās (Pallardy, 2008). Koku un krūmu kambiji ir izvietots nepārtraukta šūnu gredzena veidā, turpretī lakstaugu kambiji atrodas atsevišķu šūnu grupu veidā vadaudu kūlīšos (Lachaud et al., 1999). Kambija šūnas ir iegarenas un to garums vairākkārt pārsniedz platumu (Pallardy, 2008). Vaskulārā kambija šūnu dalīšanās veido sekundāro koksni un sekundāro lūksni (Wilson et al., 1966), bet korķa kambija šūnu dalīšanās rezultātā veidojas floēma (Pallardy, 2008).

Stumbra šķērsgriezumā kambija zonas biezums mainās atkarībā no sezonas un koku sugu augšanas īpašībām (Pallardy, 2008). Miera periodā kambija zonas biezums var būt no vienas līdz vienpadsmit šūnām atkarībā no koku sugas, piemēram, priežu dzimtas kokiem novērojami 4 – 11 kambija šūnu slāņi (Alfieri, Evert, 1968); veģetācijas periodā dažādos posmos konstatējamās atšķirības ir lielākas (Murmanis, 1971; Pallardy, 2008). Kopumā lēni augošām koku sugām kambija zona ir no sešām līdz astoņām šūnām bieza, bet ātraudzīgajām — no 12 līdz 40 (Bannan, 1962).

Koka sekundārās augšanas gaitā pēc meristemātiskās šūnu dalīšanās (Hertzberg et al., 2001; Plomion et al., 2001) daļa no jaunajām šūnām diferencējas, iegūstot konkrētu specializāciju organismā, bet pārējās saglabā savas sākotnējās meristemātiskās dalīšanās īpašības (Pallardy, 2008; Poorter, 1989).

Kambija šūnas dalās divos virzienos — antiklināli un periklināli (Bailey, 1919). Radiālā pieauguma veidošanās gaitā vaskulārā kambija šūnas vispirms dalās antiklināli (Evert, Bharati, 1970). Tādējādi palielinās floēmas un ksilēmas iniciālšūnu skaits stumbra šķērsriezuma perimetrā (Pallardy, 2008). Šūnām nokļūstot visu perimetru, tiek novērsta iespējamo starpšūnu pārrāvumu rašanās šūnu periklinālās dalīšanās rezultātā, kas palielina stumbra šķērsriezuma rādiusu. Kambija šūnām daloties mitotiski (Tepper, Hollis, 1967), izveidojas derivātšūnu slānis, kas ieskauj iniciālšūnas. Tās derivātšūnas, kas izveidojas stumbra šķērsriezuma iekšpusē, diferencējas kā sekundārā ksilēma, bet ārpusē esošās veido sekundāro floēmu (Richardson, Dinwoodie, 1960). Jauni vadaudi uz iekšpusi no vaskulārā kambija (sekundārā koksne) un uz ārpusi (sekundārā lūksne) veidojas, daloties smailajām iniciālšūnām, kuras ir izstieptas paralēli stumbra garenasij (Carlquist, 2001; Lachaud et al., 1999; Pallardy, 2008).

Sekundāro segaudu veidotājmeristēma — felogēns, kas sākotnēji attīstās no primārajiem segaudiem, vienas šūnas biežumā ir izvietots starp felodermu un felēmu. Peridermas ārējais slānis — felēma — ir veidots no korķa, nodrošinot koku pret ūdens zudumiem un nelabvēlīgiem vides apstākļiem (Pallardy, 2008). Veidojoties sekundārās koksnes radiālajam pieaugumam, paralēli norisinās arī felogēna šūnu dalīšanās un peridermas pieaugums pa stumbra šķērsriezuma perimetru. Kokam kļūstot vecākam un sekundārajiem segaudiem atmirstot, izveidojas terciārie segaudi jeb mizas kreve (Pallardy, 2008).

#### Radiālā pieauguma veidošanās koka sezonālajā augšanas ciklā

Koku sekundāro audu un līdz ar to arī radiālā pieauguma veidošanās mērenajā klimata joslā (Mäkinen et al., 2008) ir sezonāla. Hemiboreālajā dabas zonā veģetācijas cikla sākumu nosaka gaisa temperatūru diennakts vidējo vērtību summas pieaugums un fotoperioda pagarināšanās (Rousi, Heinonen, 2007; Romberger, 1963). Iestājoties atbilstošam dienas garumam (Li et al., 2003) un/vai sasniedzot noteiktu gaisa temperatūru pozitīvu vērtību summu, sākas pavasara augšana. Dažādām sugām, proveniencēm un genotipiem nepieciešamās temperatūru summas un/vai dienas garuma sliekšnis ir atšķirīgs (Sarvas, 1972; Leinonen, 1996; Li et al., 2003). Evolucionārās attīstības gaitā ir notikusi adaptācija izcelsmes vietas apstākļiem, nodrošinot, ka vietējo populāciju koku augšana sākas iespējami agri pavasarī, tomēr ne tik agri, lai sakristu ar maksimālo pavasara salnu varbūtības periodu (Leinonen, 1996).

Sākoties veģetācijas sezonai, temperatūras un fotoperioda izmaiņu ietekmē notiek endogēno augšanas regulatoru aktivizācija, stimulējot koku apikālo un sekundāro augšanu (Pallardy, 2008; Romberger, 1963). Augšanas regulatoru iedarbība veicina šūnu dalīšanos un līdz ar to arī radiālā pieauguma veidošanos (Pallardy, 2008). Miera perioda beigu fāzē norisinās hidrolītisko enzīmu sintēze un aktivizācija, nodrošinot augšanai svarīgo ogļhidrātu rezervju mobilizāciju (Pallardy, 2008). Koka audu rehidratācija nodrošina pumpuru plaukšanai nepieciešamo vielu transportu (Mäkinen et al., 2008), un straujais ūdens pieplūdums izraisa sākotnēju stumbra caurmēra palielināšanos, bet vēlāk, pēc pumpuru izplaukšanas, koka stumbra uzblīdums samazinās (Mäkinen et al., 2008; Pallardy, 2008).

Garuma pieauguma veidošanās sākumā kambija šūnas visagrāk sāk dalīties jaunā dzinuma pamatnē līdz 3 cm attālumā no tās (Pallardy, 2008). Radiālā pieauguma veidošanās sākas pakāpeniski virzienā no koka galotnes uz stumbra pamatni, jo jaunajos dzinumos sintezētie augšanu stimulējošie fitohormoni tiek novadīti uz zemāk esošajiem zariem un stumbra daļām (Little, Savidge 1987; Pallardy, 2008). Augšanas hormonu pārvietošana nosaka atšķirīgu kambija šūnu aktivitātes līmeņu sadalījumu kokā. Pakāpeniskās izmaiņas nosaka jaunajos dzinumos sintezēto hormonu pārvietošanas ātrums, kas ir aptuveni  $1 \text{ cm h}^{-1}$  (Little, Savidge 1987).

Līdzīgi kā gadskārtējā radiālā pieauguma sākumā, arī tā veidošanās noslēgumā ir vērojamas pakāpeniskas kambija šūnu dalīšanās aktivitātes izmaiņas (Aloni, Zimmermann, 1983). Lielāks pārvietošanas attālums nosaka mazāku piegādātā augšanas hormona apjomu un līdz ar to arī lēnāku pieauguma veidošanos (Aloni, Zimmermann, 1983; Fraser, 1952; Little, Savidge

1987; Pallardy, 2008). Hormonu koncentrācija kambijā samazinās virzienā uz leju no galotnes uz stumbra pamatni, pārtraucot sekundāro augšanu, kas kopumā norisinās ilgāk nekā primārā (Romberger, 1963). Piemēram, parastajai priedei (vecumā no 50 līdz 60 gadiem) ir novērots ksilēmas pieauguma gradients, kas samazinās virzienā no galotnes uz stumbra pamatni (Kozłowski, Pallardy, 1997; Wight, 1933).

Laterālās meristēmas šūnu augšana ir atkarīga no genotipa un vides apstākļiem (Pallardy, 2008). Nākamās sezonas sākuma radiālā pieauguma veidošanās ir saistīta ar meteoroloģiskajiem apstākļiem iepriekšējā sezonā (Romberger, 1963). Agrīnās koksnes veidošanās sākumā pirmās dalīšanas uzsāk ksilēmas mātes šūnas, kas ir iepriekšējās sezonas noslēgumā daļēji diferencējušās vaskulārā kambija šūnas. Tās ir izvietotas starp vaskulāro kambiju un iepriekšējā sezonā veidoto koksni un to darbībai ir nozīmīga loma ūdens, augšanas hormonu un barības vielu piegādē turpmākā radiālā pieauguma attīstībai kambija šūnās (Pallardy, 2008; Romberger, 1963). Pavasara sākumā, salīdzinot ar kambija iniciālo slāni un floēmu, ksilēmas mātes šūnām ir novērojama visaktīvākā dalīšanās (Romberger, 1963).

Pavasara augšanas sezonas sākumā floēmas parenhīmas šūnu izplešanās norisinās aptuveni nedēļu pirms ksilēmas šūnu veidošanās sākuma (Pallardy, 2008). Agrākai floēmas audu aktivizācijai pavasara sākumā ir nozīmīga loma turpmākajā ksilēmas veidošanās procesā, jo tiek nodrošināts sākotnējais oglekļa dioksīda transports tālākai augšanas gaitas uzsākšanai (Alfieri, Evert, 1968; Romberger, 1963). Priežu dzimtas kokiem, tāpat arī apsēm, robīnijām un citiem lapu kokiem (Alfieri, Evert, 1968; Davis, Evert, 1968; Derr, Evert, 1967; Evert, 1963; Tucker, Evert, 1969), pavasarī floēmas šūnu diferencēšanās var notikt pat pusotru mēnesi pirms ksilēmas šūnu pieauguma sākuma. Priedēm pirmās pavasara aktīvās šūnas ir no iepriekšējās augšanas sezonas saglabājušās nobriedušās floēmas šūnas 2 līdz 4 slāņu biezumā. Turpmāko 4 nedēļu laikā priežu dzimtas sugām izveidojas līdz trim ceturtdaļām no visa sezonas pieauguma (Alfieri, Evert, 1968). Konstatēts, ka parastajai priedei Latvijas apstākļos viss attiecīgā gada radiālais pieaugums izveidojas 80 – 100 dienās (Zālītis, 1967).

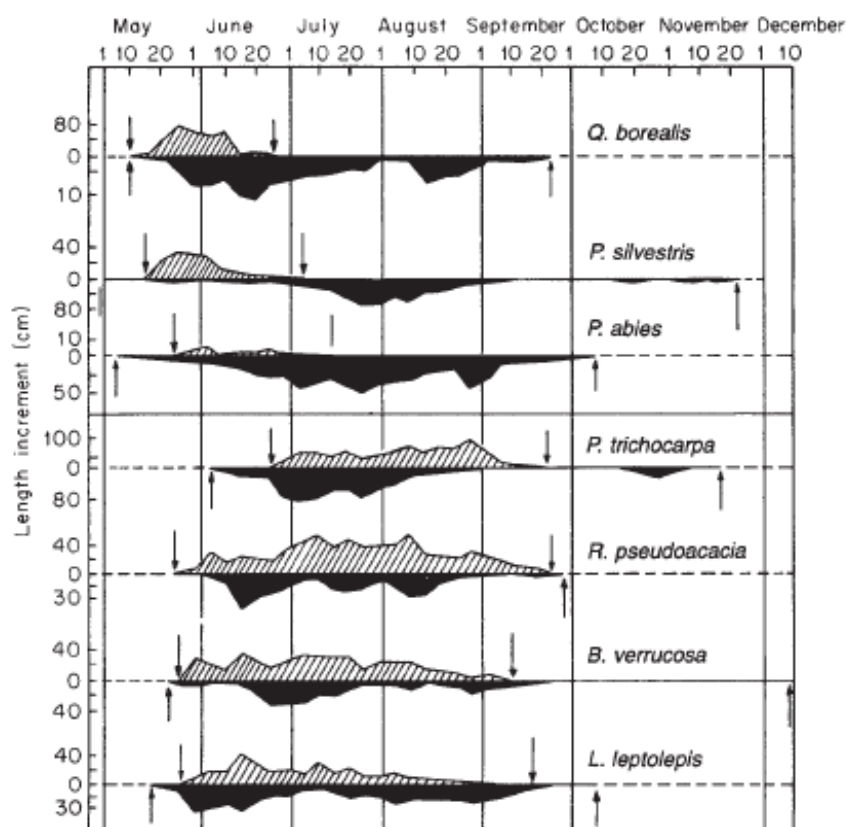
Dažādām koku sugām ir atšķirīgas pieauguma veidošanas stratēģijas (Pallardy, 2008), jo sekundārie audi (vadaudi) atsevišķām sugām var sākt veidoties vēl pirms pumpuru plaukšanas un jaunu barības vielu sintēzes (Pallardy, 2008; Romberger, 1963), kokam mobilizējot iepriekš uzkrātās rezerves. Segsēkļu koksnē esošie vadaudi ir trahejas — gari, no dzīvām šūnām izveidojušies kapilāri, kuru izvietojuma sadalījums ir atkarīgs no sugas pavasara augšanas stratēģijas (Frankenstein et al., 2005; Pallardy, 2008). Segsēkļu koksne var būt arī difūzi (vienmērīgi) poraina visas gadskārtas platumā gan agrīnaj, gan vēlīnajā koksnē (alkšņi, bērzi, skābardis, dižskābardis, kļavas, liepas u.c.) vai apločporaina (Dolacis, 1998), kur vadaudi ir izvietoti agrīnajā (pavasara) koksnē (ozoli, oši, gobas, vīksnas) (Carlquist, 2001; Pallardy, 2008). Kailsēkļu koksni veido vienkāršākas vadaudu struktūras — traheīdas, kas ir garas, nedzīvas šūnas ar pārkoksnetiem šūnapvalkiem (Carlquist, 2001).

Apločporainajiem un difūzi porainajiem kokiem pavasara augšanas uzsākšanās norisinās atšķirīgos laikos — attiecīgi pirms un pēc pumpuru plaukšanas. Ozoliem, gobām, vīksnām, ošiem un citām apločporainajām koku sugām veģetācijas sezonas sākumā kambija šūnu dalīšanās var sākties 2 līdz 6 nedēļas pirms pumpuru plaukšanas, kad norisinās traheju veidošanās (Frankenstein et al., 2005). Pavasara koksnes vadaudi veidojas no pārziemojušām, daļēji diferencētām iepriekšējās augšanas sezonas kambija derivātšūnām, kurās uzkrājušies augšanas hormoni (Digby, Wareing, 1966; Frankenstein et al., 2005; Savidge, Wareing, 1981). Radiālā pieauguma veidošanās var sākties pirms pumpuru plaukšanas (Frankenstein et al., 2005). Ir novērots, ka lielo pavasara traheju veidošanās apločporainajos kokos norisinās vienlaicīgi visā stumbrā un zaros, un veidošanās izbeidzas līdz ar pumpuru plaukšanu (Little, Savidge, 1987). Difūzi poraino un kailsēkļu koku sugu kambija aktivitāte uzsākas reizē ar pumpuru plaukšanu jaunā dzinuma pamatnē. Kambija šūnu aktivitāte pieaug virzienā uz stumbra pamatni, tomēr dižskābardim (*Fagus sylvatica* L.) ir novērots, ka augšanas sezonas

sākumā kambija aktivitāte var sākties vienlaicīgi visā koka stumbrā un zaros (Lachaud, Bonnemain, 1981; Little, Savidge, 1987).

Hemiboreālajā zonā koku sugām pavasarī sakņu augšana sākas agrāk nekā pumpuru plaukšana vai sekundāro audu veidošanās, un visbiežāk sakņu augšanai ir garāks augšanas periods salīdzinājumā ar augstuma vai radiālā pieauguma veidošanos (Pallardy, 2008). Sakņu augšana var turpināties vairākas nedēļas pēc garuma pieauguma noformēšanās vai saglabāties visā miera perioda laikā, ja tam ir labvēlīga augsnes temperatūra (Oleksyn et al., 1998; Pallardy, 2008). Tiek uzskatīts, ka parastās priedes sakņu augšana apstājas pie negatīvām augsnes temperatūrām (7.1. att.) (Oleksyn et al., 1998); Lyr un Hoffmann (1967) norāda, ka parastās priedes sakņu augšanas sākas divas nedēļas pirms garuma pieauguma veidošanās sākuma.

Sakņu pieaugumu ir grūti noteikt, un tas ir atkarīgs no edafiskajiem, meteoroloģiskajiem un ģenētiskajiem faktoriem (Lyr, Hoffmann, 1967). Laboratoriskos eksperimentos iegūti ģeneralizēti rezultāti rāda, ka parastajai priedei sakņu augšana sākas maijā sākumā un ilgst līdz novembra beigām, bet aktīvākā augšana norisinās jūlija beigās, divas nedēļas pēc garuma pieauguma veidošanās beigām. Nozīmīga sakņu pieauguma veidošanās beidzas septembrī. Parastajai eglei tādos pašos meteoroloģiskajos apstākļos sakņu augšana sākas vēlāk un beidzas agrāk nekā priedei (Lyr, Hoffmann, 1967; Pallardy, 2008), tās kulminācija ir vairākas nedēļas pēc garuma un radiālā pieauguma veidošanās beigām (Lyr, Hoffmann, 1967).



Ar iesvītrojumu ir apzīmēts dzinumu augšanas periods un intensitāte, bet ar melno – sakņu. Bultiņas apzīmē augšanas perioda sākumu un beigas

7.1.attēls. Sezonālās sakņu augšanas atšķirības dažādām koku sugām (Lyr, Hoffmann, 1967; Pallardy, 2008).

#### Dažādu faktoru ietekme uz radiālo pieaugumu

Radiālā pieauguma veidošanos kompleksi nosaka koka genotips un savstarpējā mijiedarbībā esošu vides faktoru ietekme (Lechowicz, 1984; Schulze et al., 2005). To ietekmējošie eksogēnie faktori ir: augsnes un gaisa temperatūras un mitruma režīms, barības vielu un

Saules radiācijas pieejamība, kaitēkļu un patogēnu darbība, vēja ietekme un cilvēka darbība (t.sk. vides piesārņojums) (Liepa et al., 1991; Schulze et al., 2005).

Apkārtējās vides ietekme uz radiālo pieaugumu atspoguļojas tā veidošanās intensitātes izmaiņās tikai pēc noteikta laika (Kozłowski, Pallardy, 1997). Reakcijas laiks uz vides izmaiņām atkarīgs gan no šo izmaiņu intensitātes, gan koku sugas, gan koka vecuma (Dobbertin, 2005). Nekavējoša atbildes reakcija uz vides apstākļu izmaiņām novērojama tikai bioķīmiskā līmenī (Cannell, 1989; Schulze et al., 2005). Atkarībā no reakcijas uz stresa faktoriem izšķir stresa tolerantās, konkurentās un ruderālās augšanas stratēģijas (Schulze et al., 2005).

Parastā priede ir raksturojama kā stresa toleranta suga (Schulze et al., 2005), kam Latvijas apstākļos juvenīlā vecumā ir novērota augšanas reakcija pret vides izmaiņām novēlošanās par aptuveni diviem gadiem (Zālītis, 2006). Piemēram, kontrolētos apstākļos pakļaujot priedes un egles paaugstinātam augsnes mitrumam, priedes reakcija bija novērojama otrajā sezonā pēc eksperimenta sākuma. Konstatēts, ka stresa apstākļos koki mobilizē iekšējās rezerves bojājumu novēršanai un pilnvērtīgas augšanas atjaunošanai, un šajā brīdī papildus stress var izrādīties limitējošs (Possen et al., 2011; Schulze et al., 2005). Jau minētajā eksperimentā, trešās veģetācijas sezonas noslēgumā iestājoties agrām rudens salnām, nokalta visi sākotnēji (pirms trim sezonām) pārmitrai augsnei pakļautie koki, kamēr kontroles (pārmitriem apstākļiem nepakļautie) koki saglabājās (Zālītis, 2006).

Parastajai eglei, salīdzinot ar priedi, ir zems tolerances līmenis pret pārmitriem vai sausiem augsnes apstākļiem: eksperimentā iekļautajām eglēm tika novērota gan nekavējoša, gan nākamās sezonas reakcija uz augsnes aerācijas pasliktināšanos mitruma ietekmē – gan limitējot augšanu, gan ietekmējot saglabāšanos (Rothe et al., 1999; Zālītis, 2006; Zālītis 2012). Līdzīgi arī Seidling et al. (2012) konstatē, ka mitrākos apstākļos augušo egļu nākamā gada pieaugums negatīvi korelē ar paaugstinātu nokrišņu apjomu, kamēr sausākos apstākļos pie tāda paša nokrišņu apjoma nākamā gada radiālais pieaugums uzrāda pozitīvu saistību. Iepriekšējās veģetācijas sezonas mitruma apstākļi — augstāks nokrišņu apjoms — ir nozīmīgi arī dižskābarža radiālā pieauguma veidošanās intensitātei. Kā priedei, tā arī dižskābardim un eglei ir nozīmīgas arī iepriekšējo augšanas sezonu un tekošās sezonas pavasara sākuma gaisa temperatūras (Seidling et al., 2012).

Kokam ir primārie sensori, kas, reaģējot uz vides izmaiņām, pārraida signālu uz augšanas meristēmām, lai izstrādātu atbildes reakciju. Sākotnējā reakcija uz vides izmaiņām notiek pumpuros, lapās, jauno dzinumumu epidermas šūnās un smalkajās uzsūcošajās saknēs: aktīvi augošajās koka daļās (Kozłowski, Pallardy, 1997).

Katrai koku sugai un arī atsevišķiem genotipiem to ietvaros ir noteikts augšanas apstākļu optimums, kura robežās norisinās visaktīvākā augšana (Liepa et al., 1991); tā pārsniegšana vai nesasniedzšana izraisa stresa reakciju, kuras ietekmē augšana palēninās vai pat apstājas (Liepa et al., 1991; Schulze et al., 2005). Mijiedarbojoties vairākiem vides faktoriem, ietekme uz koku augšanu var būt citāda, nekā viena faktora iedarbības rezultātā (Liepa et al., 1991).

Vides apstākļu uzlabošanai pielieto tādas mežsaimnieciskās metodes kā audžu kopšana, meliorācija, mēslošana, kaitēkļu un patogēnu apkarošana, pārnadžu bojājumu prevencija u.c. Konkurences un dabisko traucējumu samazināšana un barības vielu pieejamības paaugstināšana palielina pieauguma veidošanās intensitāti nākamajās augšanas sezonās (Zālītis, 2006; 2012).

Nozīmīgu nelabvēlīgu vides apstākļu izmaiņu ietekmē (piemēram, augšanai būtisku resursu nepietiekamība konkurences rezultātā, patogēnu iedarbība) kambija šūnas dažās vietās var būt atmirušas vai miera stāvoklī, neveidojot pilnu gadskārtas gredzenu. Atbildes reakcija var būt arī kambija šūnu dalīšanās apstāšanās, veidojot tā dēvētās „neīstās” gadskārtas. Šajā gadījumā, vides apstākļiem atkal uzlabojoties pirms miera perioda, atjaunojas arī radiālā pieauguma veidošanās (Bouriaud et al., 2005; Pallardy, 2008). Tādējādi sezonas kopējā pieauguma šķērsgrīzumā agrīnajai koksnei pa vidu izveidojas blīvāks šūnu slānis, kas līdzinās vēlīnajai koksnei, bet neatbilst veģetācijas sezonas noslēgumam (Pallardy, 2008).

### Radiālā pieauguma sezonālās dinamikas mērījumu metodes un to pielietojums

Zinātniskajos pētījumos (Alfieri, Evert, 1968; Bouriaud et al., 2005; Evert un Bharati, 1970; Gričar et al., 2007; Gričar, Čufar, 2008; Mäkinen et al., 2008; Pesonen et al., 2004) par koku radiālo pieaugumu veidošanos veģetācijas perioda ietvaros izmanto atšķirīgas stumbra caurmēra pieauguma noteikšanas metodes.

Viens no izplatītākajiem pieauguma monitoringa mērinstrumentiem ir lentas dendrometrs (Pesonen et al., 2004), kas fiksē koka stumbra apkārtmēra svārstības (Mäkinen et al., 2008). Mērierīces darbības principa pamatā ir pa stumbra šķērsriezuma perimetru nospriegota metāla lenta, kuras viens gals ir uztiets uz spoles. Stumbram piebriestot vai saraujoties, līdz ar caurmēra izmaiņām mainās arī stumbru aptverošās lentas posma garums, ko iespējams nolasīt un/vai reģistrēt automātiski (Mäkinen et al., 2008; Pesonen et al., 2004).

Lentas dendrometra priekšrocība: ņemot vērā, ka tiek fiksētas caurmēra izmaiņas visā stumbra perimetrā noteiktā augstumā, ir iespējams novērot koka stumbra ūdens satura izmaiņu diennakts ritmu (Deslauriers et al., 2007); trūkums: nav iespējams veikt precīzu kambija aktivitātes un ksilogēnēzes monitoringu. Nozīmīgākās atšķirības starp ksilogēnēzi un stumbra apkārtmēra izmaiņām vērojamas pavasarī, kad kokā norisinās rehidratācijas process (atjaunojas ūdens saturs pēc ziemas miera perioda) (Mäkinen et al., 2008).

Stumbra caurmēra izmaiņas var fiksēt arī ar punkta dendrometriem (Zweifel, Häsler, 2001) kuri, līdzīgi kā lentas dendrometri, mēra stumbra izplešanās vai saraušanās dinamiku un var būt nolasāmi gan manuāli, gan automātiski (Mäkinen et al., 2008; Zweifel, Häsler, 2001). Punkta dendrometrs nenodrošina informāciju par stumbra pilna apkārtmēra izmaiņām (Mäkinen et al., 2008).

Precīzai radiālā pieauguma noteikšanai tiek pielietotas invazīvās paraugošanas metodes — pinings un mikrourbšana (Mäkinen et al., 2008; Schmitt et al., 2000; Seo et al., 2007).

Pininga (pinning) metode paredz regulāru, ar smalku adatu veiktu, mehānisku kambija šūnu bojāšanu, iedurot adatu jaunākajā ksilēmas gadskārtā (Seo et al., 2007). Kambija šūnas pārstāj dalīties izdarītā bojājuma kanāla malās, un dažas šūnu rindas tālāk no tā notiek nediferencēto audu — kallusa — veidošana (Pallardy, 2008). Tādējādi ir iespējams hronoloģizēt radiālā pieauguma veidošanos, par laika atskaiti pieņemot mehāniskā bojājuma izdarīšanas brīdi (Seo et al., 2007). To dara, eksperimenta beigās no koka izņemot bojātās koksnes paraugus un analizējot laboratorijā: ar mikroskopu skaita ksilēmas šūnas pirms un pēc adatas dūriena, ko iezīmē kambija šūnu dalīšanās pārtraukšanās un ksilēmas augšanas apstāšanās tiešā pininga kanāla tuvumā (Mäkinen et al., 2008; Schmitt et al., 2000; Seo et al., 2007).

Veicot mikrourbšanu, ievāc ksilēmas jaunākās gadskārtas paraugus vēlākai laboratoriskai izpētei — šūnu skaitīšanai. Koksnes serdeņu iegūšanai var izmantot ķirurģiskās adatas vai speciālus maza diametra svārpstus (Mäkinen et al., 2008).

Abas invazīvās radiālā pieauguma noteikšanas metodes ir vienlīdz precīzas ksilēmas šūnu veidošanās sākuma noteikšanai. Savstarpēji salīdzinot visu trīs mērījumu metožu rezultātus, parastajai priedei un eglei Somijas apstākļos 2003. un 2004. gada veģetācijas sezonā ar invazīvajām metodēm noteiktā radiālā pieauguma veidošanās sākums, kulminācija un beigas bija novērotas vidēji par 20 dienām vēlāk nekā ar dendrometru (Mäkinen et al., 2008). Pēc dendrometru datiem Somijas ziemeļos un dienvidos stumbra caurmēra palielināšanās sākās vienlaicīgi — kalendārā gada 131. dienā, bet, analizējot ksilēmas šūnu augšanu, Somijas dienvidos priedes un egles pieaugumu veidošanās uzsākās par 10 dienām agrāk nekā ziemeļos (Mäkinen et al., 2008).

Vienas sugas ietvaros abas invazīvās paraugošanas metodes var uzrādīt atšķirīgus ksilēmas augšanas kulminācijas laikus. Parastajai priedei jaunākās, vēl nenobriedušās, vāji lignificējušās ksilēmas šūnas mikrourbšanas gaitā var tikt saspīestas, bet pininga rezultātā kambija šūnu slānis var tikt deformēts (Mäkinen et al., 2008; Pallardy, 2008). Šūnu mehāniskās izturības palielināšanos nodrošina sekundāro sienīņu attīstība, kas norisinās vēlāk

— pēc pašu šūnu izveidošanās, un priedei šis process ir lēnāks nekā eglei (Mäkinen et al., 2008; Pallardy, 2008). Tā rezultātā saspīestās parastās priedes ksilēmas jaunākās šūnas mikrourbšanas paraugos var netikt izdalītas, radot augšanas gaitas ritma interpretācijas kļūdas (Mäkinen et al., 2008).

#### Novērojumu parauglūkumu raksturojums

Pārskata perioda ietvaros saskaņā ar darba uzdevumu veikti radiālā pieauguma dinamikas mērījumi 6 parauglūkumos pēcnācēju pārbaužu stādījumos un dabiski atjaunojušās mežaudzēs. Novērojumu parauglūkumi atrodas Latvijas rietumos Dundagas novadā un valsts centrālajā daļā — Siguldas, Ķeguma un Vecumnieku novados. Parauglūkumu atrašanās vietās — Piejūras zemienē Latvijas ziemeļrietumos, Viduslatvijas zemienē un Gaujas senielejā ir savstarpēji atšķirīgi lokāli klimatiskie apstākļi (Draveniece, 2007; Klavins, Rodinov, 2010).

Latvijas teritorijā virzienā no rietumu piekrastes uz kontinenta iekšieni, mitrajām, okeāniskajām gaisa masām transformējoties, samazinās gaisa mitrums. Tas nosaka diennakts gaisa temperatūras vērtību amplitūdas palielināšanos un atšķirīgu kontinentalitātes pakāpi virzienā uz valsts austrumiem (Draveniece, 2007; Krauklis, Zariņa, 2002). Klimata kontinentalitātes atšķirības raksturo aprēķinātais Konrāda kontinentalitātes indekss, kura vērtība tuvu 0 ir izteikti okeāniskos apstākļos, bet tuvu 100 — krasi kontinentālos. Dundagas novadā indekss ir robežās no 23 līdz 24, bet Siguldas, Vecumnieku un Ķeguma novados parauglūkumu atrašanās vietās: no 27 līdz 29 (Draveniece, 2007). Šāds kontinentalitātes sadalījums atspoguļojas, piemēram, janvāra un jūlija mēnešu vidējo temperatūru atšķirībās: Baltijas jūras piekrastē janvāra mēneša vidējā temperatūra ir par 3 °C augstāka, bet jūlija mēneša vidējā gaisa temperatūra ir par 1,5 °C zemāka nekā Viduslatvijā. Projekta iepriekšējo posmu atskaitēs aprakstīts, ka okeāniskāku apstākļu ietekmē piekrastē veģetācijas periods var uzsākties vidēji par vienu nedēļu agrāk nekā Latvijas centrālajā un austrumu daļā.

Gaujas senielejā viens no koku augšanu noteicošajiem faktoriem ir reljefs. Ielejas nogāzes slīpums, atkarībā no ekspozīcijas, rada noteiktus gaismas un temperatūras apstākļus, kas atšķiras no līdzena reljefa mežos esošajiem (Āboliņš, Eniņš, 1979; Bамbe, 2010; Mežaka et al., 2005). Ūdens nesošo starpslāņu klātbūtne senielejas nogāzēs (Āboliņš, Eniņš, 1979) nodrošina pastāvīgu mitruma režīmu senielejas un tās sāngravu gultnēs (Bамbe, 2010).

Dabiski atjaunojušās, pieaugušās mežaudzēs uz valdaudzes kokiem mērinstrumenti izvietoti parauglūkumos Dundagas novadā (koku sugas: parastā priede (*Pinus sylvestris* L.), āra bērzs (*Betula pendula* Roth.), melnalksnis (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) un parastā egle (*Picea abies* (L.) H.Karst.), Siguldas novadā (āra bērzs, parastā priede) un Vecumnieku novadā (parastā apse (*Populus tremula* L.)).

Pēcnācēju pārbaužu stādījumos, izvēloties paraugkokus ar atšķirīgu stumbra tilpumu, mērinstrumenti izvietoti: LVM Vecumnieku iecirknī un SIA Rīgas meži Daugavas mežniecībā (parastā priede) un Ķeguma novadā (āra bērzs un hibrīdā apse).

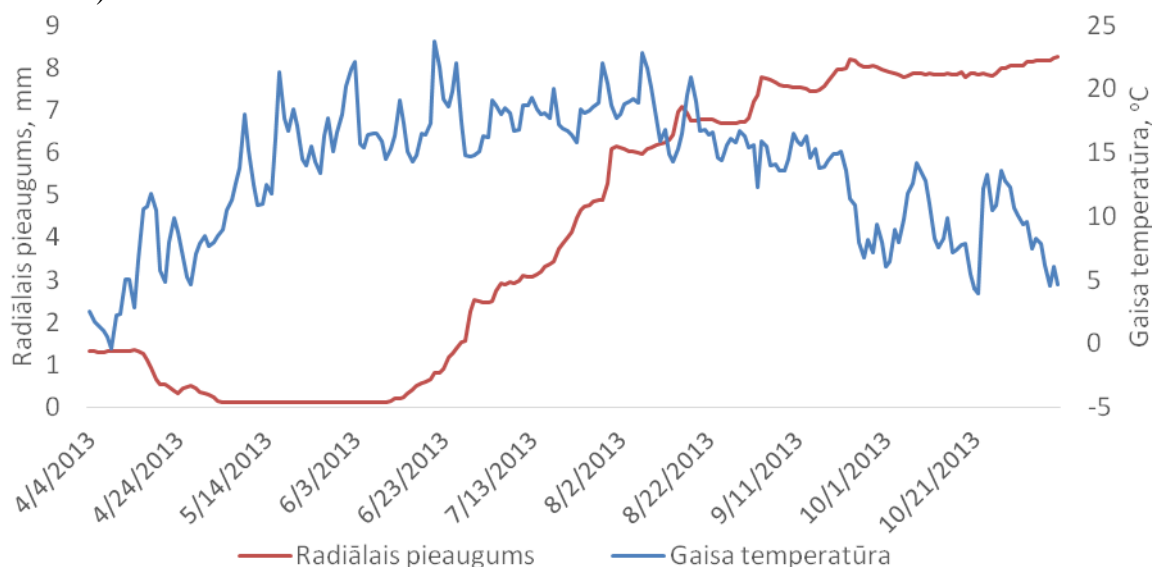
Paraugkokiem mērierīces uzstādīja veģetācijas perioda sākumposmā.

#### Radiālā pieauguma veidošanās dinamika

Iegūtie rezultāti aprakstīti, izmantojot kā piemēru melnalkšņa caurmēra pieauguma dinamiku vienā no parauglūkumiem.

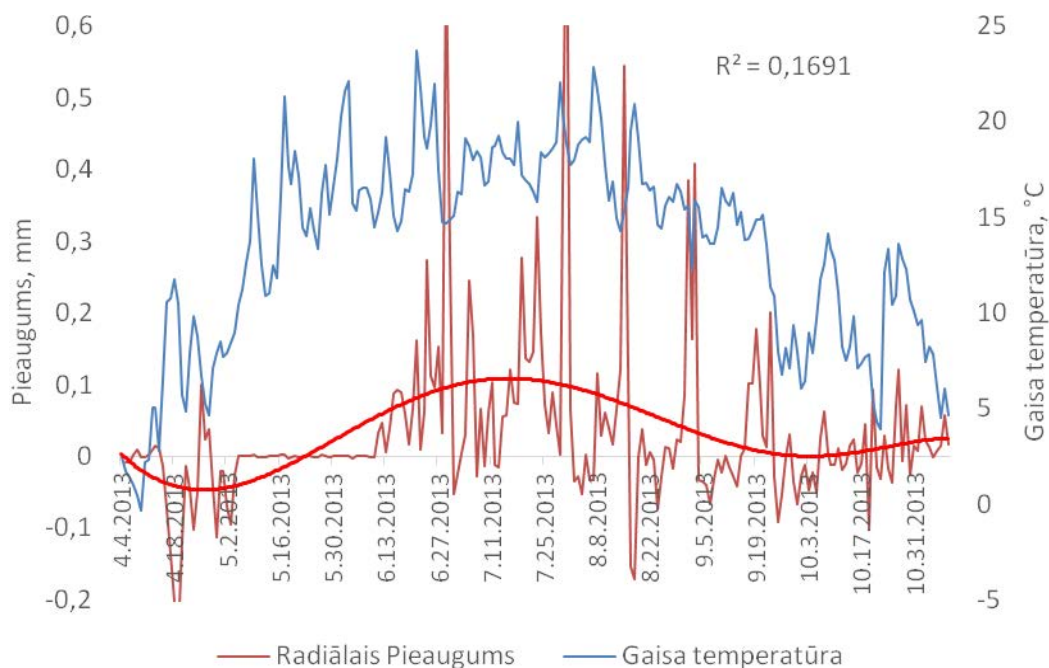
Aprīļa pirmajā pusē, kad parauglūkumos Dundagas novadā uzstādīti pirmie mērinstrumenti, mežaudzēs vēl bija sniega sega un tām blakus izvietotajā apšu hibrīdu fenoloģisko novērojumu eksperimentā konstatēts, ka pumpuru plaukšana norisinājusies maija sākumā. Tomēr konstatēts, ka melnalkšņa stumbra rehidratācija mērinstrumentu uzstādīšanas laikā jau bija sākusies: laika posmā no 4. līdz 17. aprīlim tās ietekmē notika stumbra uzbriešana par 1,3 mm (7.2. att.).

Gaisa temperatūrai novērojumu perioda sākumā ir negatīva korelācija ar stumbra caurmēra pieaugumu (7.4. att.), jo, pieaugot gaisa temperatūrai, samazinās stumbra uzblīdums (7.2. un 7.3. att.).



7.2. attēls. Melnalkšņa stumbra radiālā pieauguma veidošanās kumulatīvā līkne un gaisa temperatūras vērtību svārstības Dundagas novadā 2013. gada veģetācijas sezonā.

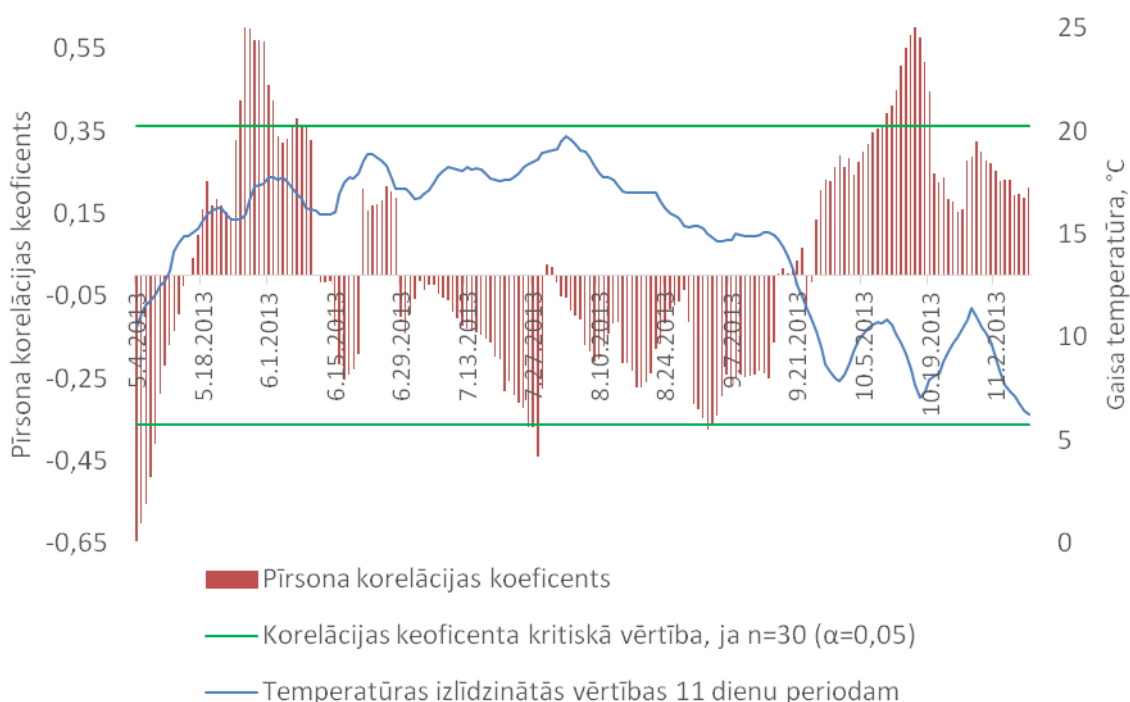
Maija pirmajā dekādē – pēc veģetācijas perioda sākumā novērotās stumbra uzblīduma mazināšanās – iestājās periods, kurā netika fiksētas caurmēra svārstības (7.2. un 7.3. att.). Šis periods ilga līdz maija pēdējai dekādei, kad, gaisa temperatūras pozitīvā ietekmē (7.4. att.) atsākās caurmēra palielināšanās. Novērotās sakarības ir līdzīgas kā konstatētas pētījumā par Japānas ciedru (*Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don) (Mäkinen et al., 2008; Yamashita et al., 2006), un liecina, ka šajā periodā sākusies ksilēmas pieauguma veidošanās (Mäkinen et al., 2008). Lai fiksētu precīzu ksilēmas pieauguma veidošanās sākuma datumu, nepieciešama atkārtota paraugu ievākšana un mikroskopiska analīze, kas pētījuma ietvaros netika veikta.



7.3. attēls. Melnalkšņa radiālā pieauguma diennakts vidējo vērtību dinamika Dundagas novadā 2013. gada veģetācijas sezonā.



Maija beigās un jūnija sākumā gaisa temperatūrai ir būtiska ietekme uz caurmēra palielināšanos; pārējā veģetācijas perioda posmā (līdz septembra sākumam) gaisa temperatūras loma ir būtiska tikai jūlija vidū (7.4. att.), kad tās korelācija ar caurmēra pieaugumu ir negatīva. Gaisa temperatūras paaugstināšanās vasaras vidū, iespējams, veicināja augsnes mitruma samazināšanos, kas melnalksnim kā higrofītiskai sugai ir ļoti nozīmīgs (Hacke, Sauter, 1996). Sezonas ietvaros novērotās caurmēra pieauguma fluktuācijas ap vidējo vērtību (7.2. att.) varētu būt saistītas ar koka stumbra ūdens satura izmaiņām (Mäkinen et al., 2008; Zweifel et al., 2006). Zems nokrišņu apjoms un augsta gaisa temperatūra melnalksnim (līdzīgi kā citām koku sugām noteiktos veģetācijas perioda posmos) var būt caurmēra pieauguma veidošanās limitējoša faktoru kombinācija; savukārt augsta temperatūra un regulāri, pietiekami nokrišņi caurmēra pieauguma veidošanās var stimulēt (Hacke, Sauter, 1996). Tādēļ nākamajā novērojumu sezonā būtisks arī tādu meteoroloģisko parametru kā nokrišņu, augsnes mitruma un gruntsūdens līmeņa svārstību monitorings, lai nodrošinātu iespēju saistīt caurmēra pieauguma dinamiku ar nākotnē prognozēto klimatisko apstākļu kompleksu, ne tikai vienu parametru (temperatūru).



7.4. attēls. Gaisa temperatūras vidējo vērtību izlīdzinātā līkne un Pīrsona korelācijas koeficienta vērtības starp gaisa temperatūru un stumbra caurmēra pieaugumu.

Salīdzinot gaisa temperatūru un caurmēra pieaugumu līknes (7.2., 7.3. un 7.4. att.), redzama vienas līdz divu diennakšu nobīde, kas norāda uz augšanas procesu regulācijas ātrumu attiecībā pret vides apstākļu izmaiņām.

#### Plānotās nākamā projekta posma aktivitātes

Apkopojot pirmās novērojumu sezonas rezultātus un gūto pieredzi, izstrādāts aktivitāšu plāns nākamās, 2014. gada, novērojumu sezonas darbu veikšanai.

Datu ievākšanai par temperatūras svārstībām augsnē (kam potenciāli varētu būt ietekme uz caurmēra pieauguma veidošanās sākuma laiku un tā intensitāti vasarā), jau šajā rudenī parauglaukumos divos atšķirīgos dziļumos izvietoti temperatūras sensori, kas nākamā gada sākumā (pēc augsnes atkuššanas) tiks papildināti ar augsnes mitruma sensoriem. Tāpat jau šajā rudenī divos no parauglaukumiem izveidotas gruntsūdens līmeņa svārstību monitoringa vietas.

Caurmēra pieauguma mērījumus paredzēts uzsākt jau marta sākumā, tādējādi novēršot neprecizitāti, kas konstatēta šīs sezonas sākumā, un nodrošinot iespēju noteikt stumbra paresnināšanās sākuma laiku. Savlaicīgi uzsākti miera perioda beigu posma rehidratācijas mērījumi nodrošinās pilnīgāku informāciju par meteoroloģisko apstākļu izmaiņu ietekmi uz veģetācijas perioda sākuma procesiem, kā arī sekundārā pieauguma veidošanās sākumu determinējošajiem mehānismiem dažādām koku sugām. Parauglaukumos paredzēti arī fenoloģijas novērojumi, saistot caurmēra pieauguma izmaiņas ar citiem koka sezonālā cikla procesiem, piemēram, augstuma pieauguma veidošanos.

Iegūtie rezultāti nodrošinās pilnīgāku priekšstatu par caurmēra pieaugumu ietekmējošajiem faktoriem, augšanas sezonas sākuma un beigu fizioloģiskajiem procesiem meteoroloģisko apstākļu kontekstā. Tie tiks izmantoti kā daļa no informācijas, prognozējot klimata izmaiņu ietekmi uz koku pieaugumu.

## **8. Vēja bojājumu risks atkarībā no mežaudžu parametriem un tā reģionālais sadalījums**

### Vēja bojājumu draudu klases

Pārskata periodā sagatavotais vēja bojājumu risku aprēķins balstīts uz „Pārskatīto vējainuma novērtēšanas metodi un vējgāžu draudu klasifikāciju”, kas aprakstīta Quine, White (1993).

Teritorijas vēja bojājumu draudu klasifikācijas (TVBDK) metode ir modelis, kas paredzēts, lai prognozētu vēja radīto bojājumu draudus vidēja vai ilgtermiņa plānošanas procesā pietiekami plašās teritorijās. Metode audzes līmenī lietojama tikai papildināta ar specifisku, uz empīriskiem datiem vietējā mērogā balstītu informāciju. Šajā gadījumā izmantojama informācija arī par kokaudzes struktūru, augsni, blakus esošo izcirtumu izvietojumu u.tml. Tāda veida aprēķinus var veikt, izmantojot datorprogrammu Forestgales (ir LVMI „Silava” rīcībā) vai citu līdzīgu.

Teritorijas vēja bojājumu draudu klasifikācijā ir iekļautas sekojošas komponentes:

Vēja zonas rādītājs (wind zone score);

Augstuma rādītājs (elevation score);

Topogrāfiskās ekspozīcijas rādītājs (topex score);

Aspekta rādītājs (DAMS score).

Detalizētākai modelēšanai izmantojams arī augsnes rādītājs.

### Teritorijas vēja bojājumu draudu klašu aprēķināšanas metodika

Originālajā metodikā vēja zonas rādītāju vērtības (Wind zone score - WZS) atspoguļotas kartes veidā ar izolīnijām. Lai varētu izstrādāt analogu WZS karti Latvijas apstākļiem, tā balstīta uz fundamentālā vēja ātruma klasēm atbilstoši Noteikumiem par Latvijas būvnormatīvu LBN 003-01 "Būvklimateoloģija" (2001.gada 23.augusta Ministru kabineta noteikumi Nr. 376). Fundamentālās vēja ātruma vērtības Latvijā salīdzinātas ar atbilstošajām vērtībām Lielbritānijas būvnormatīvos (Basic wind speed), un tās savukārt salīdzinātas ar WZS vērtībām Quine un White (1993) dotajā kartē. Izvērtējot vizuāli vidējo vērtību (Wind zone score vs Basic wind speed) atbilstību Lielbritānijas kartēs izvēlētos nejaušos punktus, sākotnēji pieņemts, ka fundamentālajam vēja ātrumam  $19\text{ms}^{-1}$  atbilst WZS 2,  $20\text{ms}^{-1}$  atbilst WZS 3,  $21\text{ms}^{-1}$  atbilst WZS 4,  $22\text{ms}^{-1}$  atbilst WZS 5,  $23\text{ms}^{-1}$  atbilst WZS 6,  $24\text{ms}^{-1}$  atbilst WZS 7,  $25\text{ms}^{-1}$  atbilst WZS 9 un  $26\text{ms}^{-1}$  atbilst WZS 11.

MK noteikumos dotās fundamentālā vēja ātruma vērtības meteostacijām transformētas uz WZS vērtībām. WZS vērtību aprēķināšanai starp meteostacijām izmantota ArcGIS 10.1 rīka *Geostatistical Analyst* izvēlne *Global polynomial interpolation* ar vērtību 2. Lai iegūtu rādītāju vērtības arī Latvijas robežu tuvumā, pieņemts, ka kaimiņvalstīs pierobežā esošajās

meteostacijās fundamentālā vēja ātrums ir tāds pats, kā tuvākajai Latvijā esošajai meteostacijai.

Nākotnes klimata izmaiņu ietekmes novērtējumam projekta ietvaros iepriekšējos posmos veiktie vēja ātrumu aprēķini liecina, ka fundamentālā vēja ātruma vērtības būtiski nemainīsies, tādēļ aprēķinos izmantojamas šī brīža vērtības.

Atbilstoši Quine un White (1993), augstuma rādītāja vērtība (Elevation score - ES) ir lineāri saistīta ar augstumu virs jūras līmeņa metros, kuru apraksta vienādojums:

$$ES = H (m.v.j.) * 0,0176, \text{ kur} \quad (8.1)$$

*ES* – augstuma rādītāja vērtība

*H* (m.v.j.) – augstums virs jūras līmeņa metros.

Augstums virs jūras līmeņa aprēķināts ArcGIS 10.1, izmantojot Conversion tool un The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 3arcs (USGS (2006), Shuttle Radar Topography Mission, 3 Arc Second scene 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland, February 2000), pārveidojot to rastra kartē ar pikseļu izmēru 50\*50m. Pēc tam aprēķinātas atbilstošās ES vērtības.

Topogrāfiskās ekspozīcijas TOPEX vērtības (Topex score -TS) aprēķinātas ArcGIS 10.1, izmantojot SRTM karti (USGS, 2006) ar konvertēto pikseļu izmēru 50\*50m. Aprēķināta pikseļa ekspozīcija grādos 8 kardinālajos virzienos, kā arī kopējā ekspozīcija, ņemot vērā attiecīgā virziena 40 tuvāko kaimiņu pikseļu augstuma vērtības. Aprēķiniem izmantots algoritms, kuru uzrakstījis A. Mojs (Arnold Moy, The University of British Columbia(UBC), Vancouver, Canada, Centre for Applied Conservation Research, for "The windthrow Research Group, UBC" led by Dr. Stephen J. Mitchell.).

TOPEX rādītājs aprēķināts, izmantojot šādu sakarību: ja kopējā TOPEX vērtība ir mazāka par 0, tad TOPEX rādītājs ir 8,4; ja TOPEX vērtība ir lielāka par 60, TOPEX rādītāja vērtība ir 0. Savukārt diapazonā no 0 līdz 60 grādiem TOPEX rādītāja vērtību aprēķina atbilstoši sekojošai sakarībai:

$$TOPEX \text{ score} = 0,0008x^2 - 0,1861x + 8,3452, \text{ kur} \quad (8.2)$$

*X* – Topex vērtība.

Aspekta detālās metodes rādītāju (DAMS) veido divas komponentes – aspekta efekts un piltuves efekts.

Aspekta efekts ir iepriekš izrēķināto TOPEX attiecīgo kardinālo virzienu vērtības reizinātas ar 8.1.tabulā doto vēja bojājumu draudu klases rādītāju.

8.1.tabula

Aspekta efekts

Aspekts	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Draudu klases rādītājs	+49	-19	-17	+48	+27	-63	-59	+34

Piltuves efekts aprēķināts, izmantojot sakarību (Quine, White, 1993):

$$PE = 0,1074 * \sqrt{((N-E+S-W)^2 + (NE-SE+SW-NW)^2)}, \text{ kur} \quad (8.3)$$

*N, E, S, W, NE, SE, SW, NW – kardinālie virzieni*

Aspekta detālās metodes rādītājs aprēķināts, izmantojot sakarību:

$$DAMS \text{ score} = (Aspect \text{ effect} + funnel \text{ effect}), \text{ kur} \quad (8.4)$$

*Aspect effect – aspekta efekta rādītājs*  
*Funnel effect – piltuves efekta rādītājs*

Augsnes efekta (Soil effect score - SES) noteikšanai par pamatu izmantota Envirotech augšņu karte, kas pieejama GIS Latvija 9.2. Tā ArcGIS 10.1 programmā pārveidota rastra kartē ar pikseļu izmēru 50\*50m.

Pielīdzināšana oriģinālajai metodikai veikta, balstoties uz sekojošiem pieņēmumiem. Kūdras augsnēs sakņu zona ir seklāka par 25cm (atbilstoši augsnes rādītāja vērtība 10), gleja augsnēs sakņu zona ir seklāka par 45 cm (atbilstoši augsnes rādītāja vērtība 5). Pārējos gadījumos augsnes rādītāja vērtība 0.

Kopējā teritorijas vēja bojājumu draudu klase (TVBDK) aprēķināta pēc formulas (Quine, White, 1993):

$$VBDS = WZS + ES + TS + DAMS + SES, \text{ kur} \quad (8.5)$$

*WZS – vēja zonas rādītājs,*  
*ES – augstuma vērtības rādītājs,*  
*TS – topogrāfiskās ekspozīcijas rādītājs,*  
*DAMS – aspekta detālās metodes rādītājs,*  
*SES – augsnes efekts.*

Atbilstoši aprēķinātajām vēja bojājuma draudu vērtībām, tās tiek grupētas vēja bojājumu draudu klasēs (8.2.tab.).

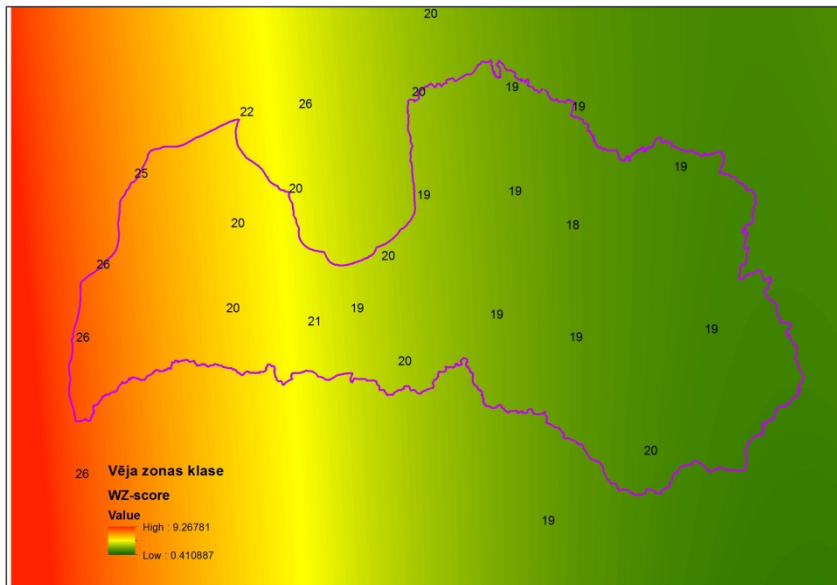
## 8.2.tabula

Vēja bojājumu draudu klases (modificēts pēc Quine, White, 1993)

Vēja bojājumu draudu vērtību diapazons (oriģinālā vērtība)	Vēja bojājumu draudu vērtību diapazons (modificēts)	Vēja bojājumu draudu klase
0-7,5	0-7,75	1
8,0-13,5	7,751-13,75	2
14,0-19,0	13,751-19,25	3
19,5-24,5	19,251-24,75	4
25,0-30,0	24,751-30,25	5
30,5<	30,251<	6

## Teritorijas vēja bojājumu draudu klases aprēķins

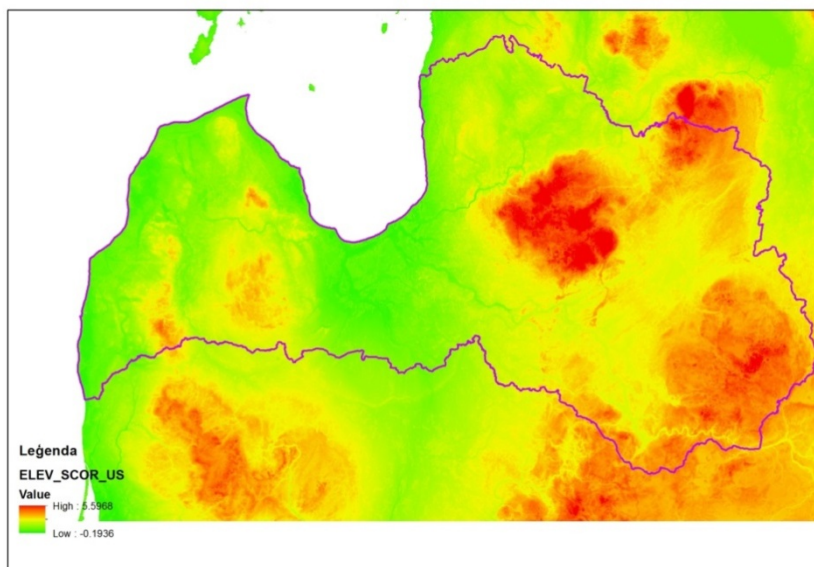
Vēja zonas rādītāja vērtības (Wind zone score) atspoguļotas 8.1.attēlā.



Skaitļi – fundamentālā vēja pamatātruma vērtība meteostacijā.  
8.1.attēls. Vēja zonas rādītājs.

Fundamentālā vēja pamatātruma vērtība katrā novērojumu punktā noteikta, izmantojot informāciju par katra gada maksimālo vidējo vēja ātrumu 10 minūšu laikposmā neatkarīgi no vēja virziena un gadalaika. Katra gada maksimālā vēja ātruma vērtība pārrēķināta 10 metru augstumam virs līdzena, atklāta lauku apvidus ar teritorijas nelīdzenuma garumu  $z_0$  0,05 m. Pārrēķins veikts atbilstoši Pasaules Meteoroloģijas organizācijas ieteiktajai metodikai. Vēja pamatātrums ar varbūtību 0,02 (reizi 50 gados) aprēķināts, izmantojot Gumbela varbūtību sadalījumu. Atbilstoši modelim vēja zonas rādītāju vērtības Latvijas teritorijā mainās no 9 Latvijas dienvidrietumos līdz 2 Latvijas austrumos.

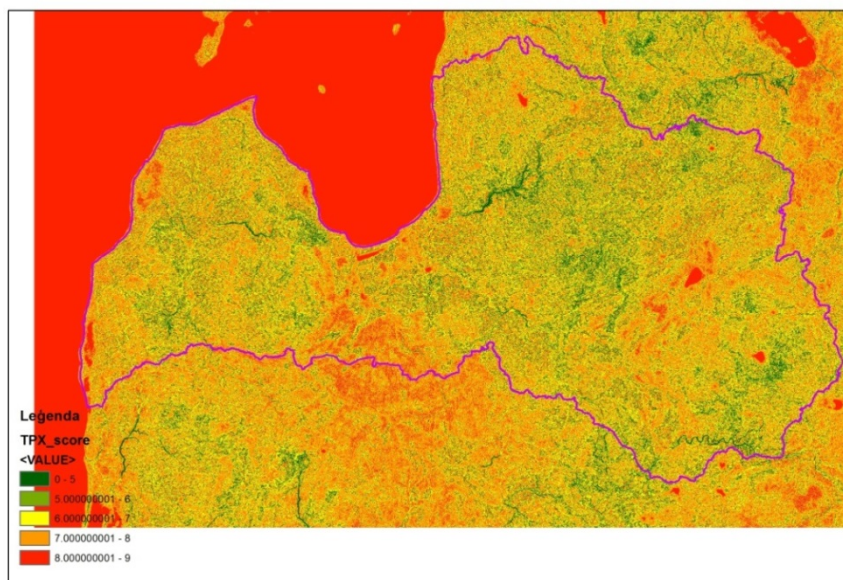
Augstuma rādītāja vērtības (Elevation score) atspoguļotas 8.2 attēlā.



8.2.attēls. Augstuma rādītājs.

Atbilstoši modelim, augstuma rādītāju vērtības Latvijas teritorijā mainās no 0 Latvijas dienvidrietumos līdz 5,47 Vidzemes centrālajā augstienē.

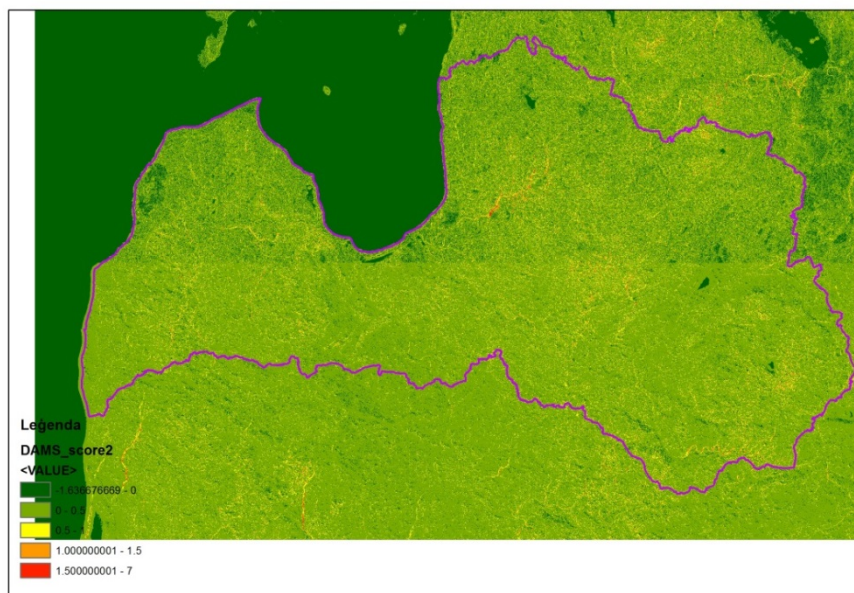
Topogrāfiskās ekspozīcijas rādītāja vērtības (Topex score) atspoguļotas 8.3. attēlā.



8.3.attēls. Topogrāfiskās ekspozīcijas rādītājs.

Atbilstoši modelim, topogrāfiskās ekspozīcijas rādītāju vērtības Latvijas teritorijā mainās no 0 līdz 8,3. Vidējā vērtība ir 7,95, kas nozīmē, ka lielākajā daļā gadījumu punkti eksponēti tāpēc, ka atrodas vai nu līdzenumā vai arī virsotnē.

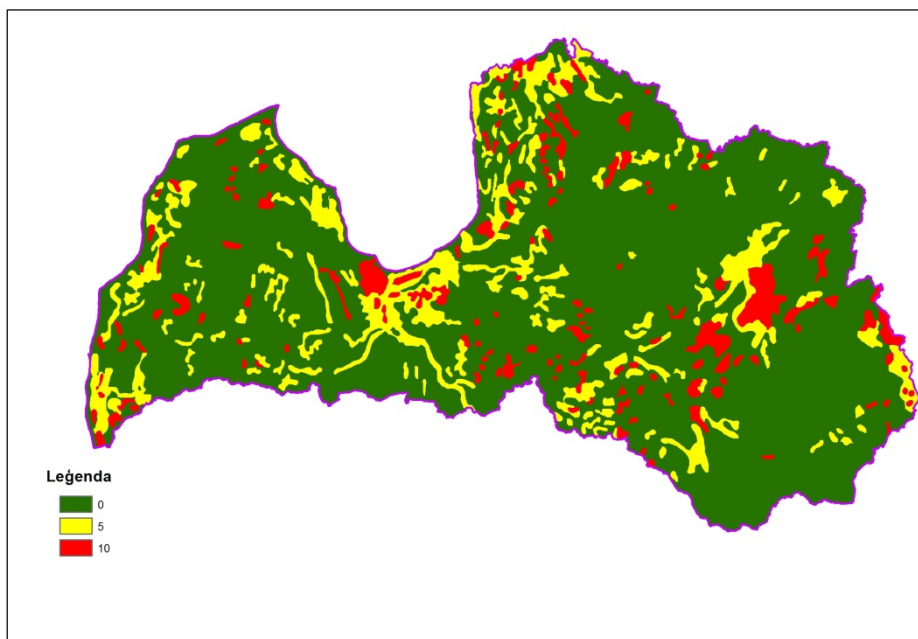
Aspekta detālās metodes rādītāja (DAMS score) vērtības atspoguļotas 8.4. attēlā.



8.4.attēls. Aspekta detālās metodes rādītājs.

Atbilstoši modelim topogrāfiskās ekspozīcijas rādītāju vērtības Latvijas teritorijā mainās no -1,6 līdz 7.

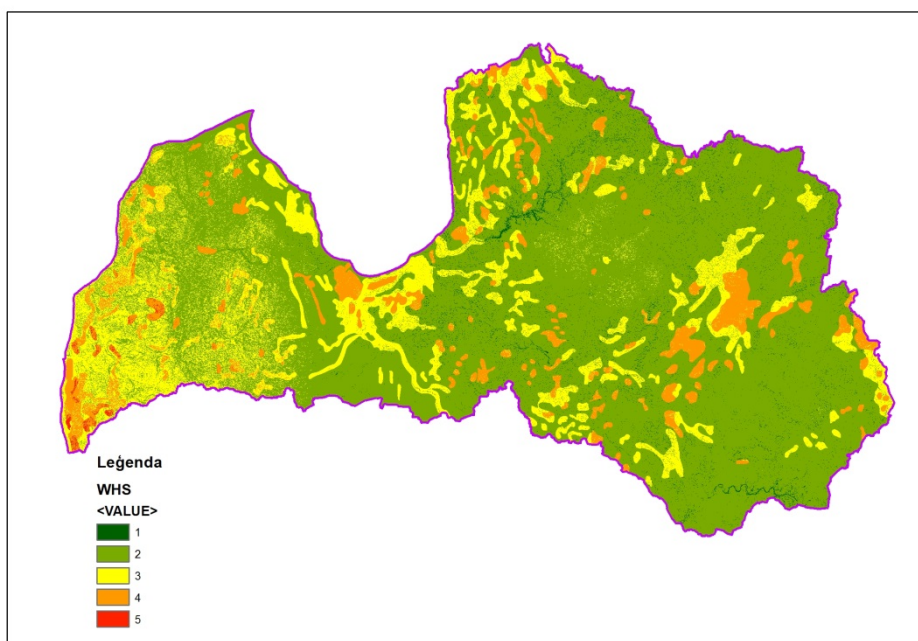
Augsnes efekta rādītāja vērtības atspoguļotas 8.5. attēlā.



8.5.attēls. Augsnes efekta rādītājs.

Atbilstoši modelim, augsnes efekta rādītāju vērtības Latvijas teritorijā mainās no 0 līdz 10.

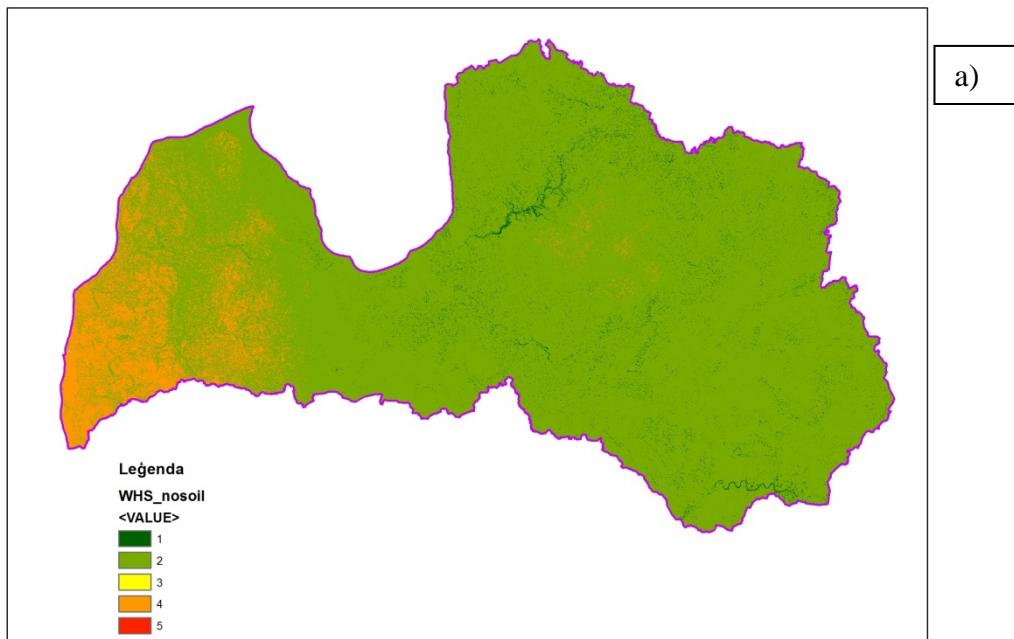
Kopējās teritorijas vējgāžu draudu klases vērtības atspoguļotas 8.6. attēlā.



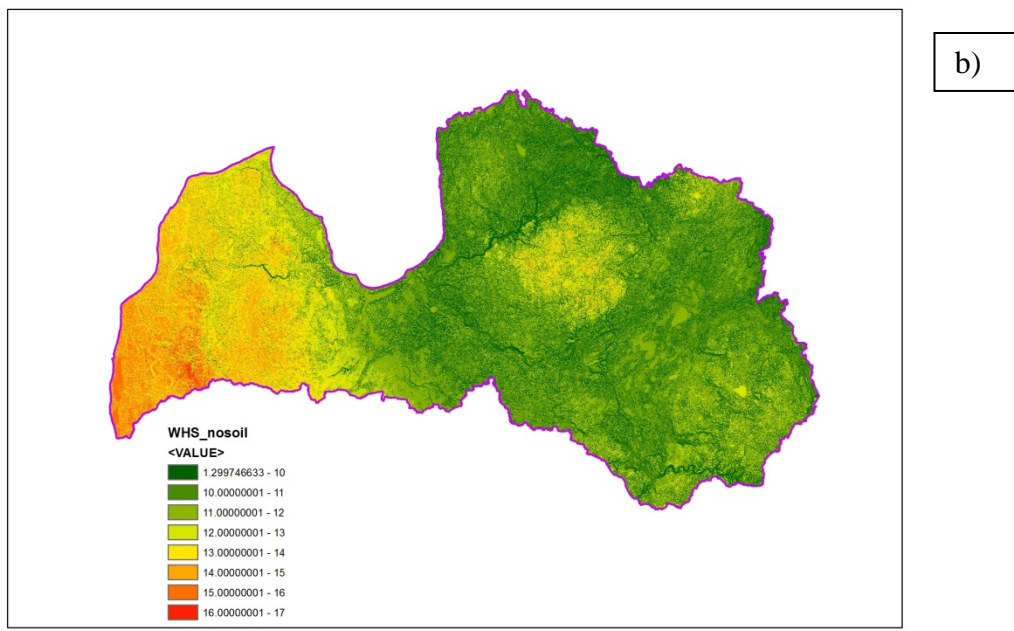
8.6.attēls. Kopējās vēja bojājumu draudu klases.

Atbilstoši modelim, kopējās vēja bojājumu draudu klases Latvijā ir no 1 līdz 5. Atbilstoši pieņemtajai metodikai, Lielbritānijā var būt arī 6.draudu klase.

Kopējās teritorijas vējgāžu bojājumu draudu klases vērtības atspoguļotas 8.7.attēlā.



a)



b)

8.7.attēls. Kopējais teritorijas vējgāžu bojājuma draudu klases bez augsnes tipa ietekmes vērtējuma (a) un ietverot augsnes tipa ietekmes vērtējumu (b).

Atbilstoši modelim kopējais Vēja bojājuma draudu klase, ja neņem vērā augšņu ietekmi Latvijā ir no 1 līdz 4. Atbilstoši pieņemtajai metodikai Lielbritānijā var būt arī 5. un 6.draudu klase, savukārt teritorijas vēja bojājumu draudu rādītājs sasniedz 18 vienības.

Vidējā VBDK ir  $11.36 \pm 1.72$ . Izvērtējot Latvijas teritorijas sadalījumu pa vēja bojājumu draudu klasēm (8.3. tabula), konstatēts, ka 18% no Latvijas teritorijas VBDK < 10; savukārt lielāka par 16 tikai 0.2% no Latvijas teritorijas. Visaugstākā VBDK ir Dienvidkurzemes un Ziemeļkurzemes mežsaimniecībās.

8.3. tabula

Vēja bojājumu draudu klašu īpatsvars LVM mežsaimniecībās

Vēja bojājumu	AV	DK	DL	RV	VD	Z	ZK	ZL	Īp.
---------------	----	----	----	----	----	---	----	----	-----



	KODS_100	KODS_200	KODS_300	KODS_400	KODS_500	KODS_600	KODS_700	KODS_800	
<10	30,6	0,7	21,8	24,7	23,4	9,5	2,1	22,1	17,8
10,01-12,0	59,0	5,8	68,8	61,5	67,3	45,5	17,6	69,5	52,0
12,01-14,0	10,3	38,3	9,3	13,0	9,0	40,3	63,5	8,0	21,2
14,01-16,0	0,1	53,6	0,0	0,7	0,3	4,7	16,8	0,3	8,9
16,01<	0,00	1,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
Vidēji	10,5	14,0	10,7	10,7	10,7	11,8	12,9	10,7	11,4

Vēja bojājumu draudu noapaļotās vērtības ir ievades dati datorprogrammā ForestGale vēja režīma aprēķināšanai konkrētajā vietā. Tā kā mūsu iepriekšējie pētījumi neliecina, ka būtu prognozējamās būtiskas izmaiņas vēja režīmā, iespējams aprēķinos izmantot tikai šī brīža vēja bojājumu draudu vērtības vai – potenciālā riska mazināšanas piesardzības apsvērumu dēļ – aprēķināt vēja bojājumu draudus nākotnē, atbilstoši par 1 vienību palielinot šobrīd aprēķinātās vēja zonas rādītāju vērtības, jo pārējie apstākļi uzskatāmi par relatīvi nemainīgiem (reljefs, ekspozīcija utt.). Apsaimniekojot mežus, varētu mainīties augsnes aktīvo sakņu slāņa biezums, izmainot augsnes hidroloģisko režīmu. Veiktie pētījumi apstiprina jau agrāk zināmos faktus, ka Dienvidkurzeme ir ievērojami vairāk apdraudēta vējgāzēs un vējlauzēs nekā citas vietas Latvijā, taču aprēķini norāda uz to, ka arī Dienvidkurzemē ir „aizvēja salas”. Tālākajā pētījumu gaitā nepieciešams veikt aprēķinus par audžu apdraudētību un vēja radītu bojājumu risku dažādu meža apsaimniekošanas scenāriju gadījumā.

#### Vēja bojājumu riska pakāpes novērtējums atkarībā no mežaudzes parametriem

Izstrādājot „Teritorijas vēja bojājumu draudu klasifikāciju”, konstatēts, ka aprēķinātās *TVBDS* (Teritorijas vēja bojājumu draudu skalas) vērtības Latvijai ir robežās no 2 līdz 18. Vidējā vērtība ir 11 un standartnovirze 1,76. Izmantojot datorprogrammu *Forestgale 2.2*, aprēķināta vēja bojājumu riska pakāpe atbilstoši sekojošiem nosacījumiem: priežu audzes - IV, II un I bonitāte (3 gradācijas klases), sākotnējais biezums 5000 koki ha<sup>-1</sup>; egļu audzes - II un I bonitāte (2 gradācijas klases), sākotnējais biezums 2500 koki ha<sup>-1</sup>. Aprēķini abām koku sugām veikti 2 augšņu variantiem – minerālaugsnes ar vidēji dziļu sakņu horizontu (40-80cm) un seklās kūdras augsnes (līdz 40cm).

Vidējā koka ( $D_g$ ) vēja bojājuma varbūtība aprēķināta sekojošām vecuma grupām: 20 gadi, 40 gadi, 80 gadi; priedei – arī 100 gadi.

Modelētas sekojošas situācijas (turpmāk – piesliešanās veids) mežaudzei attiecībā uz tai blakus (valdošo vēju pusē) esošo nogabalu: 1) vēja pusē pieaudzis mežs, 2) svaigs 50m plats izcirtums, 3) svaigs 100m plats izcirtums. Mežaudzes apsaimniekošanas alternatīvas: 1) bez kopšanas, 2) kopšana aptuveni 40 gadu vecumā; 3) novēlota kopšana 10 gadus vēlāk nekā standarta kopšana.

Aprēķinātā audzes vēja bojājumu draudu klases saistītas ar vēja bojājumu atgriešanās perioda garumu:

Audzes vēja bojājumu draudu klase	Vēja bojājumu atkārtošanās periods
1	>100 gadi
2	100-50 gadi
3	50 līdz 33 gadi

4	33-20 gadi
5	20-10 gadi
6	<10 gadiem

Kopumā veiktie pētījumi apstiprina jau agrāk zināmos faktus, ka Dienvidkurzeme ir ievērojami vairāk apdraudēta vējgāzēs un vējlauzēs nekā citas vietas Latvijā, taču aprēķini norāda uz to, ka arī Dienvidkurzemē ir „aizvēja salas”.

Izvērtējot iegūtās modeļu prognozes, konstatēts, ka bojājumu draudu novērtējums līdzīgos apstākļos eglei ir zemāks nekā priedei. Šī nesakritība ar vispār pieņemto un konstatēto Latvijā, visticamākais, ir saistīta ar modelī ForestGales ietvertajiem algoritmiem, kā arī empīriskā materiāla apjomu, kas ir datorprogrammas vienādojumu pamatā. Taču nozīmīgs faktors noteikti ir arī tas, ka modeļu izstrādē ir izmantoti veseli koki, taču, kā zināms, Latvijā vidēji 23% no eglēm ir ar trupes pazīmēm, un trupējošo koku īpatsvars ir lielāks vecākās audzēs.

Nekoptās audzēs bojājumu draudu novērtējums daļā gadījumu ir zemāks nekā savlaicīgi izkoptās audzēs. Tas, visticamākais, saistīts ar “prognozēto” koku mijiedarbību, t.i., koku kolektīvo stabilitāti. Biezā audzē augošiem kokiem ir mazāki vainagi un sekojoši arī mazāks vēja iedarbībai eksponētās vainaga virsmas laukums.

Bojājumu draudu novērtējums II bonitātes priežu audzēs, sausieņu mežos

Piekļaušanās veids	Audzes kopšanas veids	Audzes bojājuma veids	Jaunaudze (20 gadi)					Vid. Vecuma audze (40 gadi)					Vid. Vecuma audze (60 gadi)					Briestaudze (80 gadi)					Pieaugusi audze (100 gadi)				
			Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)				
			10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18
Mežs	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	2	6	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6	1	1	4	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	3	6	1	1	1	6	6	1	1	2	6	6	1	1	1	5	6
	Savļaičīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	2	6	1	1	2	6	6	1	1	2	6	6	1	1	3	6	6
	Savļaičīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	4	6	1	1	1	3	6	1	1	1	3	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1	3	1	1	1	1	5
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	5	1	1	1	1	3	1	1	1	1	4
Izcirtums (50 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	3	6	6	6	1	5	6	6	6	1	4	6	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	2	6	6	6	1	2	6	6	6	1	1	6	6	6
	Savļaičīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	2	6	6	6	1	2	6	6	6	1	2	6	6	6
	Savļaičīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6	1	1	4	6	6	1	1	3	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	1	6	6	6	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6
Izcirtums (100 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	3	6	6	6	1	5	6	6	6	1	4	6	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	2	6	6	6	1	2	6	6	6	1	1	6	6	6
	Savļaičīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	2	6	6	6	1	2	6	6	6	1	2	6	6	6
	Savļaičīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6	1	1	4	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6	1	1	6	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	1	6	6	6	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6

Audzis vēja bojājumu draudu klase	Atgriešanās periods
1	>100 gadi
2	100-50 gadi
3	50 līdz 33 gadi
4	33-20 gadi
5	20-10 gadi
6	<10 gadiem

Bojājumu draudu novērtējums I bonitātes priežu audzēs, sausieņu mežos

Piekļaušanās veids	Audzes kopšanas veids	Audzes bojājuma veids	Jaunaudze (20 gadi)					Vid. Vecuma audze (40 gadi)					Vid. Vecuma audze (60 gadi)					Briestaudze (80 gadi)					Pieaugusi audze (100 gadi)				
			Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)				
			10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18
Mežs	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	2	6	6	1	1	6	6	6	1	1	6	6	6	1	2	6	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	2	6	6	1	1	4	6	6	1	1	3	6	6	1	1	3	6	6
	Savļaičīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6
	Savļaičīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	3	6	1	1	1	4	6	1	1	1	4	6	1	1	1	5	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	5	1	1	1	1	5	1	1	1	1	5
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	5	1	1	1	1	3	1	1	1	1	4
Izcirtums (50 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	5	1	4	6	6	6	1	6	6	6	6	1	6	6	6	6	1	6	6	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	5	1	4	6	6	6	1	4	6	6	6	1	2	6	6	6	1	2	6	6	6
	Savļaičīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	2	6	1	1	6	6	6	1	3	6	6	6	1	4	6	6	6	1	5	6	6	6
	Savļaičīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	2	5	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	5	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6	1	1	6	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	5	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6
Izcirtums (100 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	5	1	4	6	6	6	1	6	6	6	6	1	6	6	6	6	1	6	6	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	5	1	4	6	6	6	1	4	6	6	6	1	2	6	6	6	1	3	6	6	6
	Savļaičīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	2	5	1	2	6	6	6	1	3	6	6	6	1	4	6	6	6	1	5	6	6	6
	Savļaičīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	5	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	5	1	1	4	6	6	1	1	6	6	6	1	1	6	6	6	1	1	6	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	5	1	1	5	6	6	1	1	6	6	6	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6

Vēja bojājumu draudu klase	Atgriešanās periods
1	>100 gadi
2	100-50 gadi
3	50 līdz 33 gadi
4	33-20 gadi
5	20-10 gadi
6	<10 gadiem



Bojājumu draudu novērtējums IV bonitātes priežu audzēs, kūdreņos

Piekļaušanās veids	Audzes kopšanas veids	Audzes bojājuma veids	Jaunaudze (20 gadi)					Vid. Vecuma audze (40 gadi)					Vid. Vecuma audze (60 gadi)					Briestaudze (80 gadi)					Pieaugusi audze (100 gadi)				
			Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)				
			10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18
Mežs	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	6	1	1	1	5	6	1	1	1	4	6	
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	6	1	1	1	4	6	1	1	1	2	6	
	Savlaicīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	3	6	1	1	1	3	6	
	Savlaicīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	2	6	1	1	1	1	5	
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	
Izcirtums (50 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	6	6	1	1	6	6	6	1	1	5	6	6	
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	5	6	6	1	1	6	6	6	1	1	3	6	6	
	Savlaicīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6	1	1	4	6	6	
	Savlaicīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	6	6	1	1	4	6	6	1	1	2	6	6	
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	2	6	6	1	1	2	6	6	
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	6	6	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6
Izcirtums (100 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	6	6	1	1	6	6	6	1	1	5	6	6	
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	5	6	6	1	1	6	6	6	1	1	3	6	6	
	Savlaicīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6	1	1	4	6	6	
	Savlaicīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	6	6	1	1	4	6	6	1	1	2	6	6	
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	2	6	6	1	1	3	6	6	
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6

Vēja bojājumu draudu klase	Atgriešanās periods
1	>100 gadi
2	100-50 gadi
3	50 līdz 33 gadi
4	33-20 gadi
5	20-10 gadi
6	<10 gadiem



Bojājumu draudu novērtējums II bonitātē priežu audzēs, kūdreņos

Pieklaušanās veids	Audzes kopšanas veids	Audzes bojājuma veids	Jaunaudze (20 gadi)					Vid. Vecuma audze (40 gadi)					Vid. Vecuma audze (60 gadi)					Briestaudze (80 gadi)					Pieaugusi audze (100 gadi)						
			Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)					Vēja režīms (VBDS)						
			10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18		
Mežs	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	2	6	6	1	1	3	6	6	1	1	3	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	6	1	1	1	6	6	1	1	2	6	6	1	1	1	5	6	
	Savlaicīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	5	6	1	1	2	6	6	1	1	2	6	6	
	Savlaicīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	4	6	1	1	1	3	6	1	1	1	3	6	
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	4	
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	5	1	1	1	1	3	1	1	1	1	4	
Izcirtums (50 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	4	6	6	1	2	6	6	6	6	1	3	6	6	6	1	3	6	6	6	
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	2	6	6	6	1	2	6	6	6	1	1	6	6	6		
	Savlaicīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	3	6	6	1	1	6	6	6	1	1	6	6	6	1	1	6	6	6		
	Savlaicīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6	1	1	4	6	6	1	1	3	6	6		
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	2	6	6	1	1	4	6	6	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6		
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	1	6	6	6	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6		
Izcirtums (100 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	4	6	6	1	2	6	6	6	1	4	6	6	6	1	3	6	6	6			
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	2	6	6	6	1	2	6	6	6	1	1	6	6	6			
	Savlaicīga kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	3	6	6	1	1	6	6	6	1	2	6	6	6	1	2	6	6	6			
	Savlaicīga kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6	1	1	4	6	6			
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	2	6	6	1	1	5	6	6	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6			
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	5	6	6	1	1	6	6	6	1	1	5	6	6	1	1	5	6	6			

Vēja bojājumu draudu klase	Atgriešanās periods
1	>100 gadi
2	100-50 gadi
3	50 līdz 33 gadi
4	33-20 gadi
5	20-10 gadi
6	<10 gadiem





Bojājumu draudu novērtējums II bonitātes egļu audzēs, sausieņu mežos

Piekļaušanās veids	Audzes kopšanas veids	Audzes bojājuma veids	Jaunaudze (20 gadi)					Vid. Vecuma audze (40 gadi)					Briestaudze (60 gadi)					Pieaugusi audze (80 gadi)				
			Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)				
			10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18
Mežs	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	4	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	5
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Izcirtums (50 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	2	6	1	1	3	6	6	1	1	5	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	4	6	1	1	2	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	2	1	1	1	2	5	1	1	1	5	6	1	1	2	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	5	6	1	1	2	6	6
Izcirtums (100 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	2	6	1	1	3	6	6	1	1	6	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	5	6	1	1	2	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	2	1	1	1	1	5	1	1	1	6	6	1	1	3	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	5	6	1	1	3	6	6

Vēja bojājumu draudu klase	Atgriešanās periods
1	>100 gadi
2	100-50 gadi
3	50 līdz 33 gadi
4	33-20 gadi
5	20-10 gadi
6	<10 gadiem

Bojājumu draudu novērtējums I bonitātes egļu audzēs, sausieņu mežos

Piekļaušanās veids	Audzes kopšanas veids	Audzes bojājuma veids	Jaunaudze (20 gadi)					Vid. Vecuma audze (40 gadi)					Briestaudze (60 gadi)					Pieaugusi audze (80 gadi)				
			Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)				
			10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18
Mežs	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	5	6	1	1	2	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	6	1	1	1	3	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Izcirtums (50 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	3	1	1	2	6	6	1	2	6	6	6	1	3	6	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	3	1	1	1	5	6	1	1	3	6	6	1	1	3	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	3	6	6	1	1	2	6	6
Izcirtums (100 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	3	1	1	2	6	6	1	2	6	6	6	1	3	6	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	3	1	1	1	6	6	1	1	4	6	6	1	1	4	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	4	6	6	1	1	3	6	6

Vēja bojājumu draudu klase	Atgriešanās periods
1	>100 gadi
2	100-50 gadi
3	50 līdz 33 gadi
4	33-20 gadi
5	20-10 gadi
6	<10 gadiem



Bojājumu draudu novērtējums II bonitātes egļu audzēs, kūdreņos

Piekļaušanās veids	Audzes kopšanas veids	Audzes bojājuma veids	Jaunaudze (20 gadi)					Vid. Vecuma audze (40 gadi)					Briestaudze (60 gadi)					Pieaugusi audze (80 gadi)				
			Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)				
			10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18
Mežs	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	3	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	5
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Izcirtums (50 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	2	5	1	1	2	6	6	1	1	5	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	4	6	1	1	2	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	5	6	1	1	1	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	5	6	1	1	2	6	6
Izcirtums (100 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	2	6	6	1	1	5	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	5	6	1	1	2	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	5	6	1	1	2	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	5	6	1	1	3	6	6

Vēja bojājumu draudu klase	Atgriešanās periods
1	>100 gadi
2	100-50 gadi
3	50 līdz 33 gadi
4	33-20 gadi
5	20-10 gadi
6	<10 gadiem

Bojājumu draudu novērtējums I bonitātes egļu audzēs, kūdreņos

Piekļaušanās veids	Audzes kopšanas veids	Audzes bojājuma veids	Jaunaudze (20 gadi)					Vid. Vecuma audze (40 gadi)					Briestaudze (60 gadi)					Pieaugusi audze (80 gadi)				
			Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)					Vēja režīms (DAMS)				
			10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18
Mežs	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	5	6	1	1	1	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	6	1	1	1	3	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Izcirtums (50 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	2	1	1	1	5	6	1	1	6	6	6	1	2	6	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	2	1	1	1	5	6	1	1	2	6	6	1	1	2	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	3	6	6	1	1	2	6	6
Izcirtums (100 m)	10 gadus nokavēta kopšana	izgāzta audze	1	1	1	1	2	1	1	1	5	6	1	1	6	6	6	1	2	6	6	6
	10 gadus nokavēta kopšana	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	4	6	6	1	1	5	6	6
	Nekopta audze	izgāzta audze	1	1	1	1	2	1	1	1	5	6	1	1	3	6	6	1	1	3	6	6
	Nekopta audze	nolauzta audze	1	1	1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	4	6	6	1	1	3	6	6

Vēja bojājumu draudu klase	Atgriešanās periods
1	>100 gadi
2	100-50 gadi
3	50 līdz 33 gadi
4	33-20 gadi
5	20-10 gadi
6	<10 gadiem

Simulācijā izmantoto audžu taksācijas rādītāji

Priežu audzes

	Audzes kopšanas veids	20 gados			40 gados			60 gados			80 gados			100 gados		
		H, m	D, m	N ha-1	H, m	D, m	N ha-1	H, m	D, m	N ha-1	H, m	D, m	N ha-1	H, m	D, m	N ha-1
P 4	10 gadus nokavēta kopšana	7.3	0.07	4386	8.6	0.09	4057	13.0	0.14	1538	15.8	0.19	902	17.3	0.23	730
	Savlaicīga kopšana	7.3	0.07	4386	8.6	0.09	2954	13.0	0.15	1303	15.8	0.20	845	17.3	0.24	689
	Nekopta audze	7.3	0.07	4386	8.6	0.09	4057	13.0	0.13	2922	15.8	0.16	2311	17.3	0.18	1975
P 2	10 gadus nokavēta kopšana	6.6	0.07	4565	13.5	0.14	1826	18.5	0.23	678	21.9	0.30	451	23.7	0.35	376
	Savlaicīga kopšana	6.6	0.07	4565	13.5	0.16	1206	18.5	0.25	604	21.9	0.33	410	23.7	0.38	343
	Nekopta audze	6.6	0.07	4565	13.5	0.13	2829	18.5	0.19	1765	21.9	0.25	1257	23.7	0.28	995
P 1	10 gadus nokavēta kopšana	9.5	0.10	3858	17.4	0.19	995	23.1	0.31	413	26.8	0.41	287	28.8	0.46	243
	Savlaicīga kopšana	9.5	0.10	3265	17.4	0.23	668	23.1	0.36	353	26.8	0.46	253	28.8	0.51	216
	Nekopta audze	9.5	0.10	3858	17.4	0.18	1993	23.1	0.26	1149	26.8	0.33	850	28.8	0.36	751

Egļu audzes

	Audzes kopšanas veids	20 gados			40 gados			60 gados			80 gados		
		H, m	D, m	N ha-1	H, m	D, m	N ha-1	H, m	D, m	N ha-1	H, m	D, m	N ha-1
E 2	10 gadus nokavēta kopšana	7.50	0.09	2427	12.60	0.15	2204	17.70	0.24	875	21.30	0.30	578
	Nekopta audze	8.30	0.10	2741	12.66	0.15	2475	17.76	0.20	1858	21.28	0.24	1491
E 1	10 gadus nokavēta kopšana	9.50	0.12	2311	16.24	0.20	1313	22.24	0.31	512	26.10	0.39	361
	Nekopta audze	8.50	0.10	2713	16.28	0.18	2047	22.28	0.25	1392	26.28	0.31	1082

## 9. Meteoroloģisko apstākļu ietekme uz degmateriāla un augsnes mitruma izmaiņām

Pārskata periodā saskaņā ar darba uzdevumu veikta datu ievākšana par nedzīvā materiāla (augšņu virskārta, nobiras, neliela izmēra nokaltuši koki) mitruma izmaiņām veģetācijas periodā novērojumu punktos mežaudzēs un kontrolēta mitruma apstākļos. Iegūtie rezultāti izmantoti vairāku ugunsbīstamības indeksu parēķināšanā, tomēr detalizētu pieeju, raksturojot ugunsbīstamības izmaiņas prognozēto klimata izmaiņu ietekmē, saskaņā ar projektā plānu paredzēts izstrādāt nākamajā pārskata periodā.

Līdz šim Latvijā ugunsbīstamības novērtējumam izmantots 1968.g. PSRS Hidrometeocentra izstrādātais kompleksais ugunsbīstamības rādītājs, kurš ir pārveidots agrāk izmantotais Ņesterova 1939.g. izstrādātais ugunsbīstamības indekss. Daudzviet pasaulē šo pārveidoto indeksu dēvē par Ņesterova indeksu (NI). Ņesterova indeksa vērtību nosaka 3 rādītāji – temperatūra, rasas punkta temperatūra un nokrišņu daudzums iepriekšējā diennaktī. Tomēr virkne pētījumu liecina, ka žūšanas process ir atkarīgs arī no citiem rādītājiem, piemēram, vēja ātruma, kā arī no degmateriāla (ar to saprotot dažāda lieluma organiskās daļas gan augsnē, gan uz tās, piemēram, nobiras) īpašībām (blīvuma, novietojuma, sākotnējā mitruma u.c.).

$$NI = \sum_{i=1}^{WF} T_i * (T_i - D_i) \quad (9.1)$$

kur:

$NI$  = Ņesterova indekss;

$W$  = dienu skaits kopš lietus > 3mm;

$T_i$  =  $i$ -tās dienas pusdienas laika  $t$  (°C);

$D_i$  =  $i$ -tās dienas rasas punkta  $t$  (°C).

Atbilstoši oficiālajai metodikai, Ņesterova indeksu sāk uzskaitīt pavasarī pēc sniega nokušanas, kad temperatūra paceļas virs 0°C, un turpina summēt, līdz nokrišņu daudzums diennakts laikā pārsniedz 3mm. Ja lietus daudzums pārsniedz 3mm diennaktī, Ņesterova indeksa vērtību pieņem kā atbilstošu 0. Beidz skaitīt rudenī, kad  $T < 0$  °C. Šajā pētījumā NI vērtības uzskaitītas no 01.marta līdz 31.oktobrim.

Meteoroloģisko apstākļu noteiktā ugunsbīstamība dalīta 9.1.tabulā aprakstītajās klasēs.

### 9.1.tabula

Meža ugunsbīstamības kompleksā rādītāja klases (Roga, 1979)

Meža ugunsbīstamības klase	Meža ugunsbīstamība	
	Vasaras pirmā puse (IV, V, VI)	Vasaras otra puse (VII, VIII, IX)
I klase (0-300)	zema	nav
II klase (301-1000)	vidēja	zema
III klase 1001-4000)	augsta	vidēja
IV klase (4001-1000)	sevišķi augsta	augsta



V klase (10000<)	ārkārtēja	sevišķi augsta
		ārkārtēja, ja 15000<

2012.gadā pētījuma ietvaros konstatēts, ka Nesterova indekss labi korelē ar I un II ugunsbīstamības klases meža zemju augsnes virskārtas mitrumu, bet tam ir zema korelācija ir dziļāko organisko slāņu mitrumu, kā arī zemākas ugunsbīstamības meža zemju virskārtas mitrumu, tādēļ 2013.gadā ievākts papildus materiāls un pārbaudīti arī citi indeksi:

Modificētais Nesterova indekss;  
Modificētais Portugāles indekss.

Modificētais Nesterova indekss izteikts ar sekojošu sakarību;

$$MNI = K \sum_{i=1}^W T_i * (T_i - D_i) \quad (9.2)$$

kur:

$MNI$  = Modificētais Nesterova indekss;

$W$  = dienu skaits kopš lietus > 19mm;

$T_i$  =  $i$ -tās dienas pusdienas laika  $t$  ( $^{\circ}C$ );

$D_i$  =  $i$ -tās dienas rāsas punkta  $t$  ( $^{\circ}C$ ).

$K_i$  – vērtības no 9.2. tabulas, kuras ir atkarīgas no lietus daudzuma iepriekšējā dienā.

9.2.tabula

Koeficienta  $K$  vērtības

Nokrišņi (mm)	0	0,1-0,9	1,0-2,9	3,0-5,9	6,0-14,9	15,0-19,0	>19
$K$	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0

9.3.tabula

Meža ugunsgrēka risks atkarībā no modificētā Nesterova indeksa

Uguns riska līmenis	Modificētais Nesterova indekss	Meža ugunsgrēka risks
I	100 – 1000	ļoti zems
II	1001 – 2500	zems
III	2501 – 5 000	vidējs
IV	5 001 – 10 000	augsts
V	> 10 000	ekstrēms

Modificētais Portugāles indekss, kas veidots uz Nesterova indeksa pamata, izteikts ar sekojošu sakarību:

$$PI = r \sum_{k=1}^{i-1} I(k) + T_i * (T_i - D_i) \quad (9.3)$$

kur:

$PI$  = Portugāles indekss;

$T_i$  =  $i$ -tās dienas pusdienas laika  $t$  ( $^{\circ}C$ );

$D_i$  =  $i$ -tās dienas rāsas punkta  $t$  ( $^{\circ}C$ ).

$r$  – koeficients atkarībā no nokrišņu daudzuma iepriekšējā dienā ( $k$ ), kura vērtības ir 9.4. tabulā.

#### 9.4.tabula

Koeficienta r vērtības

Nokrišņi (mm)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-10	10<
r	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1

Papildus materiāls ievākts jau 2012. gadā ierīkotajos pētījumu objektos 3 dažādās Latvijas vietās – Piejūras zemienē (Mazirbe), Ventaszemē (Ugāle) un Austrumzemgalē (Vecumnieki).

Meteoroloģiskie rādītāji novērtēti, izmantojot pārvietojamās meteostacijas *Vantage Pro2*, kuras uzstādītas atklātā vietā (vismaz 100m attālumā no dabiskiem vai mākslīgiem šķēršļiem). Iegūti sekojoši meteoroloģiskie rādītāji: gaisa temperatūra, relatīvais mitrums, vēja ātrums (10m augstumā), nokrišņu (lietus) daudzums.

Audzes izvēlētas atbilstoši sekojošiem nosacījumiem:

atrodas ne tālāk par 2,5 km (pa gaisa līniju) no meteostacijas;

pārstāv dažādus meža tipus un dažādas degamības klases, valdošā suga priede, egle, bērzs, apse;

Objektu sadalījums pa ugunsbīstamības klasēm un valdošajām sugām atspoguļots 9.5.tabulā, bet sadalījums pa meža tiptiem un ugunsbīstamības klasēm 9.6.tabulā.

#### 9.5.tabula

Parauglaukumu skaits sadalījumā pa ugunsbīstamības klasēm un valdošajām sugām

Valdošā suga	Ugunsbīstamības klase								Kopā
	I	I/II*	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
Priede	3	4	6	5	3	12	3	2	38
Egle			4			5	3		12
Bērzs			2			7	1		10
Apse							1		1
Izcirtums			1		2	4	1		8
Kopā	3	4	13	5	5	28	9	2	69

\* 1.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem, 2.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumos norādītās meža tipu klasifikācijas

#### 9.6.tabula

Parauglaukumu skaits sadalījumā pa ugunsbīstamības klasēm un meža tiptiem

Meža tips	Ugunsbīstamības klase								Kopā
	I	I/II*	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
As			6			10			16
Dm			3			9			12
Dms				3			2		5
Km			2			3			5
Ks			2			6			8

Mr		4			5				9
Mrs				2			2		4
Nd								2	2
Sl	3								3
Vr							5		5
Kopā	3	4	13	5	5	28	9	2	69

\* 1.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem 02.17.2004. Nr.82), 2.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumos meža tipu klasifikācijas.

Parauglaukumos novērtēts:

augšnes mitrums, izmantojot augšnes mitruma mērītāju (*Soil moisture meter*), katrā uzņēmēšanas reizē parauglaukumā vismaz 2 vietās. Katrā parauglaukumā novērtējums veikts vismaz 10 (10-15) reizes sezonā 2012.gadā un 18 (16-22) reizes sezonā 2013.gadā. nobiru un zemesdzīves mitrums, izmantojot DMM600 (*Duff moisture meter*) CAMPBELL SCIENTIFIC atbilstoši rokasgrāmatā norādītajai metodikai. Mitrums mērīts augšnes virskārtā 0-2 cm (ieskaitot nobiras), 2-5 cm dziļumā (daļēji sadalījušos nobiru slānis) un 5-10 cm dziļumā (humusa slānis jeb „trūdzemes”). Mērījumi katrā parauglaukumā katrā mērīšanas dienā veikti vismaz 2 atkārtojumos. Mērījumi veikti katrā objektā 4-5 reizes sezonā 2012.gadā, un vidēji 4-5 (1-10) reizes sezonā 2013.gadā.

iepriekšējā gadā nozāģētu koksnes paraugu (priedes stumbra nogrieznis bez mizas apmēram 1m garumā, ar caurmēru 6-8 cm) mitrums, izmantojot koksnes mitruma mērītāju *Wood Moisture meter* T500. Koksnes paraugi novietoti uz zemesdzīves parauglaukuma centra tuvumā. Mērījumi veikti 11-15 reizes sezonā 2012.gadā un 17 (16-20) reizes sezonā 2013.gadā.

papildus iepriekš plānotajam, lai raksturotu sniega izkušanas rezultātā izveidojušos ūdens daudzumu pavasarī, Ugālē un Mazirbē katrā parauglaukumā 5 punktos noteikts sniega segas biezums un tās blīvums;

papildus iepriekš plānotajam, lai raksturotu gaismas apstākļus un to saikni gan ar sniegā esošā ūdens daudzumu, gan tiešās saules radiācijas piekļuvi degmateriālam, divas reizes sezonā (lapotā un bezlapotā stāvoklī) piecos punktos katrā parauglaukumā veikta gaismas uzņēmēšana, izmantojot fotoaparātu Nikon Coolpix 8400 ar platleņķa (fish-eye) fotoobjektīvu (FC-E9) un iegūtos attēlus analizējot ar datorprogrammu WinSCANOPY O-Mount.

kontrolētos mitruma apstākļos veikts nedzīvā materiāla mitruma izmaiņu novērtējums, lai nodrošinātu papildus datus nokrišņu un ugunsbīstamības saiknes raksturošanai

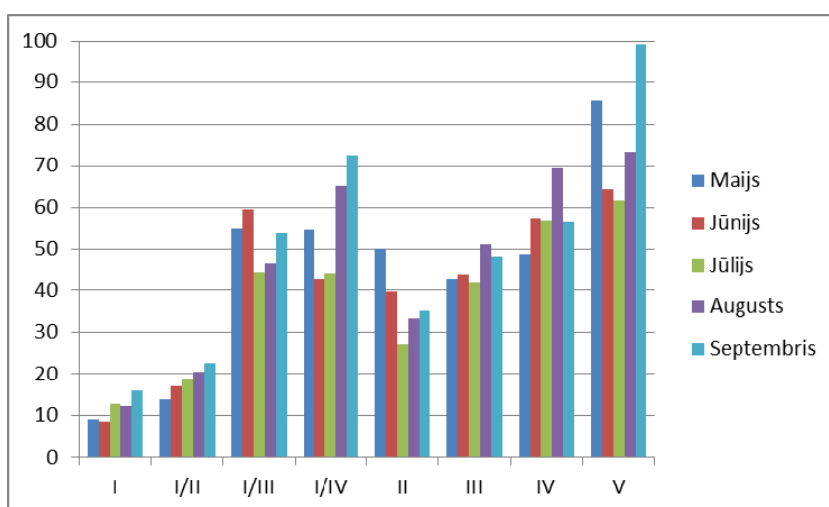
#### Ugunsbīstamības raksturojums

Vidējais augšnes virskārtas mitrums atšķiras dažādās ugunsbīstamības klasēs. Mežaudzēs silā un jaunaudzēs lānā, mētrājā, viršu ārenī un viršu kūdrenī augšnes virskārtas mitrums ir būtiski zemāks nekā pārējās ugunsbīstamības klasēs. Savukārt skujkoku jaunaudzēs III un IV ugunsbīstamības meža tipos augšnes virskārtas mitrums ir līdzīgs III un IV ugunsbīstamības meža tipu mitrumam, nevis I ugunsbīstamības klases mitrumam (9.7.tab., 9.1.att.).

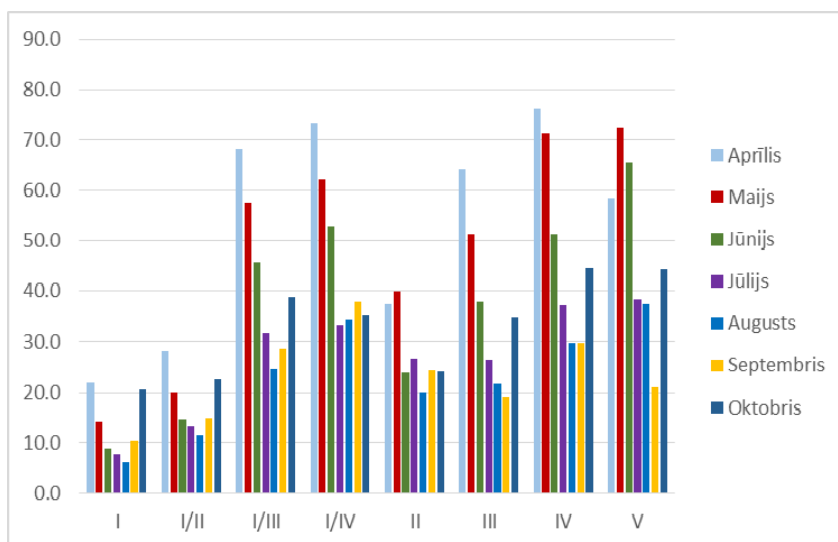
9.7. tabula

Vidējais augsnes mitrums pa mēnešiem un ugunsbīstamības klasēm (%)

Gads	Mēnesis	Meža ugunsbīstamības klase								
		I	I/II	I/III	I/IV	II	III	IV	V	vidēji
2012	Maijs	8,9	13,8	54,9	54,7	50,2	42,6	48,7	85,5	44,7
	Jūnijs	8,6	17,0	59,6	42,8	39,7	43,7	57,4	64,1	45,6
	Jūlijs	12,7	18,7	44,4	44,4	27,1	41,7	56,7	61,5	41,7
	Augusts	12,1	20,5	46,7	65,0	33,4	51,3	69,4	73,5	49,7
	Septembris	15,9	22,5	53,9	72,6	35,2	48,3	56,6	99,3	49,0
	Oktobris						43,0			43,0
	Vidēji	11,5	18,5	51,9	52,1	36,1	45,6	59,9	70,1	45,9
2013	Aprīlis	21,8	28,2	68,3	73,3	37,5	64,3	76,3	58,4	58,0
	Maijs	14,0	20,0	57,6	62,4	40,0	51,4	71,3	72,6	51,5
	Jūnijs	9,0	14,6	45,7	52,8	23,9	37,7	51,5	65,6	39,5
	Jūlijs	7,7	13,1	31,6	33,4	26,5	26,4	37,3	38,3	27,7
	Augusts	5,9	11,5	24,6	34,2	20,1	21,6	29,7	37,5	22,9
	Septembris	10,2	14,8	28,5	37,9	24,3	19,1	29,7	21,0	22,4
	Oktobris	20,6	22,6	38,9	35,1	24,1	34,8	44,8	44,4	34,6
	Vidēji	11,0	16,8	42,3	48,8	29,3	35,6	49,2	54,9	36,9



2012. gads



### 2013. gads

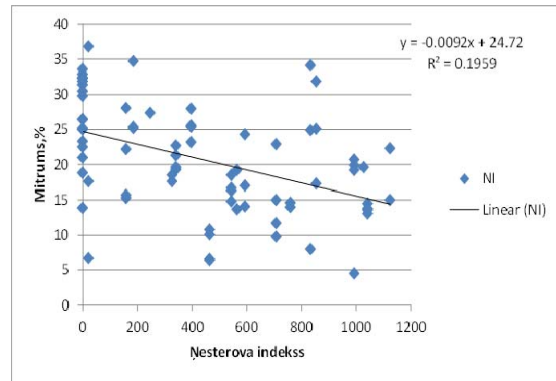
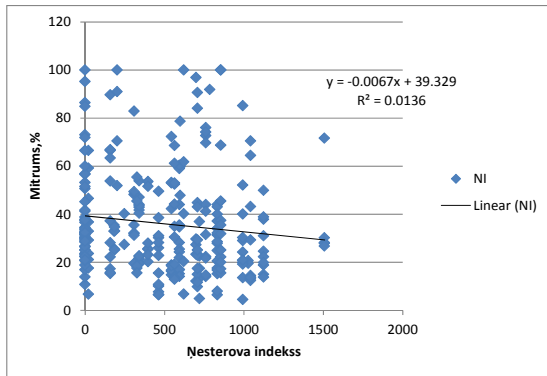
Ugunsbīstamības klase: 1.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem Nr.82 no 17.02.2004., 2.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem, ņemot vērā tikai meža tipu.

9.1.attēls. Augsnes virskārtas mitrums (%) dažādās ugunsbīstamības parauglaukumos 2012. un 2013.gadā.

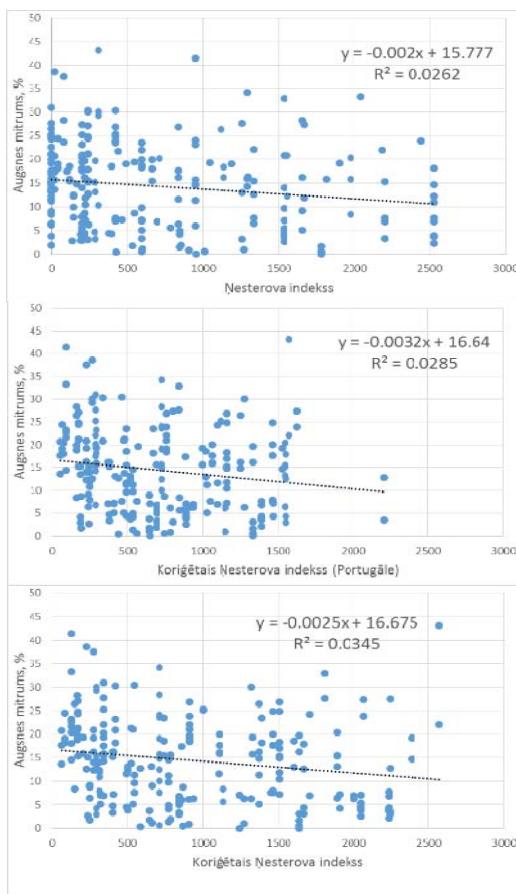
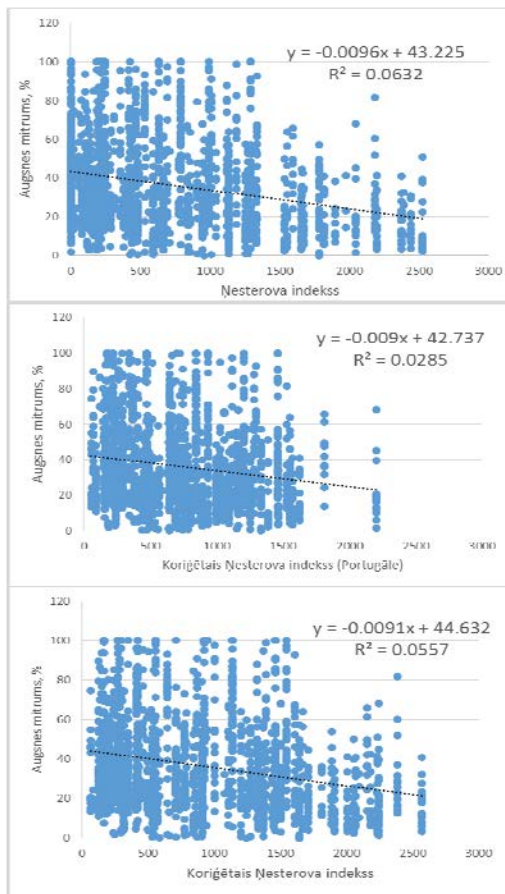
Gan 2012. gadā, gan 2013. gadā I un I/II ugunsbīstamības klases parauglaukumos augsnes mitrums ir būtiski ( $p < 0,001$ ) zemāks nekā pārējās ugunsbīstamības klasēs (dispersijas analīzē, veicot gradācijas klašu salīdzināšanu, izmantots Tjukija tests (*Tukey HSD*)).

### Augsnes mitrums un ugunsbīstamība pēc Nesterova indeksa

2012. gadā, NI mainoties no 0 līdz 1500, augsnes virskārtas mitruma un Nesterova indeksa vērtību kopsakarība ir relatīvi vāja ( $r = -0,11$ ). I un II ugunsbīstamības klases parauglaukumiem aprēķinātā NI sakarība jau ir ievērojami ciešāka:  $r = -0,44$  (9.2.att.). Tomēr arī tā izskaidro tikai 19% no datu izkliedes. Arī 2013. gadā, kad NI mainās no 0 līdz 2500, augsnes virskārtas mitruma un Nesterova indeksa vērtību kopsakarības ir relatīvi vājas ( $r = -0,25$ ). Aprēķinātā NI sakarība I un II ugunsbīstamības klases parauglaukumiem ( $r = -0,16$ ) ir ievērojami vājāka nekā 2012. gadā. Nedaudz augstākas korelācijas vērtības ir koriģētajam Portugāles indeksam:  $r = -0,17$  līdz  $-0,19$ . KONstatēts, ka I un II ugunsbīstamības klases audzēs augsnes virskārtas mitrums nepārsniedza 40%, tajā pašā laikā citās ugunsbīstamības klasēs mitrums sasniedza arī 100%.



a b  
 9.2.attēls. Sakarības starp augsnes virskārtas mitrumu un Ņesterova indeksa vērtībām visos objektos 2012.g. (a) un I un II ugunsbīstamības klases audzēs pēc meža tipa 2012.g. (b).



a b  
 9.3.attēls. Augsnes virskārtas mitruma sakarība ar Ņesterova indeksa, koriģētā Ņesterova indeksa (Portugāle), koriģētā Ņesterova indeksa vērtībām visos objektos 2013.g. (a) un I un II ugunsbīstamības klases audzēs klasificējot pēc meža tipa 2013.g. (b).

Mitruma izmaiņas nobirās, zemsedzē un augsnes humusa slānī

Salīdzinot mitruma daudzumu dažādos dziļumos (virsējais nobiru slānis, daļēji sadalījušos nobiru slānis 2-5 cm dziļumā un vidēja „trūdzeme” 5-10 cm dziļumā), gan 2012.gadā, gan 2013.gadā var konstatēt līdzīgas sakarības: I un II klasē mitruma daudzums ir mazāks nekā pārējās ugunsbīstamības klasēs, bet III un IV ugunsbīstamības klases meža tipos arī skujkoku jaunaudzēs nobiru un humusa slāņa mitrums ir līdzīgāks kategorijai, kura noteikta atbilstoši meža tipam, nevis I klases ugunsbīstamības meža tiptiem (9.4.att., 9.8.tab., 9.9.tab.).

9.8.tabula

Vidējais nobiru, daļēji sadalījušos nobiru un trūdzemes slāņa mitrums 2012.gadā

Mēnesis	Ugunsbīstamības klase								Vidēji
	I	I/II	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
Vidējais nobiru slāņa mitrums, %									
Aprīlis	3,2	6,0	15,8	17,4		12,2	23,0	13,7	13,0
Maijs	4,3	6,3	11,1	12,2	0,7	7,6	20,6		9,0
Jūnijs	6,4	10,8	24,0	15,3	23,4	14,0	12,5	9,3	15,0
Jūlijs	12,1	12,9	19,7	28,4	12,4	15,4	23,5	27,7	18,6
Augusts	22,8	20,7	27,0	40,2	22,7	20,6	31,9	45,8	26,6
Septembris	23,0	8,5	30,8		27,0	17,0	32,5		22,1
Vidēji	12,3	13,5	21,9	26,2	15,6	15,7	23,5	28,2	18,9
Vidējais daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums, %									
Aprīlis	20,0	24,3	41,1	46,8		30,1	42,3	50,3	36,4
Maijs	14,2	12,5	27,9	35,4	7,6	25,4	49,7		25,5
Jūnijs	11,5	17,6	37,3	35,5	20,8	24,6	28,9	28,0	27,2
Jūlijs	25,3	23,7	36,9	40,8	23,3	28,2	41,0	46,7	32,6
Augusts	25,6	29,2	38,2	47,9	27,9	30,3	47,6	51,2	35,8
Septembris	22,0		41,1		37,0	26,0	41,5		31,8
Vidēji	20,5	22,3	36,6	41,6	22,6	27,8	41,8	45,8	31,9
Vidējais trūdzemes slāņa mitrums, %									
Aprīlis	43,0	24,4	49,4	50,7		42,1	56,0	59,7	46,2
Maijs	23,1	25,1	37,5	44,7	30,7	36,9	53,7		37,0
Jūnijs	16,1	23,8	42,6	43,3	27,9	30,8	43,8	47,0	34,8
Jūlijs	24,2	25,1	43,0	49,0	34,0	35,6	48,8	53,7	39,2
Augusts	26,5	30,4	44,5	50,2	32,4	37,0	55,0	58,5	40,8
Septembris			47,9		37,0	29,8	50,5		37,6
Vidēji	23,0	26,4	43,3	47,6	32,2	35,3	50,8	55,0	38,9



9.9.tabula

Vidējais nobiru, daļēji sadalījušos nobiru un trūdzemes slāņa mitrums 2013.gadā

Mēnesis	Ugunsbīstamības klase								Vidēji
	I	I/II	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
Vidējais nobiru slāņa mitrums, %									
Aprīlis	25,7	21,8		34,8		11,0			27,3
Maijs	11,6	8,9	18,8	19,1	10,2	16,3	29,8	48,8	17,9
Jūnijs	5,3	5,4	22,3	23,0	1,9	12,2	27,6	46,8	17,4
Jūlijs	11,0	13,4	22,6	14,4	2,2	16,1	27,8	35,7	16,6
Augusts	4,8	4,2	13,3	21,4	3,3	9,5	16,8	32,0	11,6
Septembris	14,5	11,0	15,0	29,8	30,0	11,4	28,8		16,0
Oktobris	36,3	38,8	44,1	43,7	36,7	35,8	38,7	56,0	40,3
Vidēji	11,9	11,7	21,8	23,4	10,7	15,4	28,2	45,3	18,6
Vidējais daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums, %									
Aprīlis	35,3	33,8		48,5		40,3			41,4
Maijs	27,1	22,9	40,8	44,5	30,9	34,5	52,8	56,3	37,4
Jūnijs	24,2	22,2	41,4	39,2	11,8	28,5	50,6	55,5	34,6
Jūlijs	17,2	21,4	29,3	32,4	9,7	20,1	42,0	41,3	25,3
Augusts	14,6	13,9	21,7	34,8	12,6	15,7	31,8	37,0	20,8
Septembris	16,2	20,1	23,7	37,3	30,5	17,5	31,0		21,9
Oktobris	39,7	36,5	44,9	44,6	29,3	37,1	48,2	55,7	41,1
Vidēji	22,4	22,4	36,5	39,5	22,8	27,2	47,0	51,5	31,7
Vidējais trūdzemes slāņa mitrums, %									
Aprīlis	35,7	38,0		52,5		38,0			44,7
Maijs	34,3	31,1	47,1	50,9	40,2	43,0	57,4	58,6	45,3
Jūnijs	29,8	29,8	46,6	46,0	24,8	37,8	56,8	56,7	42,5
Jūlijs	17,3	23,4	32,8	41,7	16,4	24,4	51,6	50,7	32,0
Augusts	9,5	14,5	27,6	42,0	17,7	18,8	43,9	47,0	26,5
Septembris	9,0	25,5	25,0	43,8	33,0	18,7	39,0		25,1
Oktobris	14,0	21,3	43,8	42,4	27,2	33,2	48,0	58,3	38,1
Vidēji	23,0	26,2	41,0	45,8	30,9	33,3	53,0	55,5	38,1

Veicot vienfaktora dispersijas analīzi, konstatēts, ka pastāv statistiski būtiskas atšķirības starp nobiru slāņa mitrumu dažādās degamības klasēs ( $p < 0,001$ ), un, izmantojot Tjukija testu, konstatēts, ka būtiskas atšķirības ir starp V klasi un I, I/II, II, III klasēm (9.10.tab.).

9.10.tabula

Homogēnās degamības grupas pēc virsējo nobiru slāņa mitruma ( $p < 0,05$ ; Tjukija tests)

Ugunsbīstamības klase	Vidējais nobiru slāņa mitrums, %	Degamības grupas	
		1	2
II	14,05	****	
I/II	14,79	****	

Ugunsbīstamības klase	Vidējais nobiru slāņa mitrums, %	Degamības grupas	
		1	2
I	15,60	****	
III	16,04	****	
I/III	22,68	****	****
I/IV	26,60	****	****
IV	28,25	****	****
V	43,86		****

Vidēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums starp I; I/II; II, III un I/III, I/IV; IV; V ugunsbīstamības klasēm atšķiras būtiski (9.11.tab.).

#### 9.11.tabula

Homogēnās degamības grupas pēc daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitruma ( $p < 0,05$ ; Tjukija tests)

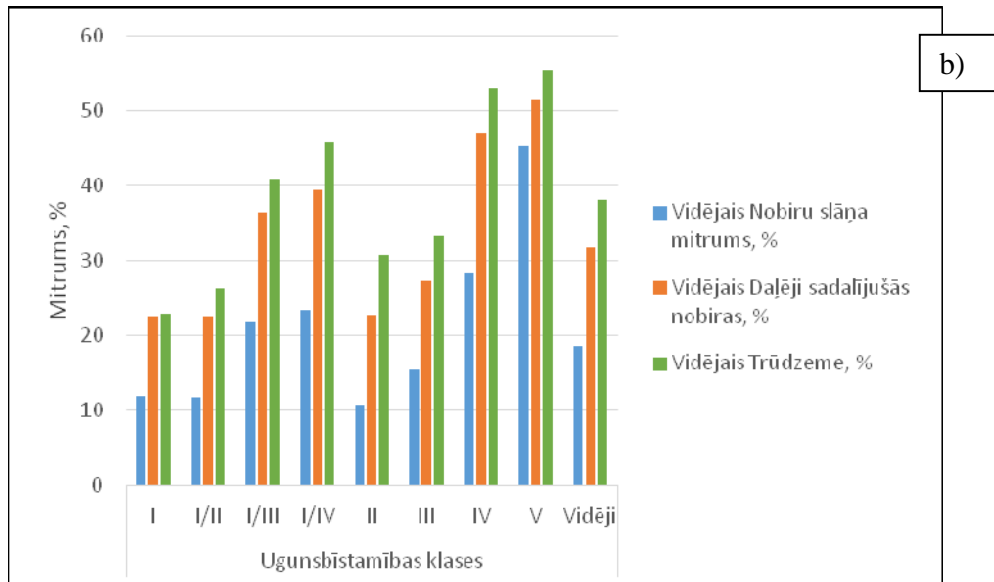
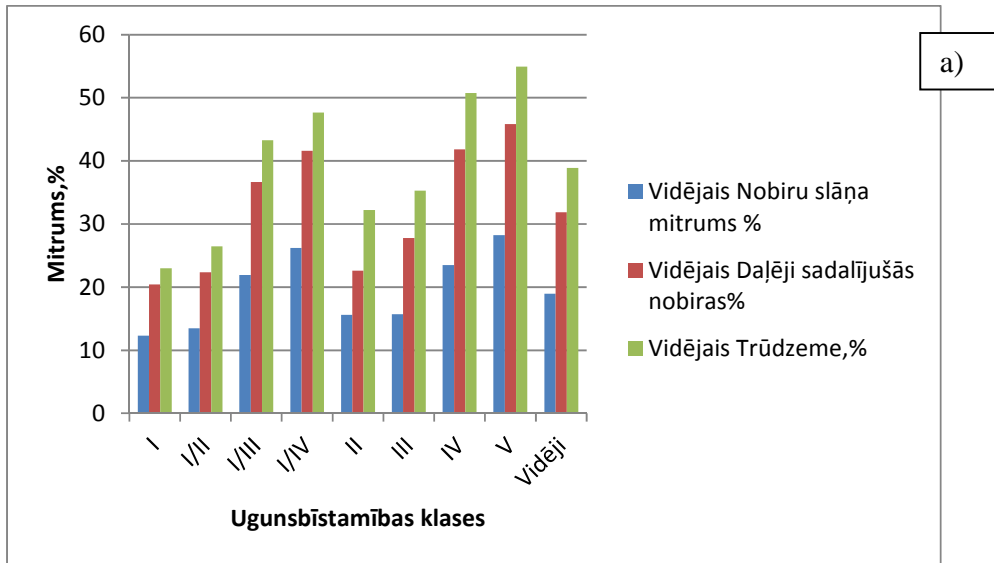
Ugunsbīstamības klase	Vidējais daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums, %	Degamības grupas			
		1	2	3	4
II	20,80	****			
I/II	24,40	****			
I	24,90	****	****		
III	27,67	****	****	****	
I/III	33,63	****	****	****	****
I/IV	40,19		****	****	****
IV	42,73			****	****
V	49,16				****

Trūdzemes slāņa mitrums starp I, I/II, II, III un I/III, I/IV, IV, V klasēm atšķiras būtiski (9.12.tab.).

#### 9.12.tabula

Homogēnās degamības grupas pēc trūdzemes slāņa mitruma ( $p < 0,05$ ; Tjukija tests)

Ugunsbīstamības klase	Vidējais trūdzemes slāņa mitrums, %	Degamības grupas		
		1	2	3
I	21,37	****		
I/II	26,23	****	****	
II	26,55	****	****	
III	30,56	****	****	
I/III	37,15		****	****
I/IV	45,61			****
IV	49,45			****
V	55,33			****

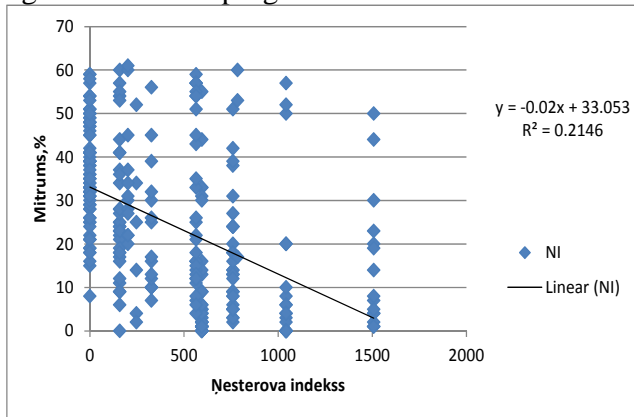


9.4.attēls. Vidējais mitruma daudzums dažādos slāņos dažādu ugunsbīstamības klašu parauglaukumos 2012.gadā (a) un 2013.gadā (b).

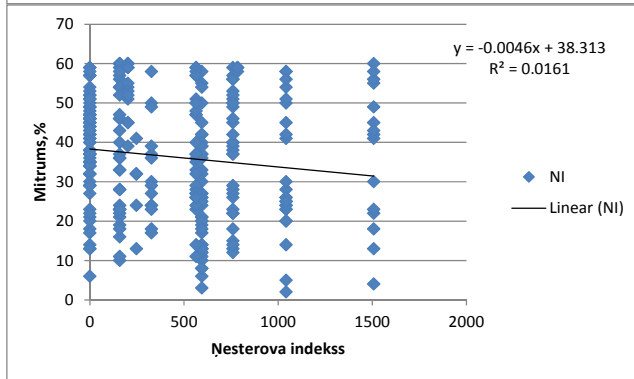
Sakarība starp Nesterova indeksu un virsējo nobiru slāņa mitrumu 2012. gadā ir negatīva un vidēji cieša:  $r=-0,46$ . Savukārt dziļākos slāņos šī sakarība ir ievērojami vājāka – daļēji sadalījušos nobiru slānim mitruma korelācija ar NI:  $r=-0,13$ , bet humusa slānim, kas atrodas 5-10cm dziļumā:  $r=0,01$  (9.5. att.).

Sakarība 2013. gadā starp virsējo nobiru slāņa mitrumu un Nesterova indeksu ir negatīva un vāja (9.6.att.):  $r=-0,39$ . Daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitruma korelācija ar NI arī ir samērā vāja:  $r=-0,38$ , bet humusa slānim tā ir  $r=-0,26$ . Portugāles indeksam attiecīgās korelācijas koeficienta vērtības ir  $r=-0,31$ ;  $-0,39$  un  $-0,12$  (nobiru slānis; daļēji sadalījušos nobiru slānis un trūdzemes slānis), bet koriģētajam Nesterova indeksam attiecīgi  $r=-0,36$ ;  $-0,39$  un  $-0,20$ . Tādējādi secināms, ka Nesterova indekss vislabāk korelē ar augsnes virskārtas nobiru mitrumu, kas norāda uz aizdegšanās iespēju, bet Portugāles indekss

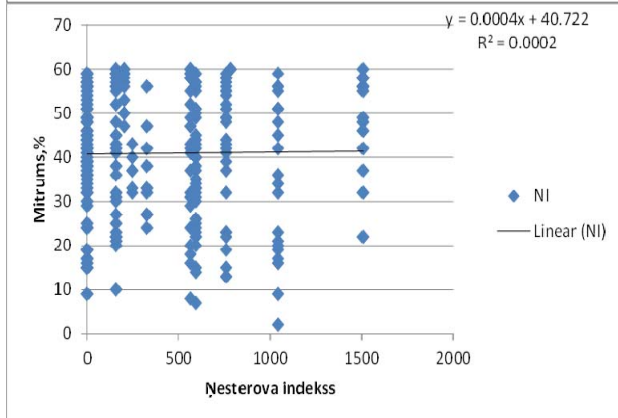
labāk atspoguļo daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitruma izmaiņas, kas varētu noderēt ugunsbīstamības prognozēšanai.



a)

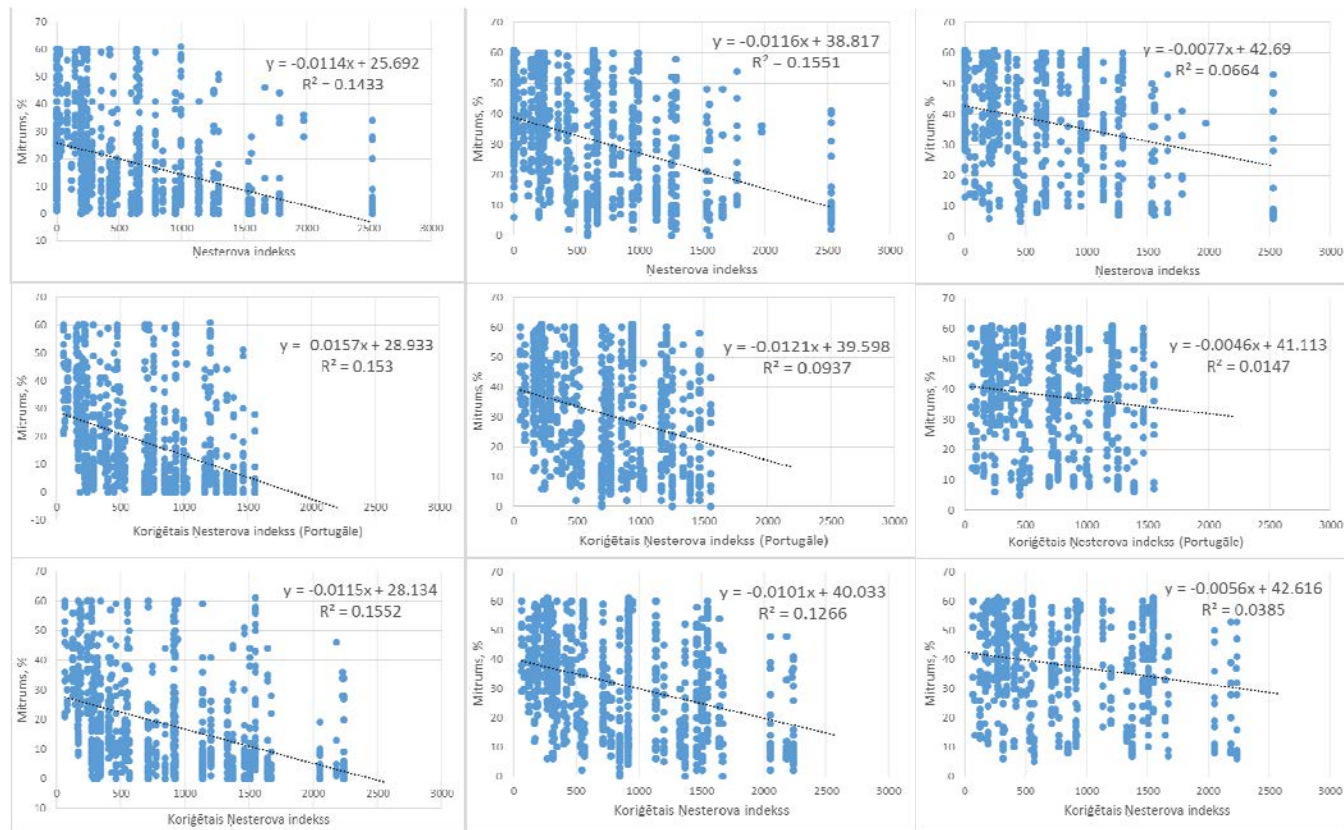


b)



c)

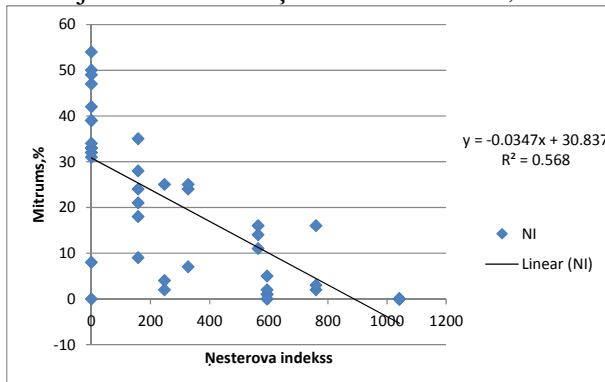
9.5.attēls. Nesterova indeksa sakarība ar mitrumu nobiru slānī (a), daļēji sadalījušos nobiru slānī (b) un trūdzemes slānī (c) 2012.gadā.



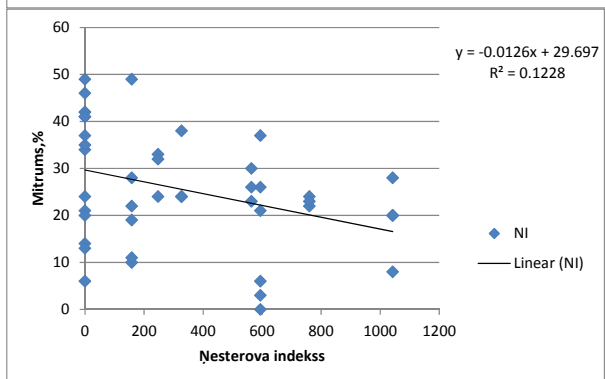
a) b) c)

9.6.attēls. Nobiru slāņa mitruma (a), daļēji sadalījušos nobiru slāņa (b) un trūdzemes slāņa (c) mitruma sakarības ar Ñesterova indeksu, koriģēto Ñesterova indeksu (Portugāle) un koriģēto Ñesterova indeksu 2013.gadā.

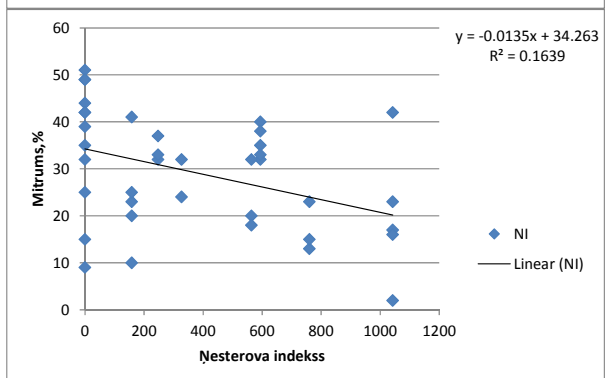
Savukārt, 2012.gadā I un II ugunsbīstamības klases parauglaukumos sakarības ir ievērojami augstākas – mitruma korelācija ar Nesterova indeksa vērtību nobiru slānī ir  $r=-0,82$ , vidēji sadalījušos nobiru slānī  $r=-0,39$ , bet „trūdzemes” slānī  $r=-0,40$  (9.7. att.). 2013.gadā I un II ugunsbīstamības klases parauglaukumos mitruma korelācija ar Nesterova indeksa vērtību nobiru slānī ir vājāka nekā 2012.gadā -  $r=-0,42$  (9.8.att.), vidēji sadalījušos nobiru slānī mitruma korelācija ir vidēji cieša:  $r=-0,59$ , bet „trūdzemes” slānī vāja:  $r=-0,45$ . Portugāles indeksam visaugstākā ir korelācija ar vidēji sadalījušos nobiru slāņa mitrumu ( $r=-0,59$ ), bet koriģētajam Nesterova indeksam korelācija ar vidēji sadalījušos nobiru slāņa mitrumu ir  $r=-0,62$ .



a)

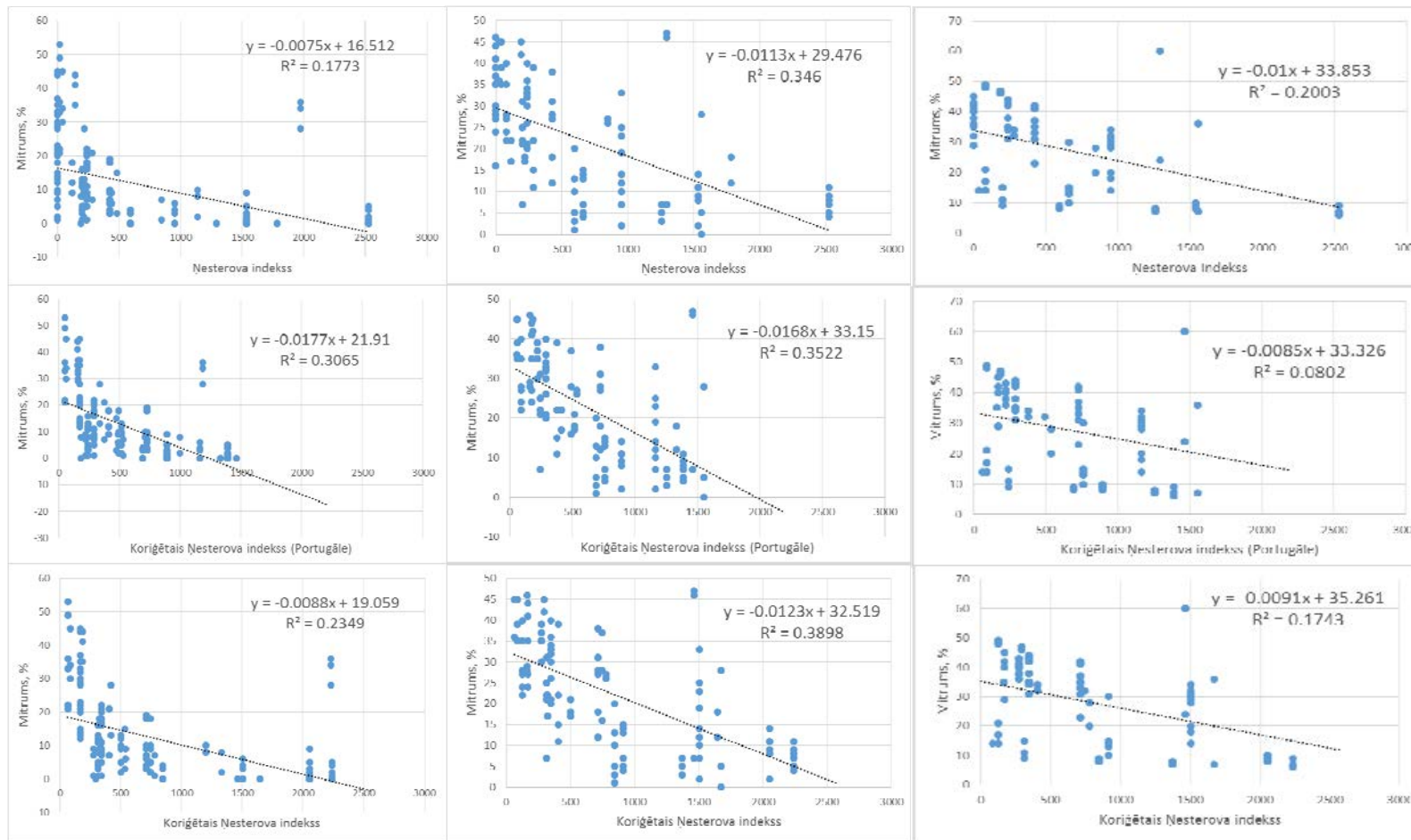


b)



c)

9.7.attēls. Virsējā nobiru slāņa mitruma (a), daļēji sadalījušos nobiru slāņa (b) un trūdzemes slāņa (c) sakarība ar Nesterova indeksu I un II ugunsbīstamības klašu parauglaukumos 2012.gadā.



a)

b)

c)

9.8.attēls. Virsējā nobiru slāņa mitruma (a), daļēji sadalījušos nobiru slāņa (b) un trūdzemes slāņa (c) sakarība ar Nesterova indeksa, koriģētā Nesterova indeksa (Portugāle), koriģētā Nesterova indeksa vērtībām I un II ungsusbīstamības klašu parauglaukumos 2013.gadā.

### Mitruma izmaiņas koksnes paraugos

Uz zemes virskārtas novietoto koksnes paraugu mitrums dažādos mēnešos ievērojami neatšķiras starp parauglaukumiem dažādās ugunsbīstamības klasēs gan 2012.gadā, gan 2013.gadā (9.9.att.).

Vērtējot koksnes mitruma izmaiņas pa mēnešiem 2012.gadā (jūnijs –septembris), nav konstatētas ievērojamas atšķirības - Tjukija testa vērtības visos gadījumos ir  $p > 0,05$ . Līdzīgi nav konstatētas arī būtiskas atšķirības starp dažādu ugunsbīstamības klašu audzēm ( $p > 0,05$ ). Maija mērījumi analīzē netika izmantoti, jo, tā kā paraugi tika izvietoti mežā tikai maijā, to sākotnējo mitrumu noteica iepriekšējie glabāšanas apstākļi.

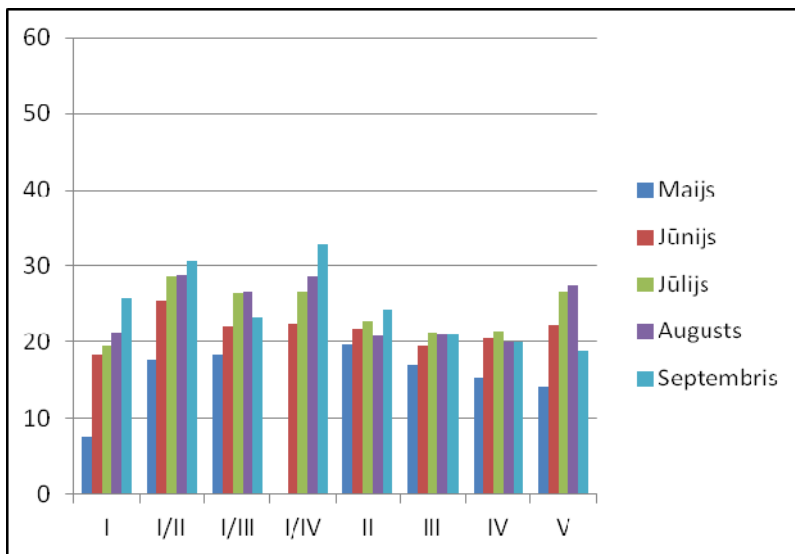
Vērtējot koksnes mitruma izmaiņas 2013.gadā (maijs – septembris), nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp vidējo koksnes paraugu mitrumu dažādās ugunsbīstamības, taču konstatētas atšķirības starp mēnešiem (9.13.tab.).

#### 9.13.tabula

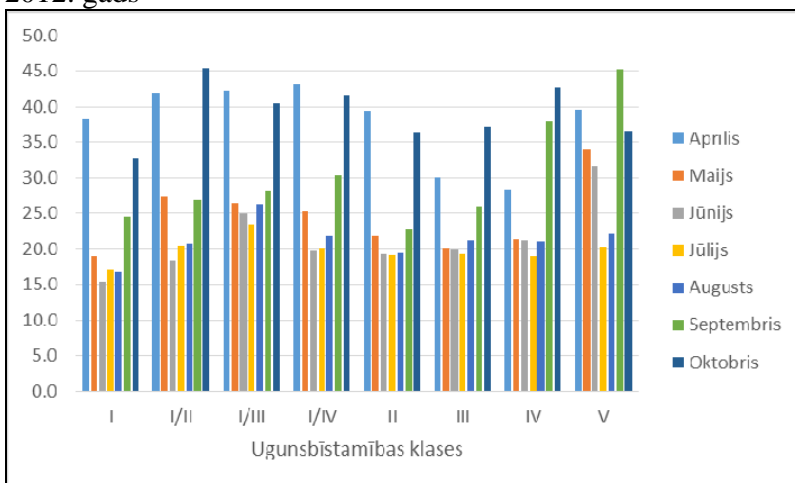
Koksnes paraugu mitrums dažādos mēnešos 2013.gadā

Mēnesis	Koksnes paraugu vidējais mitrums, %	1	2	3
Jūlijs	19,89	****		
Augusts	21,22	****		
Jūnijs	21,34	****		
Maijs	24,46	****	****	
Septembris	30,24		****	
Aprīlis	37,85			****
Oktobris	39,13			****





2012. gads

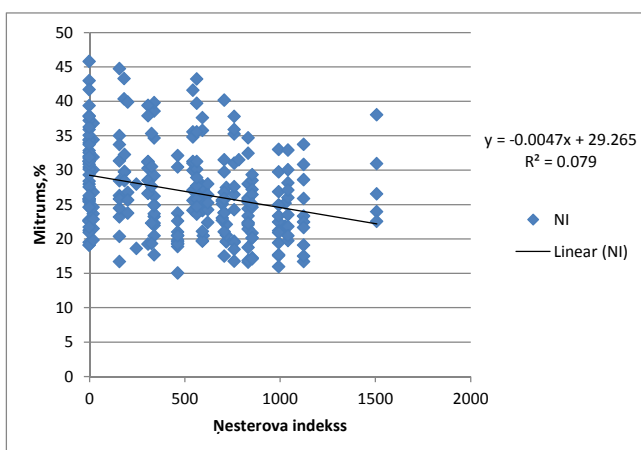


2013. gads

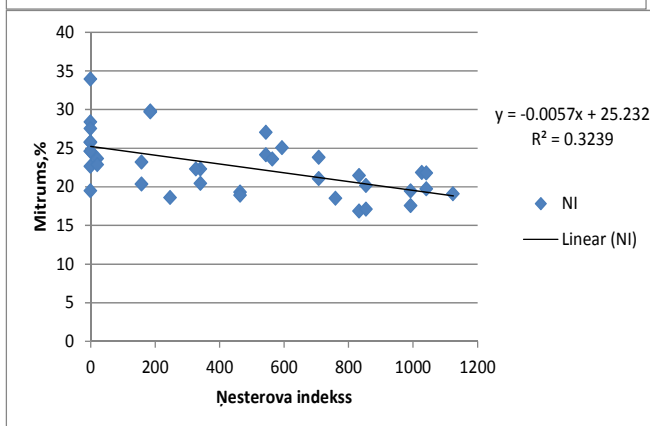
9.9.attēls. Koksnes paraugu mitrums dažādās ugunsbīstamības klasēs 2012.gadā un 2013.gadā.

Starp mērījuma dienai aprēķināto Nesterova indeksa vērtību un koksnes parauga mitrumu 2012. gadā konstatēta negatīva, vāja korelācija ( $r=-0,28$ ). I un II ugunsbīstamības klašu audzēs šī sakarība ir vidēji cieša:  $r=-0,56$  (9.10.att.).

Starp koksnes parauga mitrumu un mērījuma dienai aprēķināto Nesterova indeksa vērtību 2013. gadā konstatēta negatīva vāja korelācija ( $r=-0,29$ ). Arī I un II ugunsbīstamības klašu audzēs šī sakarība ir vāja:  $r=-0,37$  (9.11.att.).

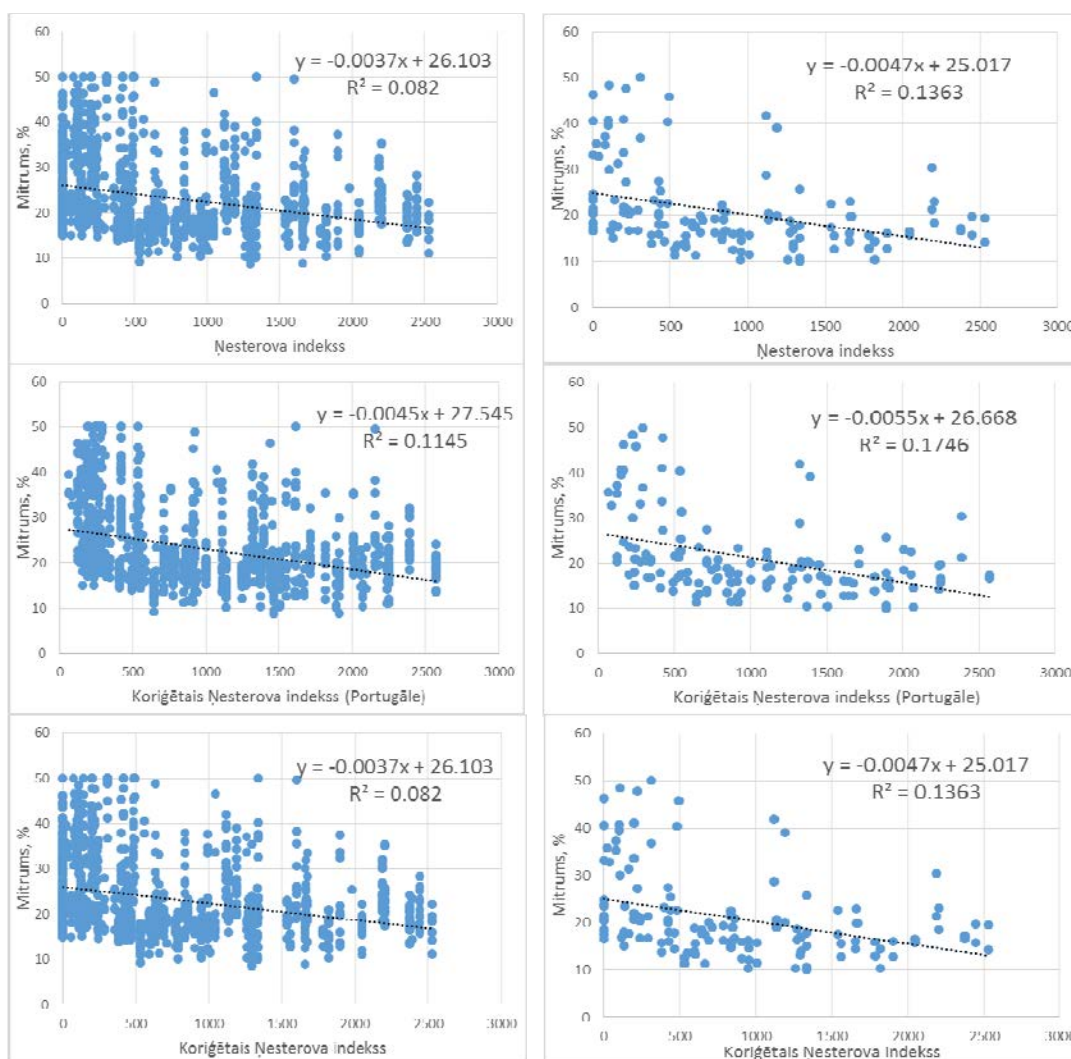


a)



b)

9.10. attēls. Koksnes paraugu mitruma un attiecīgās mērījuma dienas Nesterova indeksa vērtības sakarība visos objektos (a) un I un II ugunsbīstamības klases audzēs (b) 2012.gadā.



a)

b)

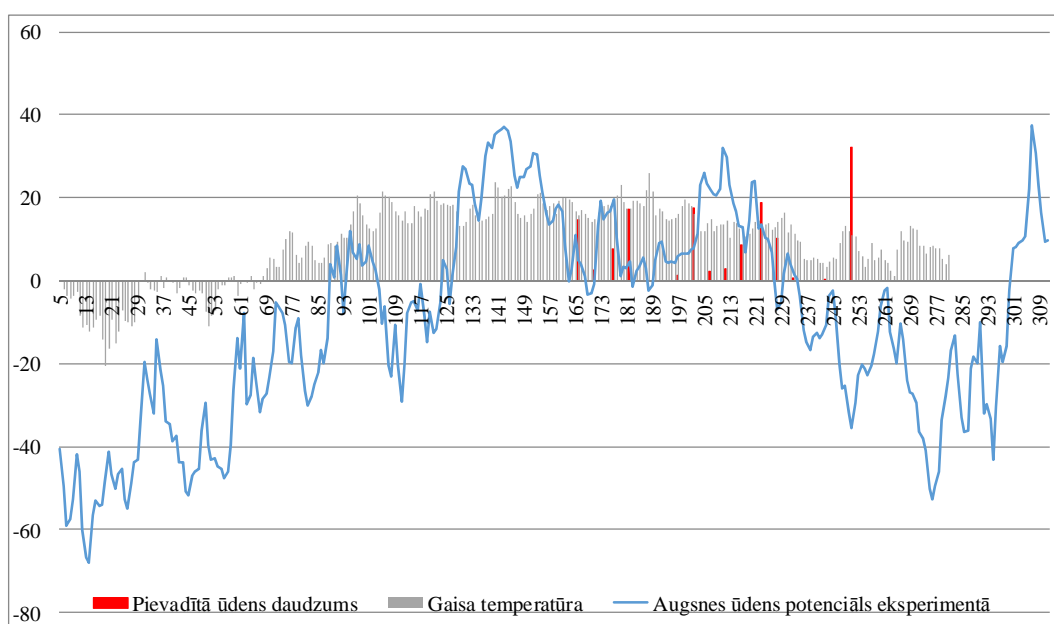
9.11.attēls. Koksnes paraugu mitruma un attiecīgās mērījuma dienas Nesterova indeksa, koriģētā Nesterova indeksa (Portugāle), koriģētā Nesterova indeksa vērtību sakarības visos objektos (a) un I un II ugunsbīstamības klases audzēs (b) 2013.gadā.

Augstākām NI vērtībām koksnes paraugu mitrums 2012.gadā ir zemāks. Taču pie NI vērtības 0, koksnes parauga mitrums var mainīties no 19 līdz pat 48%, tajā pašā laikā arī pie NI vērtības 1500, koksnes paraugu mitrums var sasniegt pat vairāk nekā 35%. Savukārt, I un II ugunsbīstamības klases audzēs vidējais koksnes paraugu mitrums ir zemāks salīdzinājumā ar visu audžu vidējo – attiecīgi 19% un 25%.

Tāpat kā 2012. gadā, arī 2013. gadā pie augstākām NI vērtībām koksnes paraugu mitrums ir zemāks. Taču pie NI vērtības 0, koksnes parauga mitrums var mainīties no 15 līdz pat 50%, tajā pašā laikā pie NI vērtības 2500, koksnes parauga mitrums var sasniegt 22%. Savukārt, I un II ugunsbīstamības klases audzēs vidējais koksnes paraugu mitrums ir zemāks salīdzinājumā ar visu audžu vidējo – attiecīgi 14% un 22%.

Parauglaukumos Mazirbē konstatēta cieša korelācija starp gaismas apstākļus (bezlapotā stāvoklī) raksturojošajiem rādītājiem un ūdens daudzumu sniegā ziemas beigās; šāda korelācija nav konstatēta parauglaukumos Ugālē, iespējams tādēļ, ka uzmērīšana laikā jau bija sākusies sniega kušana. Mazirbes parauglaukumu dati kombinācijā ar publicētiem novērojumiem Vesetnieku stacionārā tiks izmantoti nākamajā pārskata periodā paredzētā precīzāka ugunsbīstamības prognožu modeļa sagatavošanā.

Papildus dati nokrišņu un ugunsbīstamības saiknes raksturošanai iegūti daļēji kontrolētos apstākļos 3 meža tipos vērtējot nedzīvā materiāla un augsnes mitruma izmaiņas. Iegūtie rezultāti liecina, ka vasaras otrajā pusē nelielam pievadītajam nokrišņu daudzumam dienas laikā (līdz 10 mm) ietekme uz nedzīvā materiāla mitrumu saglabājas tikai dažas stundas un tam nav konstatējamas ietekmes uz augsnes mitrumu 20 cm dziļumā (9.12. att.). Lielāka pievadītā ūdens daudzuma (10-20 mm) ietekme saglabājas ilgāk, taču augsnē izpaužas ar līdz pat 2 diennakšu novēlošanos.



9.12.attēls. Augsnes ūdens potenciāls Dm atkarībā no dienas no gada sākuma, gaisa temperatūras un pievadītā mitruma daudzuma

Ņemot vērā, ka šajā sezonā nebija iespējams eksperimentā kontrolēt temperatūras režīmu, iegūtie dati izmantojami tikai jau esošu sakarību novērtēšanai Latvijas klimatiskajos apstākļos, nevis modeļa konstruēšanai. Tādēļ nākamajā pārskata periodā, izmantojot 2013. gadā izbūvēto infrastruktūru, paredzēts novērtēt kompleksu temperatūras un pievadītā mitruma apjoma ietekmi uz dažādas sausuma pakāpes nobiru un augsnes (izmantojot iepriekšējo sezonu empīrisku novērojumu datus par to mitrumu mežaudzēs) mitrumu – nosakot gan nobīdi laikā no nokrišņu sākšanās līdz ietekmi, gan ietekmes ilgumu dažādos meteoroloģiskajos apstākļos.

Kopumā, izvērtējot nobiru un augsnes mitruma izmaiņas, konstatēts, ka Ņesterova indekss labi atspoguļo nobiru mitruma izmaiņas I un II ugunsbīstamības klases audzēs, savukārt korigētais Ņesterova indekss (Portugāles), labāk atspoguļo zemāku slāņu žūšanu un ugunsgrēku bīstamību. Jaunaudzes, kas pēc meža tipa atbilst zemākas ugunsbīstamības klasei, pēc tajos esošo degmateriālu žūšanas režīma vairāk līdzinās pamatklasei, nevis I ugunsbīstamības klases audžu degmateriāla žūšanas režīmam.

## 10. Ledus bojājumu novērtējums skuju koku audzēs

### 10.1. Apledējuma raksturojums

Atmosfēras parādību izraisīts objektu virsmu apledējums ir meteoroloģiskais faktors, kā rezultātā uz koku stumbriem un vainagiem palielinās mehāniskā slodze, radot to deformācijas vai neatgriezeniskus bojājumus.

Starptautiskā standarta ISO-12494 atmosfēriskā apledējuma definīcija nosaka, ka apledējuma veidošanās ir jebkurš process, kurā ledus un sniegs uzkrājas uz atmosfērā eksponēta objekta virsmas (Foder, 2001). Pēc ģenēzes ir izdalāmi divi atšķirīgi atmosfēras parādību izraisīti objektu virsmas apledēšanas procesi:

- 1) nokrišņu apledējums, kas iekļauj sasalstošu lietu un slapju sniegu;
- 2) miglas un dūmakas apledējums, kas izraisa sarmu (Makkonen, Ahti, 1995).

Sasalstošs lietus jeb atkala ir parādība, kad lietus veidā izkrituši nokrišņi, sasniedzot Zemes virsmu, sasalst (Drage, 2005). Šāds process norisinās krasi atšķirīgas temperatūras gaisa masu saskares joslā, kur siltā gaisa masa atrodas virs aukstajām, veidojot 300 līdz 1200 m biezu piezemes aukstā gaisa slāni. Šādā gadījumā no siltā slāņa izkritušie lietus nokrišņi Zemes virsmu sasniedz sīku, cietu, pilnīgi caurspīdīgu lodīšu veidā 1-3 mm diametrā. Dažreiz lodītes centrā ir nesasalīis ūdens - tādējādi, atsitoties pret cietu virsmu, tā sašķīst un veido apledējumu. Procesa gaitā ūdens atsišanās apjoms no virsmas ir lielāks nekā tā sasalšanas ātrums, un liekais, no virsmas notecējušais ūdens var veidot lāstekas (Fikke et al., 2005).

Uz objektu virsmām izveidojies caurspīdīgs, homogēns ledus slānis jeb garoza var radīt līdz 900 kg m<sup>-3</sup> lielu slodzi, bet slapja sniega izraisīts apledējums - 300 līdz 600 kg m<sup>-3</sup>. Ledus slāņa radīto slodzi izsaka tā svārs attiecībā pret objekta kopējās apledojošās virsmas laukuma (Makkonen, Ahti, 1995). Teorētiski maksimālā apledējuma slodze ir 917 kg m<sup>-3</sup>, bet dabiskos apstākļos tās izveidošanās iespējamību ierobežo ledū iekļautie atmosfēras gāzu ieslēgumi, padarot apledējuma kārtu vieglāku. Akumulētā ledus struktūra un fizikālās īpašības, kuras var izmantot apledējuma raksturošanai, variē atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem apledējuma veidošanās laikā (Fikke et al., 2005).

Slapja sniega nokrišņi veidojas apstākļos, kad atmosfēras augšējos aukstajos slāņos izkritušais sniegs pirms Zemes virsmas sasniegšanas ir šķērsojis 0° C izotermu 300 - 400 m augstumā un nokļūst atmosfēras slānī ar pozitīvu gaisa temperatūru. Slapja sniega nokrišņus veido ledus kristāli, ūdens un gaisa ieslēgumi, kuru attiecības, atkarībā no vides apstākļiem, var būt atšķirīgas. Slapja sniega nokrišņu materiāla īpašību variāciju nosaka siltumapmaiņas procesu ietekmējošie faktori - gaisa temperatūra, vēja ātrums un snigšanas intensitāte, kuru izmaiņu ietekmē mainās nokrišņu ūdens saturs un gaisa ieslēgumu apjoms. Apstākļos, kad gaisa temperatūra ir tuva nullei pēc Celsija skalas, ir zems vēja ātrums un augsta snigšanas intensitāte, slapja sniega nokrišņos ir mazs ūdens saturs. Tādējādi nokrišņos ir augsts gaisa ieslēgumu apjoms, un materiāla agregātstāvoklis ir tuvs daļēji transformēta sniega īpašībām. Šādos apstākļos nogulumu blīvums ir mazāks par 100 kg m<sup>-3</sup>, bet slapja sniega nokrišņiem, kas veidojas siltākos apstākļos un kuros ūdens saturs ir virs 40 %, blīvums var sasniegt 500 kg m<sup>-3</sup> (Dalle, Admirat, 2011). Sniega agregātstāvokļa transformācijas zonu uz ūdeni, tātad arī slapja sniega veidošanos, iezīmē gaisa temperatūra no 0° līdz 2,5° C. Intensīvas snigšanas laikā uz elektropārvades līnijām var izveidoties līdz 5 - 10 kg m<sup>-1</sup> liela slodze (Dalle, Admirat, 2011).

Miglas un dūmakas izraisīts apledējums veidojas kā sarma apstākļos, kad piezemes gaisa slāņa atdzēsētie ūdens pilieni saskaras ar virsmu, kuras temperatūra ir zem 0°C. Visizteiktākās šādas ģenēzes apledējuma izpausmes ir kalnu apvidos un uz augstceltnēm, kur augstākos atmosfēras slāņos atdzisušās gaisa masas ir piesātinātas ar mitrumu. Nozīmīga sarmas apledējuma

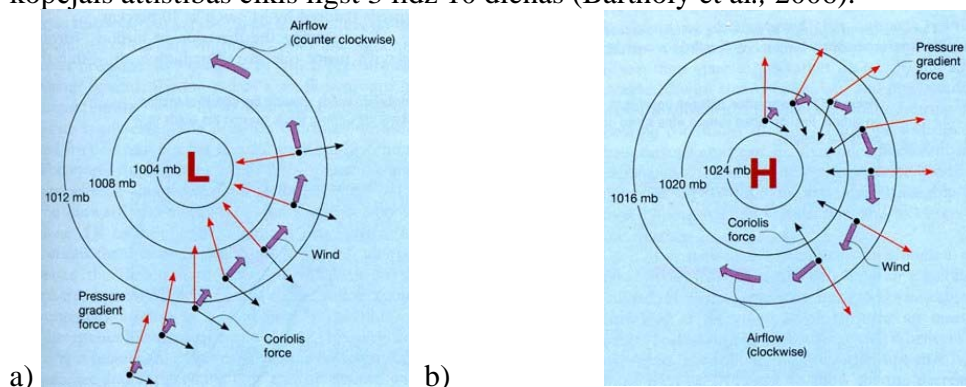
veidošanās ir tieši atkarīga no vēja ātruma pieauguma un gaisa temperatūras samazināšanās (Fikke et al., 2005).

## 10.2. Sasalstoša lietus nokrišņu veidošanās

Galvenais laikapstākļus ietekmējošais faktors Latvijas teritorijā ir valdošie rietumu vēji, kuru ietekmē pārvietojas Ziemeļatlantijas cikloni. Konverģentajā gaisa masu kustībā tiek iesaistītas pēc ģenēzes un īpašībām atšķirīgas gaisa masas, kuru savstarpējās mijiedarbības veido atmosfēras frontes. Sasalstoša lietus nokrišņu veidošanos nosaka arī atmosfēras fronšu pārvietošanās raksturs. Sasalstoša lietus nokrišņu lokalizāciju Latvijas teritorijā ietekmē tiešais Baltijas jūras tuvums un tās krasta līnijas morfoloģija, respektīvi, ziemas sezonas sākumā ieplūstošo auksto gaisa masu izraisītā Rīgas līča iztvaikojuma kondensācija un vēlāka nokrišņu izkrišana uz sauszemes.

### Cikloni un anticikloni

Atmosfēras apgabalu ar zemu gaisa spiedienu tā centrā sauc par ciklonu. Tā diametrs var būt no dažiem simtiem līdz pāris tūkstošiem kilometru. Gaisa masu kustība šajā zema spiediena apgabalā notiek virzienā no perifērijas uz centru, un tādā pašā virzienā ir novērojams atmosfēras spiediena samazināšanās gradients, kur tā vērtības var būt vidēji no 980 līdz 1000 hPa (735 - 750 mmHg). Atmosfēras spiediena gradients nosaka pieaugošu gaisa masu pārvietošanās ātrumu virzienā uz centru (10.1.att.). Gaisa masu pārvietošanās ciklonā Ziemeļu puslodē notiek pretēji pulksteņrādītāju kustības virzienam, bet dienvidu puslodē — pulksteņrādītāju kustības virzienā (Parsons, Hobbs, 1983). Ciklona pārvietošanās ātrums ir aptuveni 1200 kilometri dienā, un tā kopējais attīstības cikls ilgst 3 līdz 10 dienas (Bartholy et al., 2006).

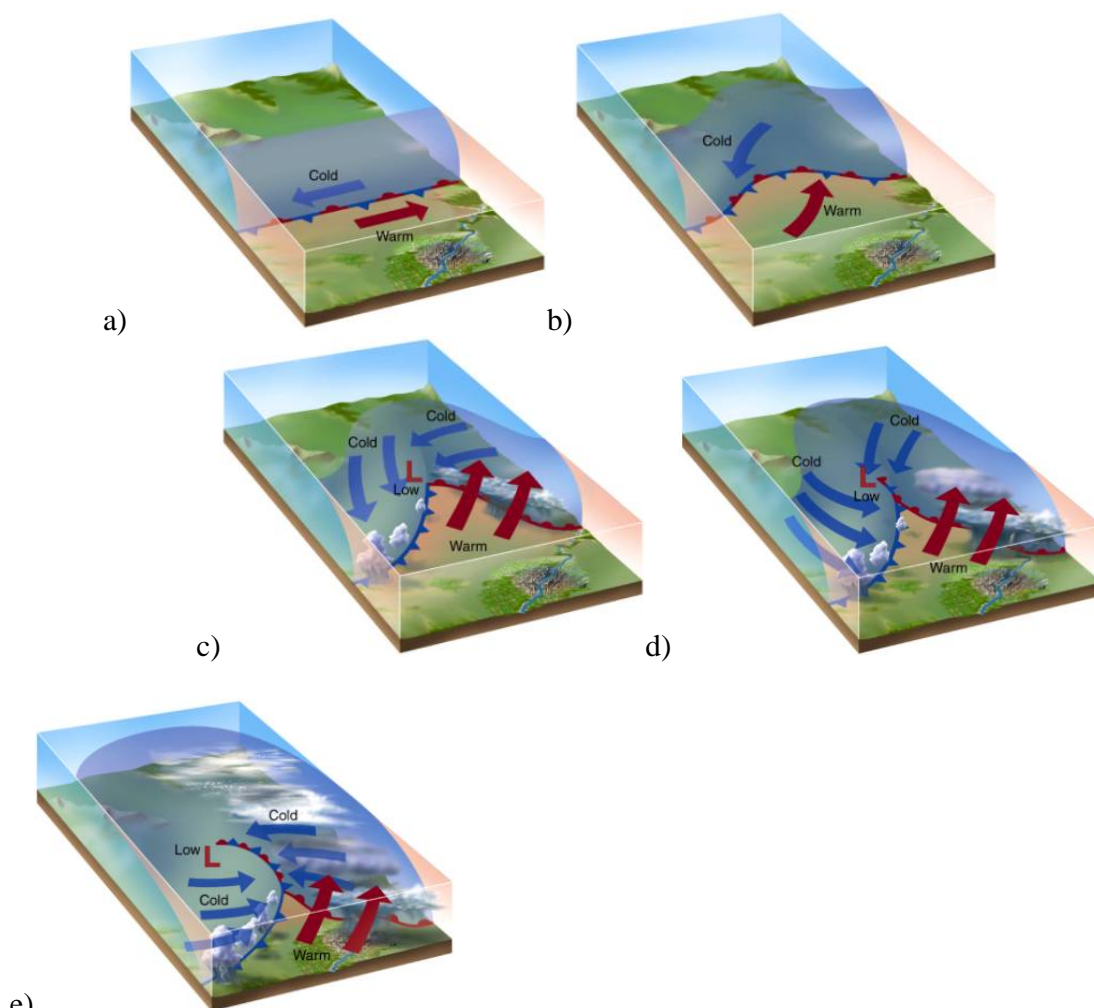


Apzīmējumi un to tulkojumi: mb - gaisa spiediens milibāros; L - zema (ang. *low*) atmosfēras spiediena centrs; H - augsta (ang. *high*) atmosfēras spiediena centrs; wind - vējš; Pressure gradient force - spiediena gradienta spēks; Coriolis force - Koriolisa spēks; Airflow (clockwise/counter clockwise) - gaisa plūsma pa un pretēji pulksteņrādītāju kustības virzienam

10.1. attēls. Shematisks gaisa masu plūsmu attēlojums zema (a) un augsta (b) atmosfēras spiediena apgabalos (<http://www.ees.rochester.edu>).

Laika apstākļus Latvijā ietekmējošie cikloni veidojas Atlantijas okeāna ziemeļu daļā, kur atrodas visa gada garumā pastāvīgs zema atmosfēras spiediena apgabals - Islandes minimums. Tur attīstījušos ciklonus uz Eiropu pārnes ziemeļu puslodes mērenās joslas valdošie rietumu vēji (Jordi, Sultan, 2009; Ozola, Zirnītis, 1958).

Cikloģenēzē novērojamajā gaisa masu cirkulārajā pārvietošanās gaitā (10.2. att.) izveidojas siltās un aukstās atmosfēras frontes, jo konverģences procesā, no dienvidiem ciklonā iesaistītās gaisa masas tiek piekļautas ziemeļos esošajām aukstākajām, un otrādi, pārvietojot siltās un aukstās gaisa masas pretējos virzienos, attiecīgi uz aukstajiem un siltajiem reģioniem (Bartholy et al., 2006).



e)  
 Apzīmējumi un to tulkojumi: cold - aukstā gaisa masa; warm - siltā gaisa masa; low - zema atmosfēras spiediena centrs. Ar sarkanām bultām ir apzīmēta siltās gaisa masas plūsma, ar zilām - aukstās gaisa masas plūsma. Zila līnija ar trīsstūriem - aukstā atmosfēras fronte. Sarkana līnija ar pusapļiem - siltā atmosfēras fronte  
 10.2. attēls. Cikloģenēzes gaita: (a) gaisa masu robežu kolīzija; (b) konverģences sākums ap zema atmosfēras spiediena apgabala centru; (c) siltās un aukstās atmosfēras frontes izveidošanās; (d) oklūzijas frontes izveidošanās un aukstā gaisa uzvirzīšanās siltajam sektoram; (e) oklūzijas frontes attīstība un siltā sektora sarūkšana - cikloģenēzes noslēgums (<http://www.atmos.illinois.edu>).

Cikloģenēzi raksturo tropisko un polāro gaisa masu savstarpējo robežu kolīzija (10.2. att.), kā rezultātā norisinās siltā gaisa pacelšanās un konverģenta griešanās ap zema spiediena apgabala centru, atmosfēras spiedienam turpinot samazināties. Uz rietumiem no zema spiediena apgabala centra norisinās polāro, auksto gaisa masu konverģenta plūsma uz to pretēji pulksteņrādītāju kustības virzienam, izveidojot un pārbīdot auksto atmosfēras fronti no zema spiediena apgabala centra virzienā uz dienvidrietumiem. Tajā pašā laikā līdzīgs process norisinās uz austrumiem no zema spiediena apgabala centra, kur siltā tropiskā gaisa masa ar konverģentu kustību virzās uz ciklona centru. Tur izveidojas siltā atmosfēras fronte. Nokrišņu izkrišana norisinās konvekcijas ietekmē gar abām frontēm un ciklona centrā (Serreze, 2009). Ciklonā esošās gaisa masu konverģentās kustības un tālāk konvekcijas rezultātā, pēc ciklona augšējo slāņu sasniegšanas, gaisa masu kustība norisinās diverģenti, turpinot tālāku cirkulāciju ciklona ietvaros. Tādējādi aukstais gaiss tiek nests uz dienvidiem, siltais uz ziemeļiem (Bartholy et al., 2006).

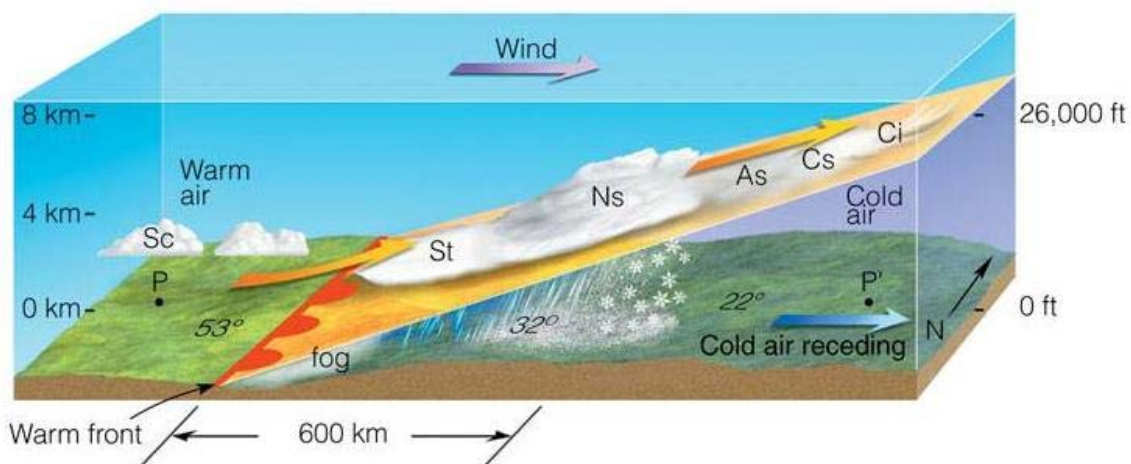
Uz dienvidiem no zema spiediena apgabala centra starp abām atmosfēras frontēm izveidojas siltā gaisa sektors (10.2. att.), kas ziemas sezonā ir enerģijas avots aukstajai fronteī. Siltajā sektorā, pazeminoties atmosfēras spiedienam, norisinās siltā gaisa akumulācija. Lielāks kontrasts starp silto un auksto ciklona sektoru nosaka aktīvāku piespiedu konvekciju aukstās frontes uzvirzīšanās gadījumā, veidojot ļoti intensīvus nokrišņus (Schultz, Geraint, 2011).

Ciklona aukstās atmosfēras frontes gar Zemes virsmu pārvietojas ātrāk nekā siltās, tādējādi cikloģenēzes gaitā norisinās siltās frontes pārtveršana. Rezultātā izveidojas situācija, kad siltā sektora gaiss tiek uzcelts augstāk atmosfērā un, saskaroties trijām dažādu temperatūru gaisa masām, izveidojas oklūzijas fronte (Schultz, Geraint, 2011).

Ciklonam pretēja procesa izpausme ir anticiklons (10.1. att.), kad izveidojas augsta atmosfēras spiediena apgabals un gaisa masas diverģences ietekmē plūst uz anticiklona perifēriju. Latvijas teritorijai uzvirzās anticikloni, kuri ir attīstījušies no Azoru, Āzijas vai arktiskajiem maksimumiem - visa gada garumā pastāvīgiem augsta atmosfēras spiediena apgabaliem. Sibīrijas anticiklonu ietekmē Latvijā ieplūst kontinentālās gaisa masas (Draveniece, 2007; Schultz, Geraint, 2011). Ilgstoši nekustīgā anticiklonā tā augšējos slāņos var akumulēties silts un mitrs gaiss, izraisot smidzinošu nokrišņu izkrišanu. Procesa gaitā ūdens pilieni šķērso auksta gaisa slāni, kurā tie atdziest un, sasniedzot Zemes virsmu, var izveidot apledojumu (Splawinski et al., 2012).

### Atmosfēras frontes

Potenciāli sasalstošu lietu izraisīti apstākļi Latvijas teritorijā ļoti bieži ir novērojami, ieplūstot siltajām vidusplatumu vai tropiskajām gaisa masām, kas cikloniskās darbības gaitā var izveidot siltās atmosfēras frontes (10.2. un 10.3. att.). Parādība izpaužas kā siltās gaisa masas uzvirzīšanās aukstajai, siltākajai lēni slīdot pa aukstās gaisa masas virsmu virzienā uz augšu.



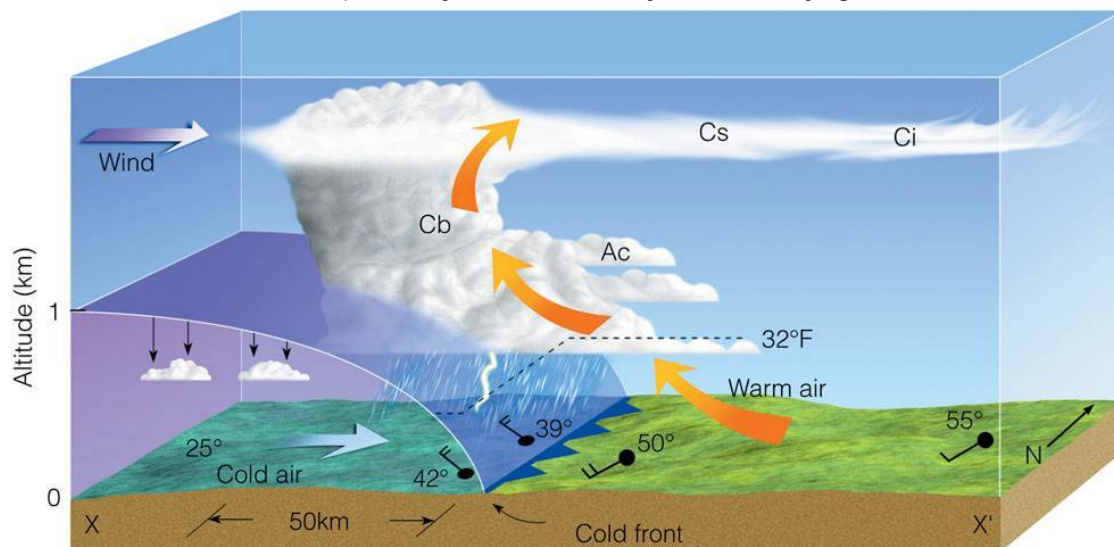
Apzīmējumi un to tulkojumi: warm air - siltā gaisa masa; wind - vējš; warm front - siltā atmosfēras fronte; fog - migla; cold air - aukstā gaisa masa; cold air receding - aukstās gaisa masas ātruma samazināšanās; Sc - Stratocumulus (slāņu gubumākoņi); St - Stratus (slāņmākoņi); Ns - Nimbostratus (lietus slāņmākoņi); As - Altostratus (augstie slāņmākoņi); Cs - Cirrostratus (spalvu slāņmākoņi); Ci - Cirrus (spalvmākoņi); P - laikapstākļu novērojumu punkts

10.3. attēls. Shematisks siltās atmosfēras frontes attēlojums (<http://apollo.lsc.vsc.edu>).

Procesa gaitā siltais augšupejošais gaiss adiabātiski atdziest, kondensējas, un var veidoties nokrišņi ūdens pilienu veidā. Atkarībā no zemāk esošās aukstās gaisa masas slāņa biezuma un temperatūras, no siltā gaisa slāņa izkritušie nokrišņi zemākajos atdziest vai pilnībā sasalst, veidojot sasalstoša lietus, daļēji sasalušu ledus lodīšu vai sniega nokrišņus, kas, akumulējoties uz virsmas, sasalst. Palielinoties aukstās gaisa masas biezumam, pakāpeniski samazinās gaisa



temperatūra tajā. Tas nosaka nokrišņu ātrāku kristalizēšanos un to izkrišanu cietā veidā. Tādējādi sasalstošu nokrišņu izkrišana norisinās noteiktā siltās atmosfēras frontes joslā, kur meteoroloģiskie apstākļi nosaka no augstāk esoša siltā gaisa slāņa izkritušā lietus strauju atdzišanu, šķērsojot zemāk esošu, aptuveni 1 km biezu auksto gaisa slāni. Sasalstoša lietus veidošanās var norisināties joslā, kas nav platāka par 50 kilometriem no siltās frontes sākuma (Draveniece, 2007; Hoskins, Bretherton, 1972; Orlanski et al., 1985; Taylor et al., 1983). Salīdzinoši reti Latvijas teritorijā sasalstoša lietus nokrišņus izraisa aukstās frontes (10.2. un 10.4. att.), kad, aukstajai gaisa masai uzvirzoties siltākajai, norisinās konvekcija, un siltā tā rezultātā adiabatiski atdziest. Tādējādi rodas tāds pats nokrišņu veidošanās mehānisms kā siltās frontes ietekmē, tikai šoreiz nokrišņi izkrīt joslā aiz frontes joslas aukstajā gaisa masā.



Apzīmējumi un to tulkojumi: altitude - augstums; wind - vējš; cold air - aukstā gaisa masa; warm air - siltā gaisa masa; cold front - aukstā atmosfēras fronte; Ac - Altostratus (augstie gubumākoņi); Cb - Cumulonimbus (gubum lietusmākoņi); Cs - Cirrostratus (spalvu slāņmākoņi); Ci - Cirrus (spalvmākoņi); N - ziemeļu virziens; melnie punkti ar līnijām to sānos - vēja virziena azimuta rādītājs

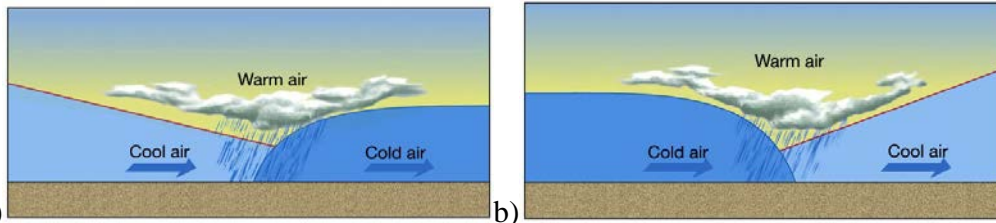
10.4. attēls. Shematisks aukstās atmosfēras frontes attēlojums (<http://apollo.lsc.vsc.edu>).

Ļoti reta situācija Latvijas apstākļos ir arktiskās frontes izraisītie sasalstošie nokrišņi, kas veidojas, kontinentālai polārai gaisa masai pārvietojoties aiz okeāniskas polārās. Tā rezultātā frontes priekšā esošais siltākais un mitrākais okeāniskais polārais gaiss paceļas, veidojot nokrišņus, kas, sasniedzot Zemes virsu, šķērso aukstāko gaisa slāni. Polārās gaisa masas ir samērā plānas, un tas nodrošina augšējos atmosfēras slāņos lietus veidā izkritušo nokrišņu lēnāku sasalšanu vai tikai atdzišanu. Tādējādi virsmas apledojušs veidojas, ūdenim uzkrājoties un sasalstot uz aukstas virsmas, un sasalstošo nokrišņu skartā josla var būt lielāka par 50 kilometriem no frontes (Roger, Vidale, 1995).

Oklūzijas fronte izveidojas, ciklona aukstajai fronteī panākot silto (10.2. un 10.5. att.), jo aukstā fronte ciklonā pārvietojas ātrāk. To nosaka auksto un silto gaisa masu savstarpējo blīvumu atšķirības. Aukstais gaiss ir blīvāks, un ciklonā tas strauji plūst uz leju, izspiežot uz augšu vieglāko silto gaisa masu ciklona siltajā sektorā. Tādējādi, aukstajai fronteī pārtverot silto, saskaras triju dažādu temperatūru gaisa masas. Rezultātā izveidojas situācija, ka siltā gaisa pie Zemes virsmas vairs neatrodas, jo ir pārvirzīts uz atmosfēras augšējiem slāņiem, bet tā vietā pie Zemes slānī viena aukstā gaisa masa uzvirzās otrai aukstā gaisa masai (Schultz, Geraint, 2011).

Atkarībā no tā, vai uzvirzās aukstā vai mazāk aukstā gaisa masa, oklūzijas fronteī var novērot siltās vai aukstās frontes iezīmes (10.5. att.). Ja mazāk aukstā gaisa masa virzās uz izteikti auksto,

veidojas siltās atmosfēras frontes pazīmes, jo uzvirzīšanās gaitā, spiežot augšējos slāņos esošo silto gaisa masu vēl augstāk, kondensācijas rezultātā izkrīt nokrišņi, kuri, sasniedzot zemāk esošo izteikti auksto gaisa slāni, strauji atdziest vai sasilst. Ja piezemes gaisa temperatūra ir negatīva, tad var veidoties apledojums, atdzisušajam lietum sasilstot uz objektu virsmām (Schultz, Geraint, 2011).



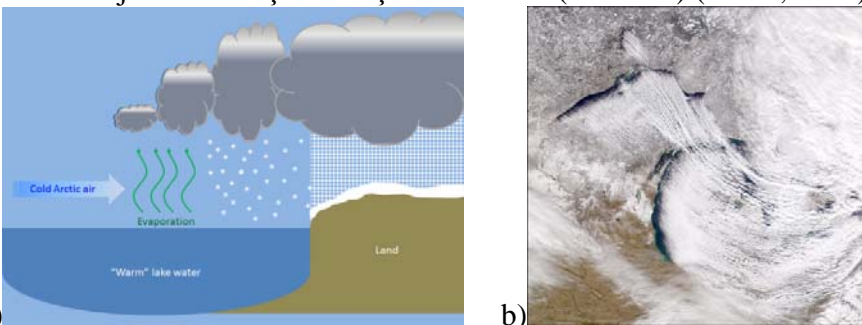
a) Apzīmējumi un to tulkojumi: cold air - aukstā gaisa masa; warm air - siltā gaisa masa; cool air - mazāk aukstā gaisa masa

10.5. attēls. Shematisks siltā (a) un aukstā (b) tipa oklūzijas frontes attēlojums (<http://www.ux1.eiu.edu>).

Oklūzijas fronte ar aukstās atmosfēras frontes iezīmēm veidojas izteikti aukstākajai gaisa masai uzvirzoties mazāk aukstajai (10.5. att.). Tādā situācijā norisinās augstāk esošā siltā gaisa vēl straujāka konvekcija, veidojot intensīvākus nokrišņus. Ziemas sezonā Latvijā ir vairāk novērojamas siltā tipa oklūzijas frontes, jo ciklonam aizmugurē ieplūstošais okeāniskais gaiss ir siltāks nekā priekšā esošais kontinentālais. Oklūzijas frontē sasilstoša lietus nokrišņi ir novērojami salīdzinoši reti, jo oklūzijas fronte reti uzvirzās jau ļoti aukstam piezemes gaisam. Tomēr, ja ziemā piezemes gaisa temperatūras ir ļoti zemas un notiek nesēn izveidojušās oklūzijas frontes uzvirzīšanās, tad sasilstoša lietus nokrišņi ir ļoti iespējami, jo norisinās siltajai atmosfēras frontei raksturīgie procesi (Schultz, Geraint, 2011).

### Ezera efekts

Daudzviet pasaulē, atkarībā no ūdens objektu izvietojuma attiecībā pret sauszemi, ir vērojams tā sauktais ezera efekts ("*Lake Effect*") (Bricis, 2009). Tā gaitā, aukstai gaisa masai pārvietojoties virs liela ūdens objekta (ezers, līcis, iekšējā jūra), norisinās ūdens tvaiku kondensācija. Ūdenim kā vielai piemīt liela īpatnējā siltumietilpība, kas nodrošina ilgstošu siltuma akumulāciju ūdens objektā līdz pat ziemas sezonas sākumam. Tādējādi veidojas ievērojamas temperatūru atšķirības starp ieplūstošajām ziemas sezonas gaisa masām un ūdens objekta virsmu, kas akumulētā siltuma ietekmē iztvaiko. Ieplūstot aukstai gaisa masai un ūdens tvaikiem adiabatiski atdziestot, norisinās kondensācija un nokrišņu mākoņu veidošanās (10.6. att.) (Bricis, 2009).



a) Apzīmējumi un to tulkojumi: Zila bulta (cold arctic air) - auksts arktiskais gaiss; land - sauszeme; "warm" lake water - "silts" ezera ūdens; evaporation - iztvaikošana

10.6. attēls. Ezera efekts: (a) shematisks attēlojums; (b) ezera efekta izraisītas sniega vētras satelītu uzņēmums Lielo ezeru reģionā Ziemeļamerikā. (<http://mrcc.isws.illinois.edu>; <http://earthobservatory.nasa.gov>).

Nokrišņi bieži var būt intensīvi, un vēja ietekmē tie sasniedz sauszemi. Eiropas reģionā šis process norisinās mērenajā klimatiskajā joslā - Ziemeļjūras un Baltijas jūras piekrastēs, savukārt Ziemeļamerikā - Lielo ezeru reģionā un Hudzona līča dienvidu piekrastē. Eiropā rudens sezonā vai tās beigās, cikloniskās darbības rezultātā, ieplūstot aukstam subpolāram vai arktiskam gaisam no Skandināvijas pussalas, virs siltākās Ziemeļjūras un Baltijas jūras ūdens virsmas norisinās ūdens tvaiku kondensācija jau minētā ezera efekta ietekmē. Tādējādi piekrastes reģioni saņem lielu nokrišņu daudzumu, un šajos, pēc gaisa temperatūrām krasi atšķirīgajos vertikālā gradienta apstākļos, var veidoties cietie nokrišņi un arī sasalstošs lietus (Norton, Bolsenga, 1993).

Latvijas teritorijā ezera efekts ("*Lake Effect*") (Bricis, 2009) ir vērojams virs Rīgas līča, kad ciklona ietekmē virs tā pārvietojas gaiss ar zemāku temperatūru nekā tā ir ūdens virsmai. To ierosina no ziemeļiem plūstošās gaisa masas, veidojot nokrišņus Latvijas centrālajā daļā. Ziemas sezonas sākumā no Sibīrijas ieplūstošās aukstās gaisa masas ezera efekta ietekmē var veidot nokrišņus Kurzemē. Ezera efekts praktiski nevar izraisīt nokrišņus Latvijas austrumu daļā, jo, no Ziemeļatlantijas plūstošās piesātinātās, okeāniskās gaisa masas siltumapmaiņas rezultātā ātri zaudē savu enerģiju. Praktiski vienmēr šādas ģenēzes nokrišņi sāk izkrist turpat virs Rīgas līča, vēl nesasniedzot sauszemi (Bricis, 2009; Draveniece, 2007).

Ezera efekts pasaules kontekstā ir pazīstams kā process, kas ziemas sākumā rada spēcīgas sniega vētras gan Lielo ezeru reģionā Ziemeļamerikā, gan Rietumeiropā - Ziemeļjūras rietumu un dienvidu piekrastēs. Novērojumi Ziemeļamerikā liecina, ka spēcīgie ziemas sākuma nokrišņi izkrīt vien dažus kilometrus platā joslā no ezeru krasta, bet maksimāli līdz pat 200 km attālumam. Šajās ziemas sākuma vētrās uzkrātā sniega daudzums veido 25% - 50% no kopējā gada apjoma (Braham, Kelly, 1982), bet viena notikuma laikā var izveidoties pat līdz 120 cm bieža sniega kārtā (Hjelmfelt, 1990; Niziol et al., 1995).

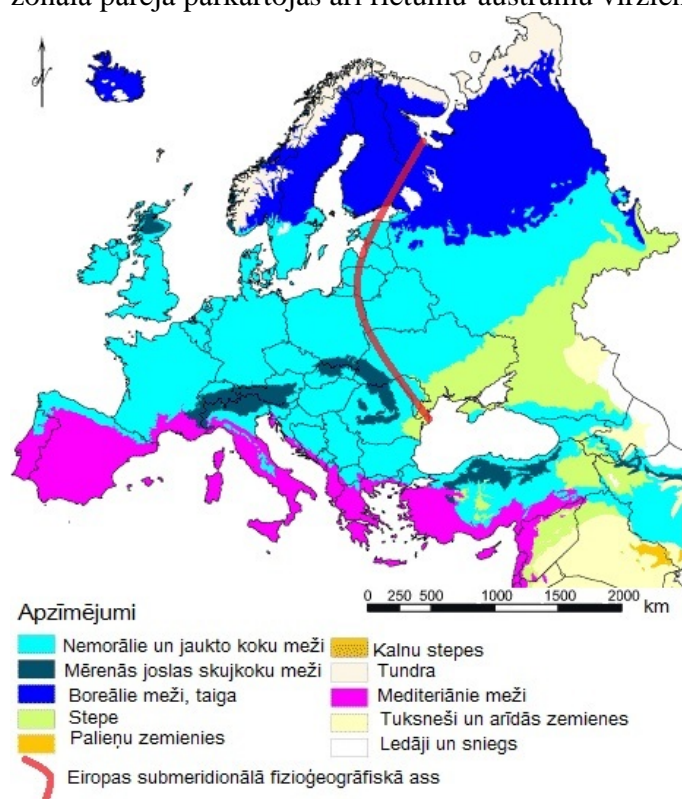
Lielo ezeru reģionā sasalstošu lietu ezera efekts izraisa salīdzinoši reti, visbiežāk tas nosaka atdziestošo nokrišņu izkrišanas lokalizāciju. Reģionā sasalstošs lietus ir novērojams visas ziemas sezonas laikā, un to visbiežāk izraisa silto tropisko gaisa masu ieplūšana, veidojot siltās atmosfēras frontes. Ziemas sākumā siltumapmaiņa no vēl neaizsalušajām ezeru virsmām paaugstina aukstās gaisa masas piezemes slāņa temperatūru, novēršot tā atdzesējošās īpašības siltās atmosfēras frontes veidošanās gadījumā (Bricis, 2009; Hoskins, Bretherton, 1972; Ozola, Zirnītis, 1958; Roger, Vidale, 1995). Siltajai fronteī turpinot virzību tālāk no ezeriem, tās lejas daļā esošās aukstās gaisa masas pakāpeniski atdziest un tādējādi sasalstoša lietus nokrišņi izkrīt dziļāk kontinenta iekšienē (Cortinas, 2000). Līdzīgi tas ir vērojamas arī Latvijas teritorijā Rīgas līča akumulētā siltuma apmaiņas ietekmē (<http://ww2010.atmos.uiuc.edu>).

### Okeanitāte un kontinentalitāte

Eiropas mērenās joslas vidus daļā, kur atrodas Latvijas teritorija, laikapstākļus un klimatu nosaka virs Atlantijas okeāna veidojušos gaisa masu pārnese globālās atmosfēras cirkulācijas ietvaros, jo šajā reģionā troposfēras augšējos slāņos valda meandrējošais rietumu plūdums. Tādējādi Latvijas teritorijā ieplūstošās gaisa masas galvenokārt ir okeāniskas izcelsmes, un no kontinentālajām tās atšķiras ar paaugstinātu mitruma saturu. Kontinentālās gaisa masas satur maz mitruma, un to ietekmē gan ziemā, gan vasarā ir lielas diennakts temperatūru amplitūdas. Mitro okeānisko gaisa masu ieplūšana palielina nokrišņu daudzumu un gaisa mitrumu. Pārvietojoties virs sauszemes, okeāniskās gaisa masas transformējas, iegūstot kontinentālās iezīmes. Transformācija notiek nevienmērīgi, jo procesu ietekmē Baltijas jūras dziļā iestiepšanās kontinentā, mazinot kontinentalitātes izpausmes (Blackmon et al., 1977; peel et al., 2007). Okeāniskajām gaisa masām pārvietojoties virs Skandināvijas pussalas, strauji samazinās to mitrums, bet savukārt, tām sasniedzot Baltijas jūras austrumu piekrasti - mitruma saturs gaisā ir pat palielinājies (Draveniece, 2007).

Latvijas teritorija atrodas divu dabas zonu robežareālā, ko sauc par Eiropas submeridionālo fiziogēogrāfisko asi (10.7. att.). Tā ir okeānisko un kontinentālo gaisa masu dominances apgabalu saskares josla (Krauklis, Zariņa, 2002) jeb robežšķirtnes starp divām atšķirīgām dabas zonalitātes sistēmām, kas stiepjas no Baltijas jūras austrumu piekrastei piegulošā apgabala uz Donavas lejteci pie Melnās jūras. Šajā apvidū par klimatoloģiski vidējo gaisa masu kļūst transformēts okeāniskais gaiss, kur tā īpatsvars pārsniedz 50% (Draveniece, 2007). Uz rietumiem no tās Eiropas "pussalā" klimatiskās ietekmes noteicošā loma ir Atlantijas okeānam un tā jūrām - nemorālajai un mediterānajai dabas zonai (Draveniece, 2007; Krauklis, Zariņa, 2002).

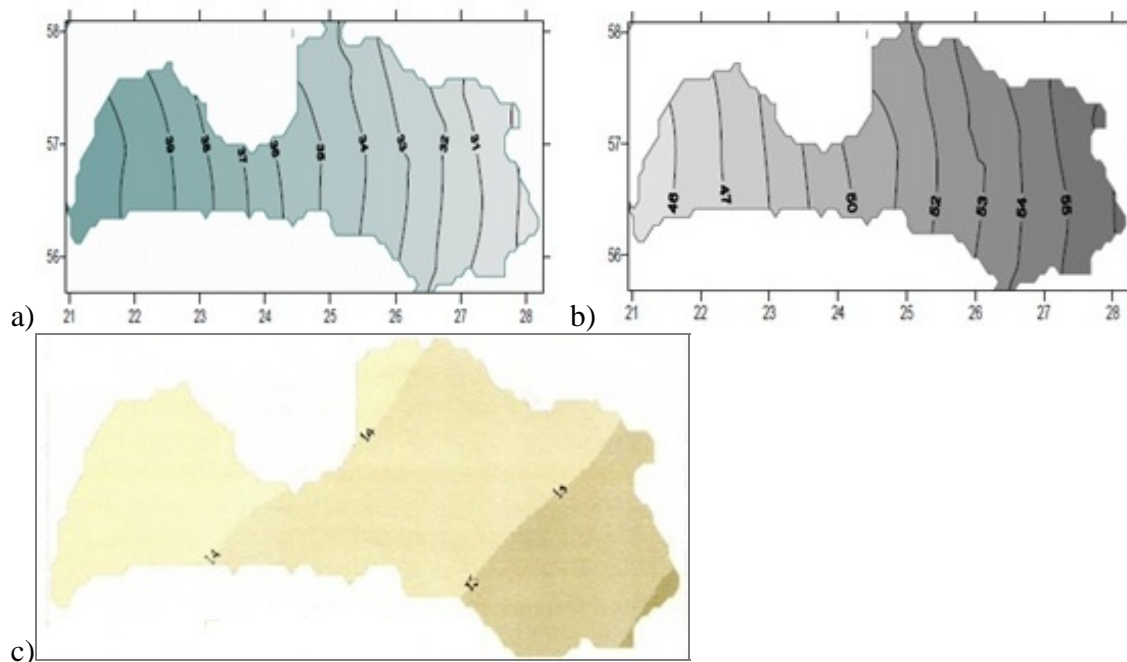
Submeridionālās fiziogēogrāfiskās ass austrumu pusē gan nemorālā, gan mediterānā dabas zona ir stipri reducēta. Tādējādi Eiropas iekškontinentālo daļu skar raksturīgās ciklonālās rietumplūsmas nestās gaisa masas, kuras jau ir zaudējušas okeāniskas īpašības. Šajos apgabalos ir izteikta augsnes atdzišana ziemā, nosakot ilgstošāku bioloģiskā miera periodu nekā ass rietumu pusē. Dabas zonu nomaiņa ir vērsta ziemeļu - dienvidu virzienā, bet uz submeridionālās ass zonālā pāreja pārkārtojas arī rietumu-austrumu virzienā (Krauklis, Zariņa, 2002).



10.7. attēls. Eiropas submeridionālā fiziogēogrāfiskā ass (Krauklis, 2006; <http://chalk.richmond.edu>).

Klimatiskos apstākļus Latvijas teritorijā ietekmē rietumvēju plūsmas pārvietoto okeānisko gaisa masu pārnese, ko var apskatīt arī kontekstā ar Eiropas submeridionālo fiziogēogrāfisko robežšķirtni. Latvijas teritorijā ieplūstošās mitrās okeāniskās gaisa masas, pārvietojoties virs sauszemes, virzienā uz kontinenta iekšieni transformējas un iegūst kontinentālo gaisa masu īpašības - samazinās gaisa mitrums, tādēļ palielinās diennakts gaisa temperatūru amplitūda. Tādējādi Latvijas teritorijā rietumu - austrumu virzienā ir atšķirīga kontinentalitātes pakāpe (Draveniece, 2007; Krauklis, Zariņa, 2002). Latvijas teritoriju submeridionālā fiziogēogrāfiskā robežšķirtne šķērso vidusdaļā pa līniju Sēlijas paugurvalnis - Viduslatvijas nolaidenums - Augstrozes paugurvalnis - Burtnieka līdzenums (Draveniece, 2007).

Klimata kontinentalitātes - okeanitātes raksturošanai var izmantot kontinentālo un okeānisko gaisa masu atkārtojamību (dienu skaits gadā) (10.8. att.), bet šādā veidā iegūti klimatisko apstākļu raksturojumi nav savstarpēji salīdzināmi reģionālā griezumā. Ikvienu gaisa masu ir kā atsevišķs integrāls rādītājs, kas sevī ietver vairāku meteoroloģisko elementu noteiktu vērtību diapazonu (Draveniece, 2007). Eiropā okeāniskās gaisa masas transformējas, attālinoties no Atlantijas okeāna, un tām pārvietojoties dziļāk kontinenta iekšienē, pakāpeniski pieaug transformēta okeāniska gaisa īpatsvars. Tajā pašā laikā kontinentālo gaisa masu īpatsvars palielinās salīdzinoši lēni. Latvijas teritorijā kontinentālo gaisa masu biežums palielinās ziemeļrietumu - dienvidaustrumu virzienā (Draveniece, 2007).



10.8. attēls. Okeānisko (a), transformēto okeānisko (b) un kontinentālo (c) gaisa masu vidējā atkārtojamība Latvijā dienās bez atmosfēras frontēm, % (Draveniece, 2007).

Mainoties gaisa masu pārnesei pagulvirsmā, atsevišķi klimatiskie parametri izpaužas atšķirīgi, tāpēc izmanto indeksus, kuri ir izveidoti, pamatojoties uz gaisa temperatūru gada amplitūdu (Draveniece, 2007; Snow, 2005). Piemēram, Johansona kontinentalitātes indekss

$$k = \frac{1,7E}{\sin f} - 20,4,$$

kur  $E$  ir mēnešu vidējo gaisa temperatūru gada amplitūda ( $^{\circ}\text{C}$ ) un  $f$  ir meteoroloģiskās novērojumu stacijas ģeogrāfiskais platums.

Šis ir visplašāk izmantotais rīks kontinentalitātes kvantificēšanai, kura aprēķināšanai izmanto mēnešu vidējo gaisa temperatūru gada amplitūdu jeb starpību starp maksimālajām un minimālajām mēnešu vidējām vērtībām un mērījumu punkta ģeogrāfiskā platuma grādus (Toros et al., 2008). Iegūtās vērtības no 0 līdz 33 apzīmē okeānisku/maritīmu klimatu, no 34 līdz 66 kontinentālu, bet no 67 līdz 100 ļoti kontinentālus klimatiskos apstākļus (Filatov et al., 2005).

Kernera klimata okeanitātes aprēķināšanas metodes pielietošanas koncepcija paredz pavasara un rudens temperatūru salīdzināšanu:

$$k^1 = \frac{100(T_{\text{M}} - T_{\text{R}})}{E},$$

kur  $T_o$  un  $T_a$  ir oktobra un aprīļa vidējās gaisa temperatūras un  $E$  - mēnešu vidējo gaisa temperatūru gada amplitūda ( $^{\circ}\text{C}$ ). Indeksā aprēķināšanas metodes autors tā izstrādi pamatoja ar faktu, ka pavasara mēnešu vidējās temperatūras ir zemākas nekā rudenī (Gavilan, 2005). Oktobra un aprīļa mēnešu vidējo gaisa temperatūru savstarpējo starpību izsaka pret mēnešu vidējo gaisa temperatūru gada amplitūdu. Iegūtās negatīvās vai zemās pozitīvās vērtības norāda uz klimata kontinentalitāti, bet to pieaugums apzīmē okeanitātes palielināšanos. Vērtības no 10 un lielākas - apzīmē izteiktu okeanitāti (Toros et al., 2008).

Konrāda indeksa (Minetti, 1989) atspoguļotais kontinentalitātes ģeogrāfiskais izkārtojums Latvijas teritorijā (10.9. att.) norāda uz pakāpenisku kontinentalitātes pieaugumu rietumu - austrumu virzienā. Indeksā vērtība ir tuvu 0 izteikti okeāniskos apstākļos, bet tuvu 100 - krasi kontinentālos. Latvijas teritorijā vērtību svārstības ir no 21 Baltijas jūras piekrastē līdz 32 Latgales augstienes austrumu daļā (Draveniece, 2007). Konrāda indeksu izsaka šādi:

$$K = \frac{1,7 A}{\sin(\varphi + 10^{\circ})} - 14,$$

kur  $A$  - aukstākā un siltākā mēneša temperatūru starpība un  $\varphi$  - novērojumu vietas ģeogrāfiskais platumš (Draveniece, 2007).

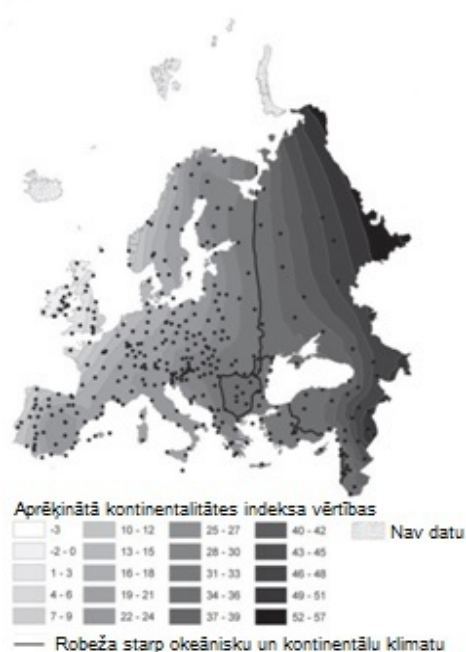


10.9. attēls. Konrāda kontinentalitātes indeksa ģeogrāfiskais sadalījums Latvijas teritorijā (pēc 30 meteoroloģisko novērojumu staciju datiem) (Draveniece, 2007).

Konrāda indekss ir biežāk lietotais Ziemeļamerikā, bet Eiropā viens no visplašāk izmantotajiem ir Gorczyński vienādojums (Gorczyński, 1922):

$$k = \frac{1,7(A - 12 \sin \theta)}{\sin \theta} = \frac{1,7A}{\sin \theta} - 20,4,$$

kur  $k$  ir kontinentalitātes indekss, izteikts procentos,  $A$  ir gaisa temperatūru gada amplitūda ( $^{\circ}\text{C}$ ) un  $\theta$  ir ģeogrāfiskais platumš grādos (Mikolaskova, 2009). Izmantojot datus no 232 Eiropas meteoroloģisko novērojumu stacijām, ir aprēķināts termālās kontinentalitātes sadalījums Eiropā (10.10. att.). Iegūtie rezultāti uzrāda kontinentalitātes palielināšanos virzienā no ziemeļrietumiem uz dienvidaustrumiem, atspoguļojot identisku okeanitātes samazināšanās tendenci Latvijas teritorijā modelētajai (10.9. att.).

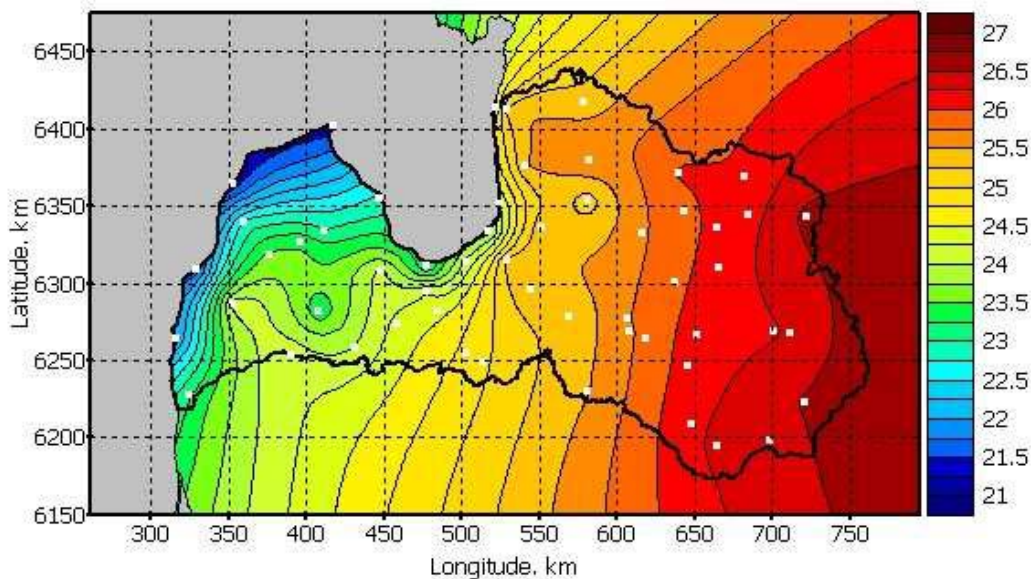


10.10. attēls. Termālās kontinentalitātes ģeogrāfiskais sadalījums Eiropā pēc Gorczyński vienādojuma (Mikolaskova, 2009).

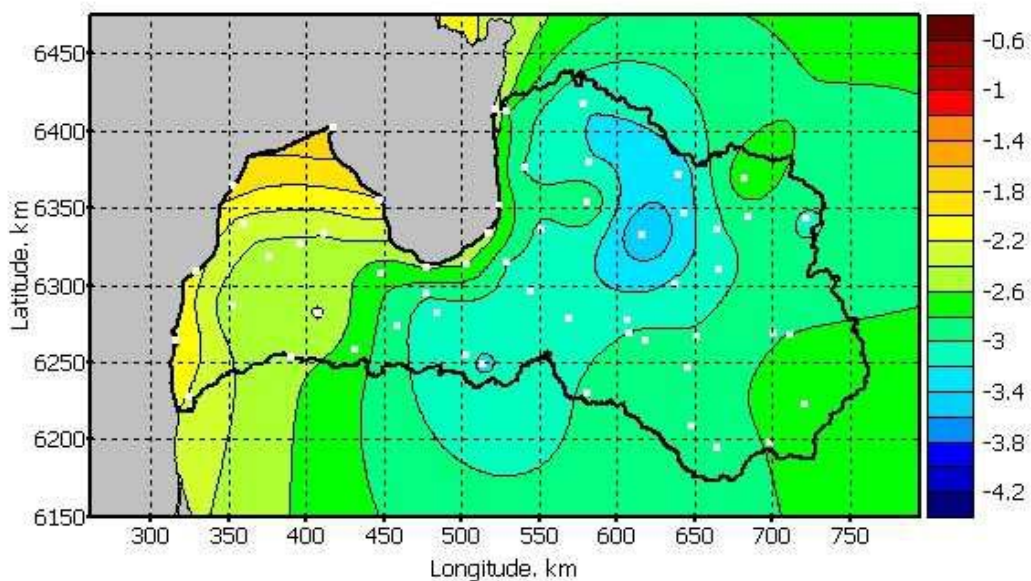
#### Nākotnes klimatisko izmaiņu scenāriji

Konrāda kontinentalitātes indeksa vērtību ģeogrāfiskais sadalījums Latvijas teritorijai (10.9. att.) ir izveidots, balstoties uz gada mēnešu vidējo temperatūru vērtībām. Gaisa temperatūras gada amplitūdas reģionālais sadalījums meteoroloģisko novērojumu perioda 31 gada laikā (10.11. att.) rāda, ka temperatūru starpības palielinās no rietumiem uz austrumiem - no 21 °C Baltijas jūras piekrastē līdz 27 °C Latvijas austrumu reģionā. Potenciālās prognozētās nākotnes klimata izmaiņas (10.12. att.) Latvijas teritorijai paredz šādu reģionālu kontinentalitātes izpausmju mazināšanos, izlīdzinoties mēnešu vidējo gaisa temperatūru reģionālajām atšķirībām (Jansons et al., 2010).

Gaisa temperatūru gada amplitūdas samazinājums tiek prognozēts, balstoties uz potenciālo ziemas sezonas vidējo rādītāju samazinājumu. Klimata izmaiņu scenāriji šim gadsimtam, kas parakstīti projekta iepriekšējos pārskatos, rāda, ka gada vidējā temperatūra pieaugs visās sezonās. Attiecīgi pēc sabalansēta tipa attīstības scenārija (A1B) vidējo izmaiņu gadījumā, par: 4,6 – 5,8 °C janvārī, 2,2 – 4,0 °C aprīlī, 2,5 – 4,3 °C jūlijā un 3,6 – 4,3 °C oktobrī. Kopumā 21.gs beigās, salīdzinot ar mūsdienām, Eiropas ziemeļu daļā un Baltijas jūras reģionā gada vidējā gaisa temperatūra pieaugs par vidēji par 3.2 °C, bet gada nokrišņu summa palielināsies par 9%.



10.11 attēls. Mēnešu vidējo gaisa temperatūru vērtību gada amplitūdas (°C) reģionālais sadalījums Latvijas teritorijā laika posmā no 1961. līdz 1990. gadam.



10.12. attēls. Mēnešu vidējo gaisa temperatūru vērtību gada amplitūdas (°C) reģionālā sadalījuma izmaiņas Latvijas teritorijā tuvajā (2021. - 2050.g.) nākotnē (vidējo izmaiņu scenārijs).

Salīdzinot prognozētās meteoroloģisko parametru nākotnes gada vidējās vērtības Eiropas kontekstā ar mūsdienām, Latvijas teritorijas nākotnes klimatisko apstākļu mūsdienu analogi ir novērojami Vācijas ziemeļrietumos, Rietumdānijā, Dienvidanglijā, Rietumfrancijas centrālās daļas Vjennas upes lejteces apvidū vai Slovēnijā (<http://www.ornl.gov>). Šie reģioni raksturojas kā Eiropas nemorālā dabas zona ar izteikti okeānisku klimatu. Tomēr lokāli klimatiskos apstākļus šajos apvidos ietekmē kalni ar augstumjoslojuma izpausmēm, kā arī ekspozīciju un ieplaku efektiem (Krauklis, Zariņa, 2002), izmainot arī atmosfēras parādību izraisīta virsmas apledošanas



izveidošanās lokalizāciju un raksturu. Latvijas teritorijas klimatisko apstākļu okeānisko pazīmju dominances pieaugums nozīmē arī Ziemeļatlantijas cikloģenēzes ietekmes palielināšanos uz meteoroloģiskajiem apstākļiem ziemas periodā (Bartholy et al., 2006).

### **10.3. Sasalstoša lietus izraisīta apledojuma novērojumi**

Augstkalnu un arktiskie apvidi ir teritorijas, kur atmosfēras parādību izraisīts apledojums rada visnopietnākās problēmas infrastruktūrai un satiksmes drošībai. Šajos reģionos veiktais regulārais apledojuma apjoma monitorings speciāli ierīkotos novērojumu punktos ar standartizētu datu ieguves metodiku (Fikke et al., 2005) nodrošina atmosfēras apledojuma parādību telpisku modelēšanu un atsevišķu iespējamo problēmu prevenciju.

Globālā skatījumā informāciju par apledojuma risku izplatību nosaka attiecīgo meteoroloģisko notikumu novērojumu datu pieejamība, bet šāda tipa mērījumi nav plaši izplatīti, un standartizēto novērojumu staciju dati ir nepietiekami. Atmosfēras apledojuma parādību monitorings visbiežāk tiek veikts saistībā ar paaugstinātu mehānisko slodžu risku, piemēram, lidostās, uz augstsprieguma elektrolīnijām vai augstceltnēm. Eiropas sadarbības organizācija zinātnes un tehnoloģiju jomā (COST) apvieno to dalībvalstu atmosfēras parādību izraisīta apledojuma monitoringu sistēmas, un iegūtā informācija nodrošina vienotu apledojuma parādību Eiropas mēroga modelēšanu un tālāku kartēšanu (Fikke et al., 2005). Attiecīgā monitoringa un prognozēšanas sistēma fokusējas tikai uz miglas, dūmakas un sarma izraisīta infrastruktūras virsmas apledojuma problēmām Eiropā.

Novērojumu programmas ietver vairāku iespējamo meteoroloģisko parādību (piemēram, sarma, sniegs un slapjš sniegs) izraisīta apledojuma vai paaugstināta slogojuma monitoringu. Sasalstoša lietus kompleksā ģenēze ir iemesls, kāpēc nav korekti veikt tā izveidošanās starpreģionālos salīdzinājumus nākotnes prognožu kontekstā. Nav iespējams ticami pielīdzināt sasalstoša lietus izveidošanās Vācijas ziemeļrietumu mūsdienu apstākļus prognozētajam nākotnes klimatam Latvijas teritorijā. Uz līdzšinējos instrumentālos meteoroloģiskos novērojumus reģistrētajām gada vidējām gaisa temperatūrām balstītās nākotnes klimata izmaiņu prognozes nevar sniegt pilnīgu priekšstatu par sasalstoša lietus parādības izpausmēm nākotnē. Lietus nokrišņu izraisīta apledojuma izveidošanos nosaka apstākļu kopa, ietverot gan globālos, gan lokālos meteoroloģiskos apstākļus un konkrētās teritorijas fiziogēogrāfisko stāvokli. Tādējādi virsmas apledojuma izraisīta, sasalstoša lietus parādības veidošanās starpreģionāla salīdzināšana ir ļoti komplicēta. Ir tikai iespējams izvērtēt cēloņsakarības un sekas kādā noteiktā fiziogēogrāfiskā apvidū un izdarīt secinājums par procesiem un to izpausmēm attiecīgajos apstākļos. Savstarpēji potenciāli salīdzināmi pētījumi ir veikti pat ar vairāku gadu desmitu ilgiem laika intervāliem. Tātad tas nozīmē arī atšķirīgu globālo meteoroloģisko fonu, kas, iespējams, ir ietekmējis sasalstošo nokrišņu parādības reģionālo raksturu.

Vienu no pētījumiem ar mērķi noskaidrot sasalstošu nokrišņu izveidošanās klimatoloģiskās atšķirības Eiropas reģionā (Carrière et al., 2000) veica Francijas meteoroloģiskais dienests 20.gadsimta deviņdesmitajos gados. Novērojumu tīklu veidoja SYNOP (surface synoptic observations) tipa automātiskie meteoroloģisko novērojumu punkti, kuri bija izvietoti ļoti plašā teritorijā, ņemot vērā Eiropas dabas reģionalitāti, tajā skaitā arī augstumjoslojumu (10.13. att.).



Apzīmējumi: ▲ - novērojumu punkts. Atkārtosnās intervāls ik pēc katriem 0,2 %, attiecīgi no mazākā uz lielāko trīsstūri no 0,02 % līdz 1,4 %

10.13. attēls. Sasalstoša lietūs nokrišņu atkārtosnās ziemas sezonās no 1995. līdz 1998. gadam (Carrière et al., 2000).

Pētījumu veica laika posmā no 1995. līdz 1998. gadam, un novērojumu sezonas ilga no novembra līdz februārim. Novērojumu gaitā ir iegūti ziņojumi par virsmas apledošanas izveidošanos, kas ataino sasalstoša lietūs vai smidzinoša lietūs notikumu atkārtosnās biežumu Eiropā, sniedzot priekšstatu par 15 līdz 19 gadus senu sasalstoša lietūs notikumu periodu Rietumeiropā, ko definēja kā apledošanas slāņa izveidošanos uz Zemes vai objektu virsmas lietūs laikā (Carrière et al., 2000).

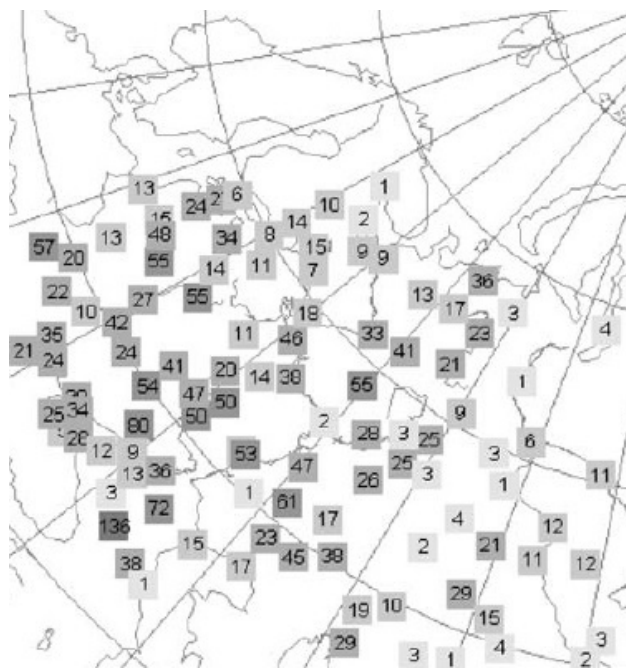
Lielākā daļa (90%) no pētījumā apsekotajām 434 meteoroloģisko novērojumu stacijām (10.13. att.) atradās zemāk par 500 m vjl. Kalnos izvietotās stacijas, piemēram, Francijas Centrālajā masīvā vai Abruco Apenīnos, deva ļoti regulārus ziņojumus par apledošanas diennakts laika posmā no 06:00 līdz 12:00 (Carrière et al., 2000), kas, protams, izskaidrojams ar kondensāta strauju atdzišanu uz aukstām virsmām kalnu apstākļos (Ryerson, 1988).

Rietumeiropā laika posmā no 1995. līdz 1998. gadam ir bijuši vairāki ziņojumi par ilgstošiem sasalstošu nokrišņu notikumiem ziemas sezonu sākumā, piemēram, 14 stundu ilgs smidzinošs, sasalstošs lietūs Frankfurtē pie Mainas 1996. gada 17. decembrī. No novērojumu periodā iegūtajiem datiem ir aprēķināts notikumu atkārtosnās reģionālais sadalījums, kas rāda, ka sasalstoša lietūs nokrišņi lielākoties skar Ziemeļeiropas, izņemot Dāniju, un Centrāleiropas reģionus. Rietumeiropas piekrastes teritorijās paaugstinātās okeanitātes ietekmē, izkritušie lietūs nokrišņi relatīvi retāk tiek atdzēsēti līdz sasalšanas temperatūrai. Jāņem vērā, ka Centrāleiropā viens no sasalstoša lietūs izveidošanās faktoriem ir visai plašie augstumjoslojumu apgabali, kas, mijiedarbībā ar augstāku kontinentalitāti, nosaka zemākas piezemes gaisa temperatūras. Tādējādi tiek nodrošināts pastāvīgāks lietūs nokrišņus dzesējošais gaisa slānis (Carrière et al., 2000). Centrāleiropā, tajā skaitā arī tās kalnu un augstieņu masīvos, novērotās sasalstoša lietūs parādības ir ar visaugstāko aprēķināto atkārtosnās (10.13. att.) (Carrière et al., 2000).

Sasalstoša lietūs nokrišņu atkārtosnās Eiropas reģionālo sadalījumu skaidro ar kontinentalitātes un okeanitātes reģionālajām izpausmēm, kas ir atšķirīgas, piemēram, Vācijas dienvidos un Čehijas rietumos salīdzinājumā ar Ziemeļjūras dienvidu piekrasti (10.10. att.). Lai arī Centrāleiropas valstis atrodas šķietami iekškontinentālos apvidos, tām aprēķinātās kontinentalitātes skaitliskās vērtības ir līdzīgas kā Latvijas teritorijai noteiktās. To izskaidro

Eiropas "pussalas" konfigurācija attiecībā pret okeānisko, mitro gaisa masu un Sibīrijas iekškontinentālo gaisa masu pārnesei.

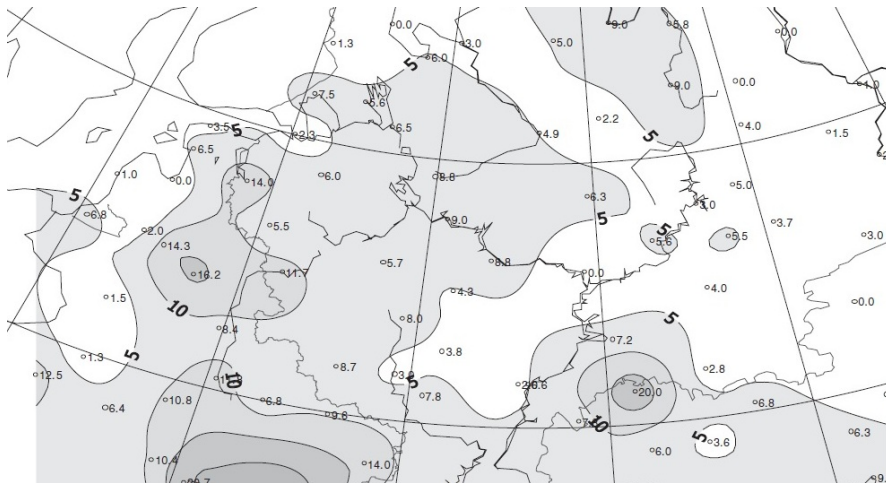
Aptuvenam reģionālam salīdzinājumam ir apskatāms 2006. gadā publicēts Krievijas zinātnieku veikts pētījums. Tajā ir analizēti dati no bijušās PSRS teritorijā veiktajiem sasalstoša lietus novērojumiem 220 punktos laika posmā no 1971. līdz 1990. gadam, izmantojot datus (Bezrukova et al., 2006) ar stundas intervālu no 80 novērojumu stacijām (10.14. att.). Līdzīgi kā Francijas meteodienestā veiktajā pētījumā, arī šajā gadījumā tika fiksēts brīdī, kad lietus nokrišņu laikā ir izveidojies ledus slānis uz Zemes vai objektu virsmas.



10.14. attēls. Kopējais sasalstošo nokrišņu notikumu skaits Eiropas austrumos laika posmā no 1981. līdz 1990. gadam (Bezrukova et al., 2006).

Austrumeiropas reģionā novērotās apledošanas noturības rādītāju augstāko vērtību telpiskais sadalījums sakrīt ar kalnu un augstieņu reģioniem, lai arī kopumā dziļāk iekškontinenta apstākļos un ziemeļu virzienā apledošanas noturības ilgums palielinās. Reljefa pacēluma apvidos arī iezīmējās lokālas atšķirības, piemēram, vēja puses un ziemeļu ekspozīcijas nogāzēs apledojums saglabājās ilgāk (Bezrukova et al., 2006). Kontinentalitātes reģionālā sadalījuma raksturs (10.9. att.) Latvijas teritorijā sakrīt ar novēroto lietus nokrišņu sasalšanas potenciālu uz atdzesētām virsmām (Bezrukova et al., 2006), kas pieaug virzienā no rietumiem uz austrumiem (10.15. att.). Austrumlatvijā fiksētais lietus nokrišņu ilgums pie negatīvām gaisa temperatūrām ir divas reizes lielāks nekā citos mūsu valsts reģionos (<http://worldweather.wmo.int>).

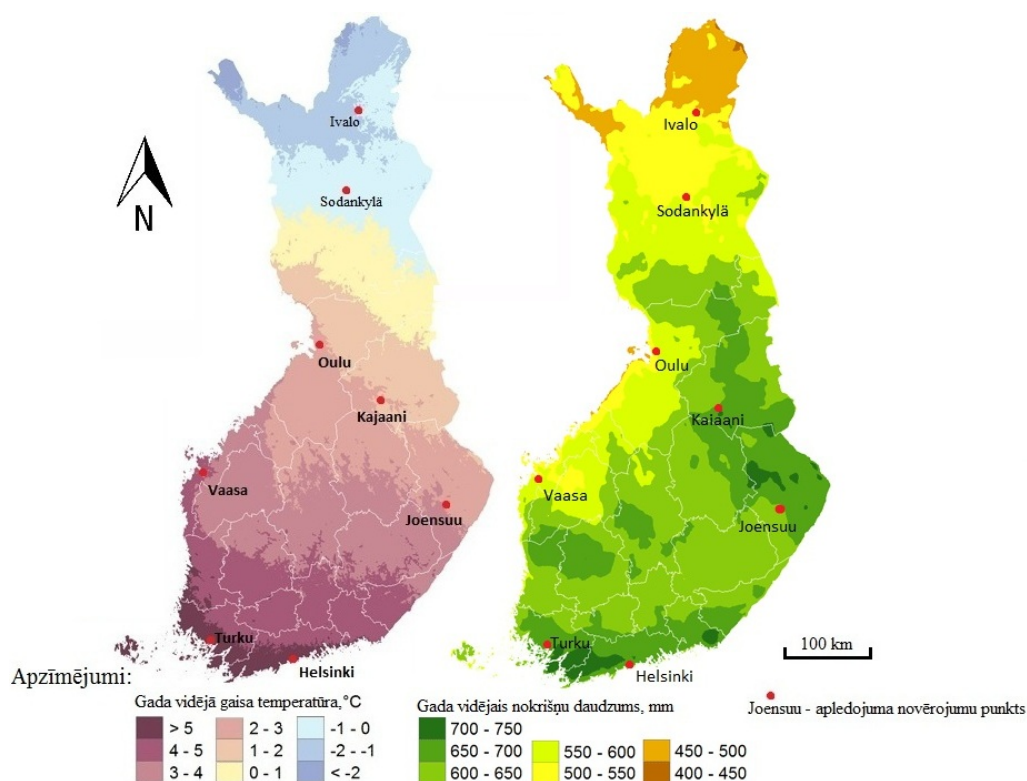
Cikloniskās darbības ietekmē ziemas sākuma posmā Latvijas teritorijā izveidojas situācija ar atkušņiem un lietu valsts rietumos, kas graduāli austrumu virzienā pāriet sasalstoša, smidzinoša lietus un sniega veidā, jo samazinās gaisa temperatūra uz Zemes virsmas, samazinoties Baltijas jūras siltumatdeves ietekmei (10.15. att.). Tāpēc, izveidojoties siltajai atmosfēras fronteī, dziļāk iekškontinentālos apstākļos izkritušie lietus nokrišņi aukstā gaisa ietekmē sasalst, sasniedzot Zemes virsmu. Baltijas jūras tiešā tuvumā ziemas sākumā jūras ūdens akumulētais siltums spēj nodrošināt apstākļus, lai lietus nokrišņi nesasalstu.



10.15. attēls. Februāra mēneša vidējais lietus nokrišņu ilgums stundās pie negatīvām gaisa temperatūrām (1971 - 1990) (Bezrukova et al., 2006).

Kā labs papildinājums Austrumeiropas raksturojumam ir Somijā izstrādāts pētījums, kas ietver 23 gadu (1965 - 1988) ilgus novērojumus valsts lidostu teritorijās (10.16. attēls). Krievijas un Somijas pētījumos novērojamu periodu atbilstība nodrošina iespēju izvērtēt sasalstošo nokrišņu reģionālās raksturiezīmes. Somijas pētījumā izvēlētajās novērojamu vietas reprezentēja valsts dienvidu daļu (Turku, Helsinki), piekrasti (Vaasa, Oulu, Turku, Helsinki), valsts centrālo (Kajaani), austrumu (Joensuu) un ziemeļu daļu (Ivalo, Sodankylä). Ziemeļos reljefa pacēluma apstākļos apledošanas monitoringa stacijas izvietotas aptuveni 500 m v.j.l. augstumā (Makkonen, Ahti, 1995).

Somijā papildus sasalstoša lietus notikumu fiksēšanai noteica arī tā rezultātā akumulētā ledus slodzes apjomu un šim mērķim izmantoja modificētu Makkonen modeli. Nokrišņu apledošanas veidošanās novērojumus veica reizi sešās stundās uz 10 m relatīvajā augstumā novietota 5 cm diametra cilindra. Nokrišņu tipa definēšanai tika pieņemts, ka sasalstošs, viegls un smidzinošs lietus, atšķirībā no parasta sasalstoša lietus, ir nokrišņi, kuru pilieni nepārsniedz 0,5 mm diametru, un tie izkrīt no *Stratus* (slāņu) vai *Stratocumulus* (slāņu gubu) tipa mākoņiem. Novērojamu nozīmīgumu klasificēja pēc tā ilguma - sasalstošam lietus vismaz 30 minūtes, bet sasalstošam, vieglam smidzinošam lietus - 60 minūtes (Makkonen, Ahti, 1995).

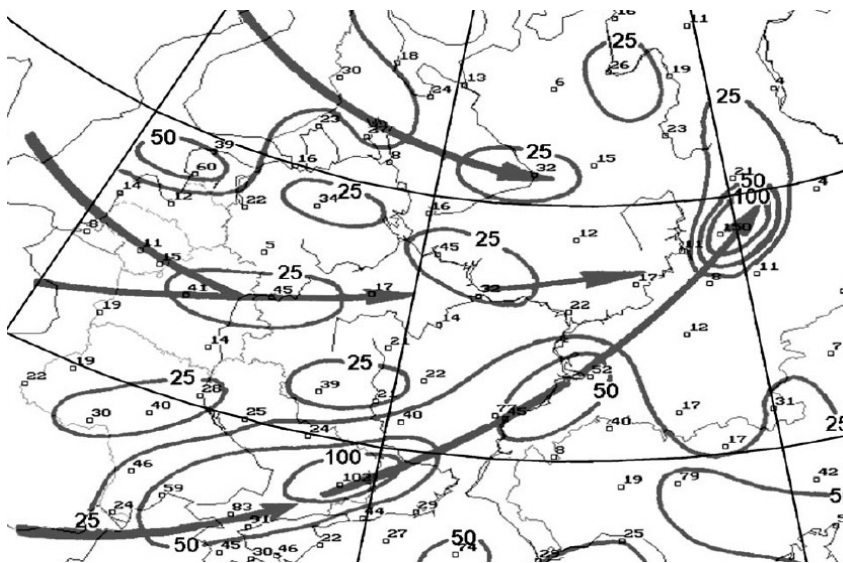


10.16. attēls. Apledojuma novērojumu punkti Somijas lidostās (Makkonen, Ahti, 1995).

Somijā kopumā visa gada laikā novēroti vidēji 0,65 nozīmīgi sasalstošo nokrišņu notikumi, un to ģeogrāfiskā mainība bija ļoti zema. Pētījuma rezultāti rāda, ka 18 % no apledojumu izraisošajām atmosfēras parādībām ir sasalstošs lietus un 79 % - smalks, smidzinošs, sasalstošs lietus. Novēroto nozīmīgo notikumu ģeogrāfiskās izplatības reģionalitātes raksturs atspoguļojas kopējā nokrišņu sadalījumā visas valsts mērogā (10.16. att.). Apvidos ar zemāku gada vidējo nokrišņu summu ir mazāks nozīmīgo sasalstošo nokrišņu notikumu skaits, un otrādi. Novērojumu vietās ar lielu skaitu nozīmīgo notikumu to atkārtotā intervāls bija īsāks un reģistrētais nogulumu akumulācijas apjoms bija salīdzinoši zems (Makkonen, Ahti, 1995).

Līdzīgi kā Latvijas teritorijā, arī Igaunijā un Karēlijas zemes šauruma apvidū, Baltijas jūras ziemas siltumapmaiņas ietekmē, no 1971. līdz 1990. gadam novērotā vidējā lietus nokrišņu ilguma pie negatīvām gaisa temperatūrām vērtības pieaug iekšzemes virzienā (Bezrukova et al., 2006). Baltijas jūras piekrastē šāda tendence atspoguļojas arī Somijā veiktajos novērojumos, kad piekrastē pie salīdzinoši augstas viena notikuma nokrišņu intensitātes maksimālais akumulēto nogulumu apjoms ir zemāks nekā pie mazākas nokrišņu intensitātes iekškontinentālos apstākļos. Šīs atšķirības ir konstatētas, piemēram, starp Oulu un Sodankilas novērojumiem (10.16. att.) (Makkonen, Ahti, 1995). Oulu – Rietumsomijas kontinentalitātes pakāpe (10.10. att.) ir tāda pati kā Viduslatvijai un Rietumigaunijai (Mikolaskova, 2009).

Uz austrumiem no Eiropas submeridionālās ass (10.7. att.) spilgti izpaužas okeānisko un kontinentālo gaisa masu savstarpējā mijiedarbība (10.17. att.), kad ziemeļrietumu un jo īpaši dienvidrietumu ciklonu nestās siltās vidusplatumu gaisa masas saskaras ar Sibīrijas anticiklona pārvietotajām aukstajām gaisa masām (Bezrukova et al., 2006).



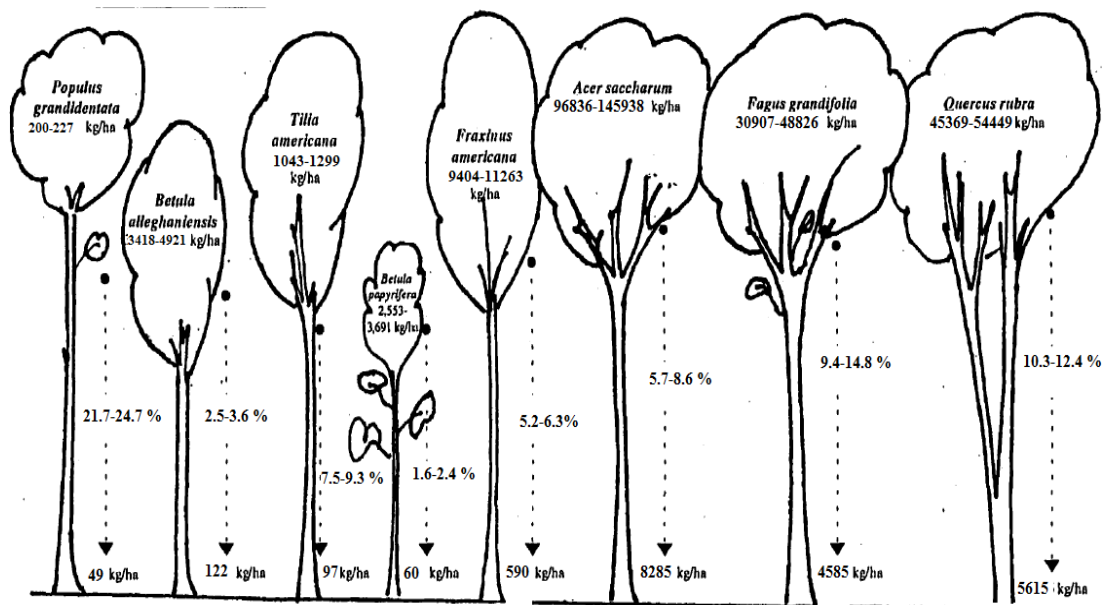
10.17. attēls. Februāra mēneša vidējā sasalstoša lietus izraisītā apledojuuma noturība stundās uz novērojumu stieplēm un ciklonu iekškontinentālās pārvietošanās trajektorijas (1971 - 1990) (Bezrukova et al., 2006).

Latvijas teritorijā priekšziemas periodā – novembra beigās – pieaug ziemas gaisa masu – arktisko un subpolāro apakštipu īpatsvars. Šajā periodā dažkārt ieplūst arī subtropiska vai vidusplatumu tipa gaisa masas, izraisot pasiltināšanos vai atkušņus. Ieplūstošās gaisa masas var būt gan okeāniska, gan kontinentāla tipa – attiecīgi mitras (relatīvais mitrums  $\geq 80\%$ ) un sausas (relatīvais mitrums  $< 50\%$ ) (Draveniece, 2007).

#### 10.4. Sasalstoša ledus un sniega radītā slodze kokiem

Sasalstoša lietus apledojums var radīt ļoti nopietnus koku mehāniskos bojājumus, izraisot to bojāeju vai ievērojami samazinot virszemes biomasas apjomu un fotosintezējošo auga daļu kopējās virsmas laukumu. Šāda ledus akumulācija ir viens no visbiežākajiem un postošākajiem dabiskajiem traucējumiem mērenajā klimata joslā (Goodnow et al., 2008; Irland, 2000; Olthof et al., 2003).

Ledus vētras izmaina dzīvās un nedzīvās biomasas proporciju mežā, samazina vaina augstumu un lapu platības indeksu, izraisot organisko vielu satura palielināšanos augsnē. Nobiru apjoms, kurš rodas pēc vētras, ir nozīmīgs faktors, aprēķinot oglekļa bilanci meža ekosistēmā (Hooper et al., 2001). Vienas ledus vētras laikā kopējais biomasas apjoms nobiru veidā var pieaugt par 10 līdz 20 reizēm salīdzinājumā ar ikgadējo vidējo nobiru apjomu, piemēram, Amerikas Savienotajās Valstīs pēc 1998. gada ledus vētras *Mont St. Hilaire* cilvēku saimnieciskās darbības neskartā mērenās zonas lapu koku mežā nobiru apjoms sasniedza  $19,4 \text{ tonnas ha}^{-1}$ , (Hooper et al., 2001) (10.18.att.).



10.18.attēls. Izmaiņas biomasas sadalījumā mērenās zonas lapu koku mežā pēc 1998. gada ledus vētras *Mont St. Hilaire* (Hooper, 1999).

Ziemeļeiropā snieglauzes visbiežāk notiek vēlā rudenī vai agrā pavasarī. Šajā laikā raksturīgas biežas temperatūras svārstības un slapjš sniegs, kā arī novērots sasalstošs lietus vai sarmas veidošanās. Savukārt Centrāleiropā šādi bojājumi visbiežāk notiek laikā no septembra līdz maijam (Rottman, 1985). Katru gadu Ziemeļeiropas un Centrāleiropas meža masīvos sniega, ledus un sarmas bojājumu rezultātā tiek zaudēti vidēji 4 milj. m<sup>3</sup> koksnes (Rottmann, 1985). Lielbritānijā, Ziemeļjorkšīras Vukehamas mežos, 1987. gadā notikušās vētras laikā kopējais sniega un sasalstoša lietus radīto zaudējumu apjoms sasniedza 80 tūkst. m<sup>3</sup> (Wright, Quine, 1993). Vācijā sniega izraisīti bojājumi konstatēti vidēji ik pa 3 līdz 7 gadiem (Rottman, 1985). Zviedrijā pagājušā gadsimta otrajā pusē kopumā bijušas 10 ziemas, kurās Zviedrijas mežsaimniecībai tika nodarīti nozīmīgi zaudējumi; sniega vētrās konstatēto bojājumu apmērs variēja robežās no 100 000 līdz 1 milj. m<sup>3</sup> katru ziemu (Schroeder, Eidmann, 1993).

Ledus akumulācijas izraisīto bojājumu apjomu ietekmē ne vien meteoroloģiskie apstākļi, kādos rodas apledojs, bet arī floras un faunas reakcija uz ledus akumulēšanos (Bragg et al., 2003). Apledojs ietekme vērtējama gan individuāla koka, gan audzes un ainavas (meža masīva) līmenī (Irland, 2000).

#### Meteoroloģiskie apstākļi, kas nosaka slodzi un postījumus, to izmaiņu prognozes

Ledus akumulācijas izraisītos bojājumus mežaudzē nosaka uz koka esošā apledojs, slapja sniega vai to kombinācijas masa. Bojājumu apjoms palielinās nesasalušas augsnes, kā arī pastiprināta vēja apstākļos; vējš ietekmē kokus gan tieši - palielinoties slodzei uz kokiem, gan netieši - veicinot apledojs un/vai sniega masas sadalījuma asimetriju (gan uz atsevišķiem zariem, gan koka vainagā kopumā). Koka mehāniskā noturība ir atkarīga ne vien no sniega un ledus apjoma, bet arī no to akumulēšanās radītās slodzes ilguma uz stumbru un vainagu. Kopējais ledus veidošanās laiks un akumulācijas apjoms ir atkarīgs no nokrišņu intensitātes, meteoroloģiskā notikuma ilguma, temperatūras un citiem faktoriem (Bragg et al., 2003). Postījumu apmērs cieši saistīts ar vēju, sniegu un lietu, kuri bieži norisinās vienlaicīgi ar apledojs veidošanos. Ziemeļamerikā veiktajos novērojumos ir konstatēts, ka sasalstoša lietus nokrišņu laikā vēja ātrums un nokrišņu intensitāte ir zema līdz vidēja. Vēja ātruma izmaiņas ietekmē sasalušo nokrišņu akumulācijas apjoma sadalījumu uz koka vainaga. Bezvēja apstākļos

nogulumu akumulācija ir simetriska pa visu vainaga perimetru, bet vēja ietekmē veidojas asimetriska nogulumu akumulācija, pārsvarā vienā koka pusē (Peltola, 2006).

Lielākās sniega un ledus slodzes uz kokiem veidojas, kad apkārtējā gaisa temperatūra nokrišņu laikā (sarma, sniegs, slapjš sniegs, sasalstošs lietus) ir robežās no  $-3^{\circ}$  līdz  $+1^{\circ}$  C, parasti neliela vēja klātbūtnē. Šādos apstākļos sniegs ļoti labi pielīp pie koka stumbra un zariem (Carter et al., 2005; Gregow, 2013; Valinger et al., 1993). Ledus parasti veidojas, kad lietus krīt uz atdzesētas virsmas, kuras temperatūra ir zemāka par  $0^{\circ}$  C (Bragg et al., 2003). Lietus un miglas pilieni, kuri zemās temperatūrās akumulējās uz kokiem, ledus un sarmas veidā rada papildus 50 līdz 60% lielu slodzi (Nykänen et al., 1997). Ledus un sarmas bojājumu raksturs ir ļoti līdzīgs tiem bojājumiem, ko kokiem nodara sniega akumulēšanās (Nykänen et al., 1997). Sniega bojājumi sākas, kad uz vainaga un stumbra akumulētā sniega masa pārsniedz kritisko (koka mehāniskās izturības) robežu.

Akumulētā ledus apjoms uz kokiem variē plašās robežās; Ziemeļamerikā vētra tiek uzskatīta par ledus vētru, ja uz koka zaru un stumbra virsmām tiek akumulēts vismaz 6 mm biezs ledus slānis (Ireland, 2000), taču ledus kārtā var izveidoties pat 15 cm biezumā (Bragg et al., 2003). Ir zināmi gadījumi, kad Ziemeļamerikā notikušās ledus vētrās, ledus slāņa biežums sasniedzis 20 cm, un 15 m augsts koks ar vainaga diametru 6 m ledus vētras laikā akumulējis pat 4,5 tonnas ledus (Oliver, Larson, 1996). Pastāv uzskats, ka nozīmīgi bojājumi kokiem rodas, kad ledus slānis uz zariem pārsniedz 1-2cm (Greene et al., 2007). Uz koku stumbriem vidējais novērotais akumulētā ledus slāņa biežums Amerikas Savienoto Valstu ziemeļaustrumos ir aptuveni 2,5 cm, bet ekstremālos apledošanas notikumos ir fiksēts 20 cm biezs ledus slānis, tādējādi palielinot zaru svaru līdz pat 100 reizēm (Hauer et al., 2008).

Prognozēto klimata izmaiņu rezultātā Somijas dienviddaļā samazināsies sasalušas augsnes periods no 4-5 mēnešiem līdz 2-3 mēnešiem (Kellomäki et al., 2010). Šāda klimata scenārija gadījumā vairāk tiks bojātas jaunaudzis un vidēja vecuma priedes un bērza audzes; koki biežāk tiks izgāzti ar visām saknēm (Kellomäki et al., 2010; Peltola et al., 1999). Kā liecina projekta iepriekšējos pārskatos aprakstītās prognozes, kopumā 21.gs beigās, salīdzinot ar mūsdienām, Eiropas ziemeļu daļā un Baltijas jūras reģionā gada vidējā gaisa temperatūra pieaugs vidēji par  $3,2^{\circ}$  C, bet gada nokrišņu summa palielināsies par 9%.

Klimata izmaiņu scenāriji šim gadsimtam liecina, ka vidējā temperatūra pieaugs visās sezonās. Saskaņā ar attīstības scenāriju A1B vidējo izmaiņu gadījumā globāli prognozēta temperatūras paaugstināšanās par  $4,6 - 5,8^{\circ}$  C janvārī,  $2,2 - 4,0^{\circ}$  C aprīlī,  $2,5 - 4,3^{\circ}$  C jūlijā un  $3,6 - 4,3^{\circ}$  C oktobrī. Savukārt Somijā zinātnieki prognozē, ka tuvākajos 60 gados vidējā gaisa temperatūra šajā valstī pieaugs par  $4 - 7^{\circ}$  C (pēc A1B attīstības scenārija); tiek prognozēts arī, ka ziemas periodā palielināsies spēcīgu lietusgāžu gadījumu skaits un nokrišņu daudzums pieaugs par 20-30 % (Jylhä et al., 2009), kas tādējādi palielina iespējamību, ka veidosies sasalstošais lietus, un palielināsies nokrišņu apjoms sniega veidā. Gregow (2013), par pamatu izmantojot no 1961. līdz 1990. gadam veiktus novērojumus, modelējis izmaiņas sniega izkrišanas biežumā Somijas teritorijai. Autors skaidro, ka laika periodā no 1990. līdz 2020. gadam visā valstī vidēji dienu skaits gadā ar sniega slodzēm, lielākām par  $20 \text{ kg m}^{-2}$ , samazināsies par 11 %, bet laika periodos no 2020. līdz 2050. gadam un no 2070. līdz 2099. gadam - attiecīgi par 23% un 56 %. Savukārt modelējot izmaiņas atsevišķi Somijas dienvidu un austrumdaļai, tiek prognozēts, ka laika periodā no 1990. līdz 2020. gadam šajā valsts daļā pieaugs gadījumu skaits ar lielām sniega slodzēm virs  $30 \text{ kg ha}^{-2}$  (Gregow et al., 2011). Sagaidāms arī, ka Somijas dienviddaļā un austrumdaļā laika periodos no 2020. līdz 2050. gadam pieaugs par 22-45 % (salīdzinot ar laika periodā no 1990. līdz 2020. gadam) liela apjoma sniega izkrišanas biežums (Carter et al., 2005; Gregow, 2013; Raisanen, 2008).



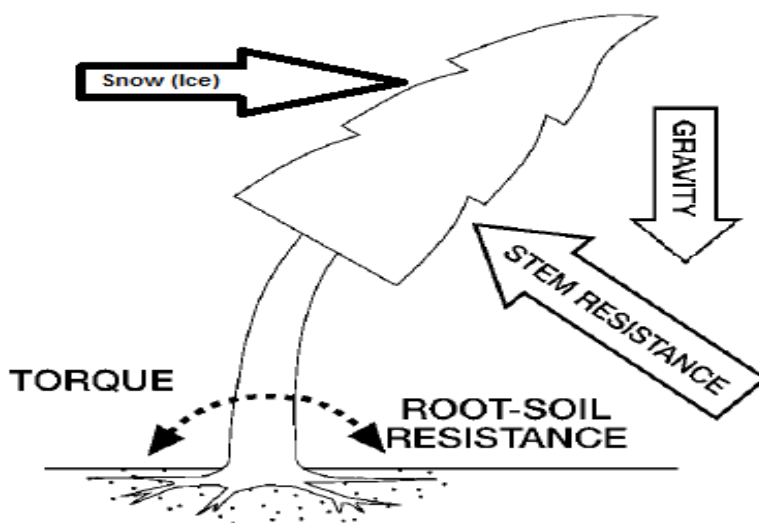
### Bojājumi un noturību nosakošie faktori atsevišķiem kokiem (individuāla koka līmenī)

Nozīmīgākās koku īpašības, kas nosaka to noturību pret apledošanas slodzi, dažādām sugām ir ļoti atšķirīgas. Ledus bojājumu apmērs atkarīgs no konkrētās sugas, koksnes blīvuma un zarainības, ko savukārt ietekmē audzes biežība un koku augšanas ātrums. Ledus vētru atkārošanās, bojājuma raksturs, koku tolerance pret ledus un sniega akumulāciju, noturība pret infekcijām un kukaiņu uzbrukumiem nosaka koka turpmāko dzīvotspēju. Koku stumbru strukturālā integritāte, galvenokārt atkarīga no akumulētā ledus daudzuma un koksnes fiziskā mehāniskajām īpašībām (Bragg et al., 2003). Individuālu koku spēja izturēt ledus slodzi ir cieši saistīta ar vairākiem faktoriem – koksnes stiprību, stumbra taisnumu, sakņu sistēmas vitalitāti, vainaga simetriskumu un zarojuma struktūru. Novirzes vai nepilnības kādā no šiem rādītājiem var veicināt bojājumu rašanos (Päätaalo et al., 1999).

Kopumā visnoturīgākie pret ledus akumulācijas slodzi ir mežaudžu malās un atvērumos vai klajumos augoši koki ar neproporcionāliem un platiem vaināgiem (Larson, 1963). Bieži bojājumu cēlonis ir nevienmērīga nokrišņu akumulēšanās, ko veicina koka morfoloģijas īpatnības un vainaga asimetrija, kas nosaka nevienmērīgu un mainīgu slodzes sadalījumu (Turcotte et al., 2012).

Nogulumiem akumulējoties vienā vainaga pusē, uz stumbru tiek radīta slodze horizontālā virzienā, nedaudz to noliecot, un papildus tai šajā brīdī uz stumbru sāk darboties gravitācijas spēks, radot slodzi vertikālā virzienā. Brīdī, kad pieliktais spēks (sniega un ledus slodze) nav līdzsvarā ar pretdarbības spēku, sistēma sabrūk vai deformējas, respektīvi, kad stumbra vai sakņu rezistence ir mazāka par papildus slodzi, tad stumbrs vai saknes lūzt (10.19.att.) (Peltola, 2006).

Pētījumos Ziemeļamerikā konstatēts, ka terpentīna priedēm (*Pinus taeda* L.) 18 - 20 gadu vecumā koki, kuri bija nolikti no stumbra garenass ne vairāk kā par 40°, spēja atgūt vertikālu stāvokli 2 gadu laikā, 40° līdz 60° leņķī noliektie koki 2 gadu laikā spēja atliekties, saglabājot nelielu ieliekumu, savukārt, ja koki bija saliekušies vairāk kā par 60°, tad tie neizdzīvoja (Bragg, Shelton, 2010; Nykänen et al., 1997). Tomēr kokiem, kuri ilgāku laiku (vismaz piecus gadus) ir bijuši saliekti (vismaz par 20-25° no stumbra garenass), konstatētas koksnes kvalitāti pazeminošas problēmas, tāpēc saliektas priedes iesaka izvākt, jau veicot sniega un/vai ledus vētras radīto seku likvidācijas pasākumus, negaidot to iespējamo atliekšanos (Patterson, Hartly, 2007).



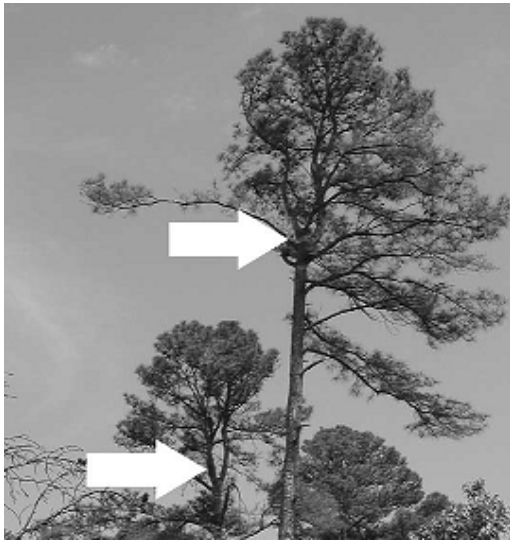
Apzīmējumi un to tulkojumi: Snow (Ice) – sniegs (ledus); gravity- gravitācijas spēks; stem resistance - stumbra rezistence, torque – lūzuma moments; root-soil resistance - sakņu rezistence

10.19.attēls. Stumbra noturība pret mehāniskiem bojājumiem (Peltola, 2006).

Priedei (*Pinus sylvestris*) un bērzam (*Betula pendula* un *Betula pubescens*) sasalušas augsnes apstākļos kā sniega un ledus bojājumus lielākoties novēro stumbra lūzumu vai liekumu, savukārt nesasalušas augsnes apstākļos var novērot koka izgāšanos ar visām saknēm, kas parasti vairāk raksturīgi eglei (*Picea abies* (L.) H.Karst) tās salīdzinoši seklās sakņu sistēmas dēļ (Gregow, 2013). Koku izgāšana var notikt, ja akumulētā sniega un ledus slodze pārsniedz sakņu stiprību (Valinger et al., 1993). Koku izgāšanās raksturīga veciem kokiem ar lielu stumbra caurmēru un vainagu (Peltola et al., 1999), tomēr koku izgāšanās sastopama arī jaunās un koptās audzēs (Hlásny et al., 2011). Sakņu noturību pret izgāšanos var izteikt ar formulu:  $\text{augstums} \times d^2$ , kas nozīmē, ka stumbra caurmēra ietekme uz koku izgāšanos ir ievērojami lielāka nekā augstuma ietekme. Ņemot vērā, ka ziemas periodā meža augsnes pārsvarā ir sasalušas, tad koku izgāšanās risks ir zemāks, salīdzinājumā ar stumbra lūzumu vai liekumu rašanās iespēju (Peltola et al., 1999)., Gadījumos, kad vēja slodze uz vainagu pieaug vienlaicīgi ar vismaz 20 kg m<sup>-2</sup> lielu sniega slodzi, stumbra lūzumi var rasties biežāk nekā koku izgāšana ar visām saknēm (Gregow, 2013).

Sniega uzkrāšanās un ledus veidošanās var izraisīt arī atsevišķu zaru nolūšanu. Šajā aspektā liela nozīme ir leņķim, ko veido zars ar stumbra garenasi – jo platāks šis leņķis, jo lielāka sniega akumulēšanās iespēja uz tiem. Tomēr uz zariem, kas nedaudz noliekušies uz leju no horizontālā stāvokļa (raksturīgs eglei) liela sniega daudzuma akumulēšanās varbūtība ir mazāka (Haurer et al., 2008; Nykänen et al., 1997). Pētījumā par Sitkas egles (*Picea sitchensis*) zaru izturību pret akumulēta ledus mehānisko iedarbību noskaidrots, ka zars, kura garums lielāks par 30 cm un kuram ir pieci pāri perpendikulāru laterālo dzinumu, lūst, slapja sniega kārtas slānim sasniedzot 4 - 8 cm biezumu; sniega kārtas pārbaudēs bija uzklāta vienmērīgā slānī visā zara un tā laterālo dzinumu garumā. Salīdzinājumam, 30 cm bieza slapja sniega kārtas var radīt 5 - 10 kg m<sup>-2</sup> lielu slodzi (Tomaszewski, Ruszczak, 2013). Vienkāršoti aprēķini rāda, ka vislielākais lieces moments uz zariem ir aptuveni 0,2 m attālumā no stumbra (Greene et al., 2007).

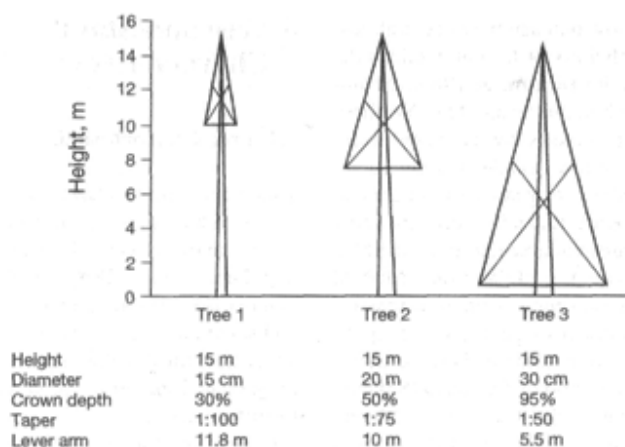
Vidēja sniega un ledus apjoma akumulācijas gadījumos bojājumi var izpausties kā vainaga augšējās daļas (galotnes) lūzumi, bet liela sniega un ledus apjoma izraisīti bojājumi - kā stumbra lūzumi (Ireland, 2000; Nykänen et al., 1997; Zubizareta – Gerendiaín et al., 2012). Atšķirības lūzuma augstumā nosaka koka suga un vecums, taču visbiežāk novērots, ka lūzums noticis zonā 25-30% no koka augstuma, mērot no stumbra pamatnes (Nykänen et al., 1997). Piemēram, eglei raksturīgi jaunāko dzinumu lūzumi, savukārt parastajai priedei un bērzam lūzumi raksturīgi vainaga vidū, tieši zem vainaga vai tuvāk sakņu kaklam. Ja lūzums bijis vainaga daļā un koks spējis atjaunoties, tad tam parasti izveidojas vairākas galotnes (10.20.att.). Lūzums zaļā vainaga zonā samazina ikgadējo pieaugumu, un pasliktinās koka pozīcija audzē; bieži vien koki pietiekami ātri atgūst vitalitāti, tomēr iespējama koksnes vērtības samazināšanās (Nykänen et al., 1997). Ja lūzums noticis zemāk par zaļo vainagu, tad koks aizies bojā.



10.20.attēls. Sniega un ledus izraisītas stumbra un vainaga deformācijas (Bragg et al., 2003).

Vienas un tās pašas sugas ietvaros vienas mežaudzes līmenī stumbra lūšanas atšķirības nosaka atšķirīgais koksnes relatīvais blīvums stumbros; koksnes blīvums mainās dažādās stumbra zonās (Bragg et al., 2003). Kokiem ar mazāku koksnes blīvumu ir mazāka rezistence pret bojājumiem nekā kokiem ar blīvāku koksni (Bragg et al., 2003). Lenhart et al. (1977) noskaidrojuši, ka terpentīna priedei (*Pinus taeda* L.) saknēs un stumbra vainaga daļā relatīvais koksnes blīvums ir mazāks nekā stumbra pamatnes daļā. Koksnes blīvums stumbra garumā samazinās vidēji par  $44 \text{ kg m}^{-3}$  virzienā uz augšu (Patyakin et al., 1990). Šīs atšķirības ļauj izprast, kādēļ koki galvenokārt lūzt vainaga daļā vai tiek izgāzti. Koku lūšanu pie pamatnes parasti izraisa stumbra koksnes kvalitāti ietekmējoši defekti, piemēram, trupe, māzeri u.c. (Bragg et al., 2003).

Stumbra lūzumi vai koku izgāšanās visbiežāk novērojama kokiem, kuri aug audzes malās, kur papildus sniega slodzei ir lielāka arī vēja ietekme. Koki ar slaidākiem stumbriem var salūzt pie salīdzinoši mazākām slodzēm nekā tāda paša augstuma un sugas koki ar lielāku stumbra caurmēru. Šauri, koniski vai piramidāli vainagi (eglei) ir rezistentāki pret sniega bojājumiem nekā citas vainaga formas (piemēram, apaļi, plati vainagi, „vāzes” formas, kā gobai, ozolam), jo tiem ir mazāks horizontālās virsmas laukums Päätaalo et al. (1999) konstatējuši, ka stumbra raukums ir galvenais faktors, kurš nosaka vēja bojājumu apjomu priežu un egļu audžu malās augošajiem kokiem, tāpat autori norāda, ka stumbra raukums ietekmē sniega bojājuma apmērus priežu un egļu audzēs. Gadījumos, kad uz priedes un egles vainagu un stumbru ir vismaz  $60 \text{ kg m}^{-2}$  liela sniega slodze un papildus tai  $9 \text{ m s}^{-1}$  liela vēja ietekme, slaidākiem stumbriem (kokiem ar augstumu no 12 līdz 24 m, h/d attiecība ir vismaz 0,83) ir lielāks risks lūzt, savukārt sniega bojājumu īpatsvars samazinās, palielinoties stumbra raukumam. Stumbra raukuma koeficients ir nozīmīgs rādītājs arī ledus bojājumu gadījumos; koki ar slaidiem stumbriem cieš vairāk nekā koki ar lielu stumbra raukuma koeficientu, kritiskā robeža ir no 0,90 līdz 1,00 (Bragg et al., 2003; Cannell, Morgan, 1989; Nykänen et al., 1997). Nykänen et al. (1997) norādījuši, ka kokiem ar slaidiem stumbriem, kuriem stumbra raukuma koeficients (h/d) bija robežās no 0,90 līdz 1,00 (15 m augstums un 15 cm caurmērs), vairāk cieta no sniega bojājumiem nekā koki ar zemāku stumbra koeficientu. Dažām sugām, piemēram, ozoliem, klajumos augošie koki spēj izveidot spēcīgu zarojuma struktūru, kas ir spējīga izturēt apledojuuma slogojumu (10.21.att.).



Apzīmējumi un to tulkojumi: Height, m – augstums, m; diameter - caurmērs; crown depth- vainaga garums; taper - stumbra raukums; lever arm – gravitācijas punkts; tree-koks)

10.21.attēls. Vainaga garuma, stumbra raukuma un koka gravitācijas centra ietekme sniega un ledus bojājumu (Nykänen et al., 1997).

#### Bojājumi un noturību nosakošie faktori mežaudzēm

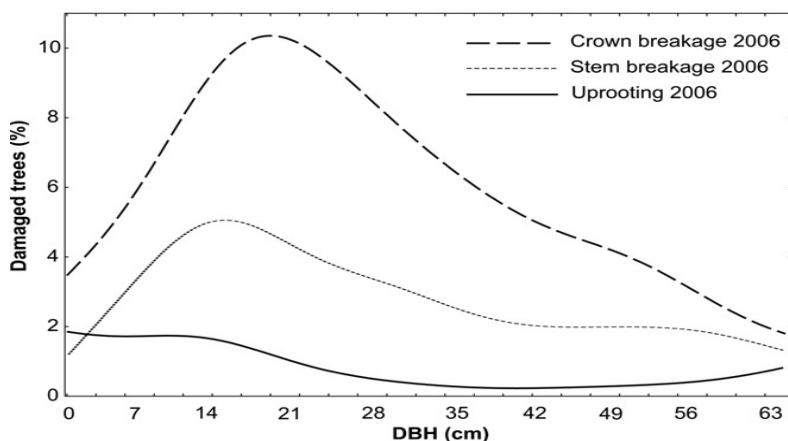
Mežaudžu līmenī ledus akumulācija var radīt gan lokālus, gan plaša mēroga bojājumus vai pat pilnīgu audzes sabrukumu. Ledus bojājumi darbojas arī kā dabiskais traucējums audzes struktūras attīstībā, jo vidēji smagu bojājumu gadījumā var notikt dabiska mehāniski noturīgāko un morfoloģiski vairāk pielāgojušos sugu vai indivīdu atlase audzes vai meža masīva ietvaros. Bieži vien pēc sniega vētrām audzē mainās sugu sastāvs, mazāk rezistentās sugas nomaina rezistentās. Ja audzē kādi no kokiem ir zaudējusi daļu vainaga, saglabājot koka dzīvotspēju, tad mazāk skartie un nebojātie koki iegūst priekšrocības augšanas konkurences apstākļos. Audzes krājas pieaugums samazinās līdz brīdim, kad audzē esošajiem kokiem ir atjaunots pietiekams kopējais lapu/skuju virsmas laukums fotosintēzes nodrošināšanai (Irland, 2000). Sasalstošais lietus un sniega bojājumi var palielināt patogēnu un kukaiņu uzņēmību (Jönsson et al., 2009; Nykänen et al., 1997).

Mežaudzes kopējo noturību pret atmosfēras apledojuumu un atsevišķu koku bojājumu veidu (lauzta galotne vai lūzums stumbra vidusdaļā, sakņu plīsumi nesasalušas augsnes apstākļos (Irland, 2000), liekti vai ar saknēm izgāzti koki (Croxtton, 1939)) nosaka virkne biotisko, abiotisko un edafisko faktoru: sugu sastāvs, vecumstruktūra, biežība, vainagu telpiskais izvietojums un to forma, mežaudzes fiziogēogrāfija (Turcotte et al., 2012), vēja stiprums un, protams, akumulētā ledus daudzums (Haur et al., 2008). Sniega un ledus izraisīto bojājumu pētījumos norādīts, ka to apmērs lielā mērā atkarīgs no koku dimensijām, stumbra koksnes pieauguma, kopšanas pasākumu vēstures. Iepriekš minētie faktori saistīti ar stādīšanas biežumu, augšanas apstākļiem, biežību, izvēlēto kopšanas režīmu un audzes vecumu (Goodnow et al., 2008).

Ziemeļeiropā skuju koku audzēs ir novēroti smagāki sniega un ledus bojājumi nekā lapu koku audzēs (Nykänen et al., 1997); ziemas periodā lapas ir nobirušas, bet skuju kokiem skujas saglabājas un līdz ar to ir arī lielāks virsmas laukums, kur akumulēties nokrišņiem (Petty, Worrell, 1981; Päätaalo et al., 1999). Citos pētījumos turpretī norādīts, ka skuju koki spēj izturēt līdz 40 - 50 kg m<sup>-2</sup> (Nykänen et al., 1997; Zajaczkowski, 1991) lielu slodzi (aptuveni 50 cm bieža sniega kārtā), bet lapu koki lūzt, sākot ar 25 kg m<sup>-2</sup> lielu slodzi (Rottman, 1985). Literatūrā ir minēts, ka lapu kokiem šāda situācija ar paaugstinātas slodzes apstākļiem parasti novērojama, kad atmosfēras apledojuums kā sezonāls ekstrēms izveidojas rudenī vēl pirms lapu nokrišanas

(Turcotte et al., 2012). Taču Latvijā ir bijuši gadījumi, kad ledus spēcīgi bojājis bērza audzes, kad kokiem lapas jau bija nobirušas, nesenaikais no tiem 2012. gada decembrī. Cilvēka saimnieciskās darbības neskartās platībās (nekoptas audzes ar augstiem, tieviem kokiem) skuju koki var lūzt pat pie nelielas sniega slodzes ( $10\text{--}25\text{ kg m}^{-2}$ ), kamēr audzēs, kurās veikti dažādi mežsaimnieciski pasākumi, koki ir spējīgi paciest lielākas sniega slodzes - šādās audzēs konstatēti sniega izraisīti stumbra lūzumi pie  $54\text{--}60\text{ kg m}^{-2}$  lielas sniega slodzes (Peltola et al., 1999; Päätaalo, 2000). Nekoptās priežu audzēs kokiem raksturīgs mazs stumbra raukums (Nykänen et al., 1997; Päätaalo, 2000; Valinger et al., 1993). Šādās audzēs ar lielu biežumu, mazu stumbra raukumu, nesimetriskiem un augstiem koku vainagiem, koki ir uzņēmīgāki pret vēja, sniega un ledus bojājumiem. Pārsvārā gadījumu cieš dominējošie audzes koki, taču ir bijuši gadījumi, kad audzē cietuši koki ar augstumu zem vidējā audzes augstuma vai nomāktie koki (Nykänen et al., 1997). Novērtā būtiska atšķirība bojājuma smagumā starp audzē esošajiem kokiem, ņemot vērā to stāvokli audzē: ja audzes dominējošajiem kokiem raksturīgākais bojājums ir galotnes zaudēšana, tad zem audzes vidējā augstuma augošie un nomāktie koki lūza zem zaļā vainaga (Nykänen et al., 1997; Päätaalo et al., 1999; Zubizareta – Gerendiain et al., 2012).

Jaunaudzēs liela sniega akumulācijas gadījumos bojājumi mēdz būt lielāki, jo šīs audzes ir biezas, ar vājākiem stumbriem un īsiem, asimetriskiem vainagiem. Šādās audzēs liels ir grupveida bojājumu (koku izgāšanās) risks; reti novēroti stumbra lūzumi (Nykänen et al., 1997). Vidēja vecuma un vecākām audzēm raksturīgi stumbra lūzumi, kuri notiek, kad stumbra liekšanās rezistence ir mazāka par sakņu stiprību, piemēram, eglei stumbra rezistenci pret lūzumiem raksturo funkcija  $d^3$  (Nykänen et al., 1997; Petty, Worrell, 1981). Hlásny et al. (2011) savā pētījumā atklājuši, ka stumbra lūzumi pieaugušos egļu – dižskābaržu mežos visvairāk konstatēti 16 – 20 cm caurmēra grupā (10.22.att.). Vidēja vecuma un vecākās audzēs stumbra izgāšanos ar visām saknēm lielā mērā ietekmē vēja stiprums, sniega slodze un zemes gravitācijas spēks; konstatēts, ka 30-100 gadus vecās audzēs koki var izgāzties, ja sniega slodze uz stumbra un zariem ir  $17\text{--}53\text{ kg m}^{-2}$  koptās audzēs un  $10\text{--}23\text{ kg m}^{-2}$  nekoptās audzēs (Päätaalo, 2000).



Apzīmējumi un to tulkojumi: damaged trees (%) - bojāto koku īpatsvars; DBH (cm)- koka krūšaugstuma caurmērs, cm; crown breakage- vainaga lūzums; stem breakage – stumbra lūzums; uprooting- koka izgāšanās ar visām saknēm 10.22.attēls. Caurmēra ietekme uz bojājumu īpatsvaru egles – dižskābarža audzēs (Hlásny et al., 2011).

#### Audzēs noturību veicinošie faktori

Rūpīgi izvēloties pareizos apsaimniekošanas paņēmienus, ir iespējams samazināt bojājumus vai pat izvairīties no tiem. Valinger et al. (1993) secina, ka ar kopšanas pasākumiem iespējams par 40 % samazināt bojājumu risku. Audzes izretināšanas rezultātā tiek atbrīvota telpa atstāto koku

vainagu ekspansijai, kas jaunajos, labvēlīgajos apstākļos notiek ļoti strauji. Pēc kopšanas kokiem jāaklimatizējas jaunajiem apstākļiem, parasti tas notiek dažu gadu laikā (līdz trīs gadiem) pēc kopšanas pasākumiem, pieaugot stumbra caurmēram un nostiprinoties sakņu sistēmai (Zubizarreta – Gerendiain et al., 2012). Pēc kopšanas zaru garuma pieaugumi ir visai lieli, bet zaru radiālais pieaugums, kas nodrošina lieces izturību, veidojas lēnāk. Tā rezultāta jaunie, garie dzinumi ledus slodzes ietekmē lūst.

Mežaudzes, kurās nesen bijusi kopšanas cirte, pieskaitāmas pie apledojuama bojājumu riska grupas, kā arī tās ir pakļautas sniega un vēja bojājumiem (Bragg et al., 2003). Jāizvairās no kopšanas paaugstināta riska audzēs, piemēram, blakus plašiem izcirtumiem valdošo vēju virzienā. Veicot kopšanas pasākumus šādās audzēs, Carvell et al. (1957) iesaka vienā paņēmienā neizvēt vairāk par 30 % no koku skaita; prioritāri ir jāizvēc slaidākie stumbri, koki ar lieliem vainagiem. Vienāda vecuma audzes iesaka aizstāt ar dažāda vecuma un augstuma kokiem, šāda apsaimniekošanas veida rezultātā var iegūt lielāku dominējošo koku stumbra raukumu (Valinger et al., 1993). Pārbiezinātās priedes un egles audzēs (6900 koku ha<sup>-1</sup>) sniega bojājumi konstatēti biežāk nekā, ja audzē stādīts 1700 līdz 3000 koku ha<sup>-1</sup>, kas norādīts kā ieteicamais audzes biezums bojājumu riska samazināšanai (Nykänen et al., 1997).

Audzēs kopšanu ieteicams veikt, kad audzē notikusi vainagu saslēgšanās un koki nav pārsnieguši 10 m augstumu; šādi kopjot, iespējams palielināt stumbra raukumu. Kopšanu neiesaka atlikt ilgāk par laiku, kad koki sasniedz 20 m augstumu, jo vēlāk paaugstinās audzes bojājumu risks (Nykänen et al., 1997). Nekoptās audzēs raksturīgs, ka koku vainagi ir cieši sakļāvušies un uz tiem akumulējas liels apjoms izkritušā sniega, savukārt retākās audzēs, kur koku vainagi nav cieši sakļāvušies kopā, tikai daļa no izkritušā sniega akumulējas uz koka vainaga, bet daļa - uz zemes. Kopjot iesaka ievērot vienmērīgu lielo un mazo dimensiju koku izvietojumu, tādā veidā iespējams novērst liela apjoma sniega akumulāciju uz koku galotnēm, pretstatā nevienmērīgam dažādu dimensiju koku izvietojumam, kad audzes jaunākie, mazāka izmēra koki aug grupās, veidojot lielāku sniega akumulācijas virsmas laukumu, un tādā veidā palielinot iespējamo slodzi uz kokiem un līdz ar to arī bojājumu risku (Nykänen et al., 1997). Gan nekoptās audzēs (Gregow, 2013), gan kopšanā „no augšas” (izvēcot 25 % no audzes šķērslaukuma - tikai dominējošos kokus) palielinās bojājumu iespējamība, tādēļ iesaka kopt „no apakšas”, izvēcot augšanā atpalikušos un nomāktos kokus (Gregow, 2013; Nykänen et al., 1997). Kopjot „no apakšas”, kopšanas intensitāte neietekmē ledus un sniega izraisītu bojājumu apjomu, izņemot gadījums, kad vidējas intensitātes (25 % no audzes šķērslaukuma) kopšanas cirtes rezultātā tiek atstāti zemas kvalitātes, nomākti koki, jo šādi koki nespēj aklimatizēties jaunajiem apstākļiem un var tikt bojāti (Carvell et al., 1957; Valinger et al., 1993). Veicot kopšanu „no apakšas”, paaugstināts bojājumu risks audzē var saglabāties turpmākos piecus gadus, bet, veicot kopšanu „no augšas” – astoņus gadus (Nykänen et al., 1997).

### **10.5. Sasalstoša lietus ietekmēto mežaudžu novērtējums**

Pārskata periodā bija paredzēts ievākt materiālu ledus un sniega bojājumu statistiskam novērtējumam priežu un egļu audzēs 100 nogabalos katrai koku sugai. Ledus bojājumu skartajā teritorijā pēc taksācijas datiem (valdošā suga, vecums, meža tips, nogabala platība) izlozētas un apsekotas 263 audzes, kurās izvietoti parauglaukumi un veikta sākotnējā inventarizācija (uzmērīšana). Saskaņā ar sākotnējās inventarizācijas rezultātiem, parauglaukumos raksturojot koku sugu sastāvu, vecumu, bojājumus, turpmākiem mērījumiem (katrā nogabalā palielinot parauglaukumu skaitu līdz 10) izvēlētas 163 audzēs, kopumā uzmērot 30198 kokus (10.1.tab.). Papildus apsekošana (inventarizācija – 10.1. tab.) veikta mistraudžu atlasei un egļu audzēs uzmērīšanas darbu beigu posmā, raksturojot bojājuma pakāpes varbūtējās izmaiņas un fiksējot,

vai audzē jau nav veikta izstrāde. Ledus masas uz kokiem raksturošanai 12 dažāda vecuma priežu audzēs (3.kv.21.nog., 9.kv.54.nog., 14.kv.10 un 12.nog., 26.kv.22.nog., 27.kv.26.nog., 32.kv.15.nog., 43.kv.28., 29., 31., 34.nog., 66.kv.19.nog.) pēc nejaušības principa izvēlēti kopumā 57 valdaudzes koki (caurmērs 3-18 cm) un veikta to virszemes biomasas svēršana ar apledojuumu un pēc ledus nokušanas.

### 10.1.tabula

#### Sasalstoša lietus bojāto audžu taksācijas rādītāji

Valdošā suga	A-10 <sup>a</sup>	Nogabalu skaits <sup>b</sup>	D, cm <sup>c</sup>	H, m <sup>c</sup>	Uzmērīto koku skaits <sup>c</sup>		Bojātie koki <sup>c</sup>		G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	hd <sup>-1</sup> I stāva koki	
					I stāvs	II stāvs	I stāvs	II stāvs		Vesēlie	Bojātie
Egle	2	1	14	11	196	73	10	34	16	0,83	1,42
	4	11 (7)	17	17	1167	1092	365	496	27	1,01	1,18
	6	14 (8)	22	22	1340	1030	436	302	32	1,00	1,04
	7	3	24	22	224	162	53	47	31	0,94	1,05
	8	7 (1)	26	25	562	594	110	126	39	0,98	0,98
	9	4	30	27	307	288	51	78	38	0,96	0,98
	10	6	27	24	521	454	95	108	37	0,93	1,04
	11	4	30	25	311	374	58	114	38	0,90	0,94
Mistrots	5	3 (1)	22	22	1377	793	267	341	33	0,80	1,07
	6	7 (4)	24	23	914	551	217	264	31	0,95	1,12
	8	4	28	27	431	269	196	164	35	1,04	1,11
Priede	2	12 (12)	8	6	2504	1002	810	317	5	1,03	1,11
	4	7 (7)	14	14	150	29	66	10	17	0,86	0,99
	5	4 (1)	18	19	1305	562	400	146	24	0,96	1,04
	6	19 (16)	20	21	1252	858	337	216	26	0,94	1,02
	7	2 (1)	25	22	87	42	29	17	19	0,98	1,17
	8	15 (7)	26	24	1372	1090	294	280	29	0,89	0,93
	10	18 (6)	28	26	306	182	123	56	33	0,99	1,10
	11	1	23	23	768	494	225	142	35	0,98	1,03
	12	20 (3)	28	24	352	288	61	36	31	1,00	1,05
Pirms inventarizācijas apsekotās audzes <sup>d</sup>		88 (38)	24	22	7993	4529	2327	1393	29	0,97	1,06
Pēc inventarizācijas apsekotās audzes <sup>d</sup>		75 (36)	20	18	7514	5816	1882	1938	28	0,94	1,08

<sup>a</sup> Vecuma desmitgades.

<sup>b</sup> Iekavās aiz apseko to nogabalu skaita dots nogabalu skaits, kuros veikta kopšana.

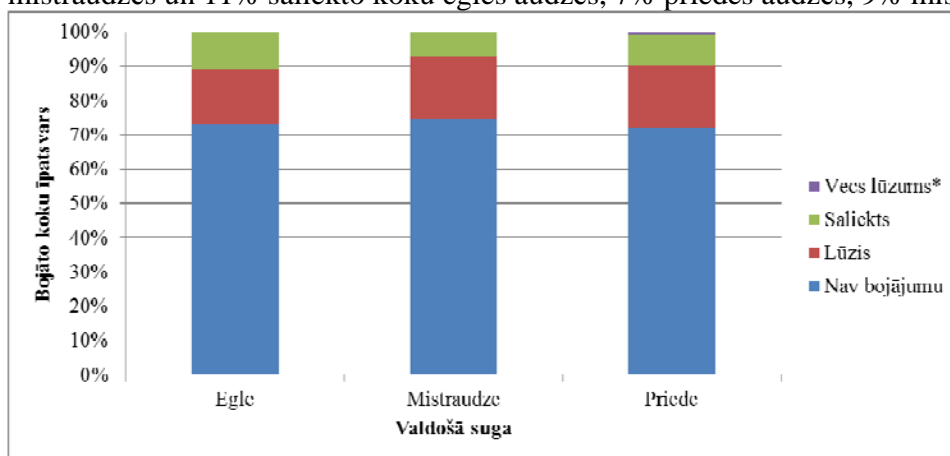
<sup>c</sup> Analizēti tikai pirmā un otrā stāva koki.

<sup>d</sup> Daļai objektu tika veikta apsekošana pirms mērījumu uzsākšanas (apsekošanas laikā konstatēja, vai nogabalā nav notikuši bojājumu likvidēšanas darbi, vai mežaudzes sastāva formula atbilst metodikā izvirzītajiem kritērijiem u.c.).

#### Bojāto koku īpatsvars

Ņemot vērā sugas iespējamo ietekmi uz bojājumu īpatsvaru, analizējot rezultātus, audzes tika sadalītas pa valdošajām sugām (izmantojot mežaudzes sastāva formulu no taksācijas datiem). Tika izveidotas trīs grupas ar nogabaliem - egle, mistraudze un priede. Grupas "egles" un

”priedes” veidoja audzes, kuru mežaudzes formulā sastāva koeficients valdošai sugai bija lielāks vai vienāds ar septiņi (attiecīgi egles  $\geq 7E$  un priedes  $\geq 7P$ ), bet mistraudzēs sastāva koeficients valdošai sugai (egle vai priede) bija pieci vai seši (piemēram, 5E5P, 6E4P, 6E4B u.tml.). Konstatēts, ka bojāto un nebojāto koku skaits priedes, egles un mistrotās audzēs ir atšķirīgs. Priedes audzēs kopumā uzskaitīti 12265 koki, no kuriem 4754 bija bojāti, egles audzēs uzskaitīti 7643 koki, no kuriem bojāti bija 2847 koki, savukārt mistrotās audzēs uzskaitīti 2008 koki, no kuriem bojāts bija 681 koks. Rezultāti liecina, ka bojāto koku īpatsvars egles un priedes audzēs būtiski neatšķiras ( $p > 0,05$ ) un ir attiecīgi 28% un 27% (10.23.att.). Salīdzinot koku bojājumu – laužus vai saliekus (ar vārdu „saliekts” šeit un turpmāk tekstā apzīmēti koki, kuriem konstatēta stumbra novirze no vertikālās ass vismaz par 15 grādiem) – konstatēta būtiska ( $p < 0,05$ ) koku sugas ietekme uz saliekto un laužto koku īpatsvaru. Visās audzēs lūzušo koku ir aptuveni divas reizes vairāk nekā saliekto koku: 16% laužto koku egles audzēs, 18% priedes audzēs, 18% mistraudzēs un 11% saliekto koku egles audzēs, 7% priedes audzēs, 9% mistraudzēs.

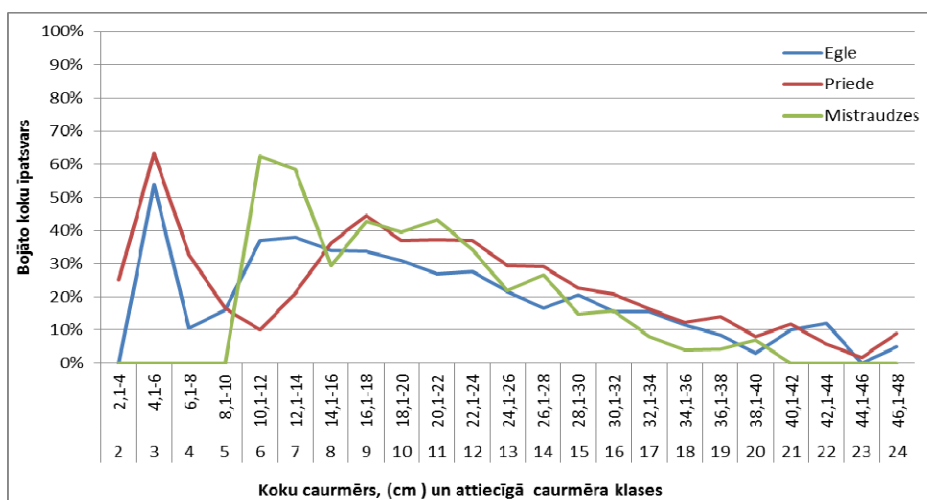


\* tāds lūzums, kurš radies iepriekšējā sezonā pirms novērojuma uzsākšanas (noteikts vizuāli).  
10.23.attēls. Bojāto koku īpatsvars priedes, egles un mistrotās audzēs.

#### Bojāto koku īpatsvars pa caurmēra pakāpēm

Analizējot kopējo bojāto valdaudzes koku īpatsvaru (10.24.att.), konstatēts, ka lielākais bojāto koku īpatsvars (63 %) bija priedes audzēs trešajā (4,1-6 cm) caurmēra pakāpē, šajā pašā caurmēra pakāpē augsts bojāto koku īpatsvars (54 %) novērots arī egles audzēs, savukārt mistrotās audzēs vislielākais bojājumu īpatsvars (62 %) konstatēts sestajā (10,1 -12 cm) caurmēra pakāpē. Kopumā gandrīz visās caurmēra pakāpēs no sasalstošā lietusa radītajiem bojājumiem vairāk cietuši valdaudzes koki priedes audzēs, taču visās audzēs novērota līdzīga tendence, ka, pieaugot stumbra caurmēram, samazinās bojāto valdaudzes koku īpatsvars. Mistrotās audzēs bojāto koku īpatsvars ir nedaudz (bet statistiski būtiski -  $p$ -vērtība  $< 0,05$ ) zemāks nekā egles vai priedes audzēs.

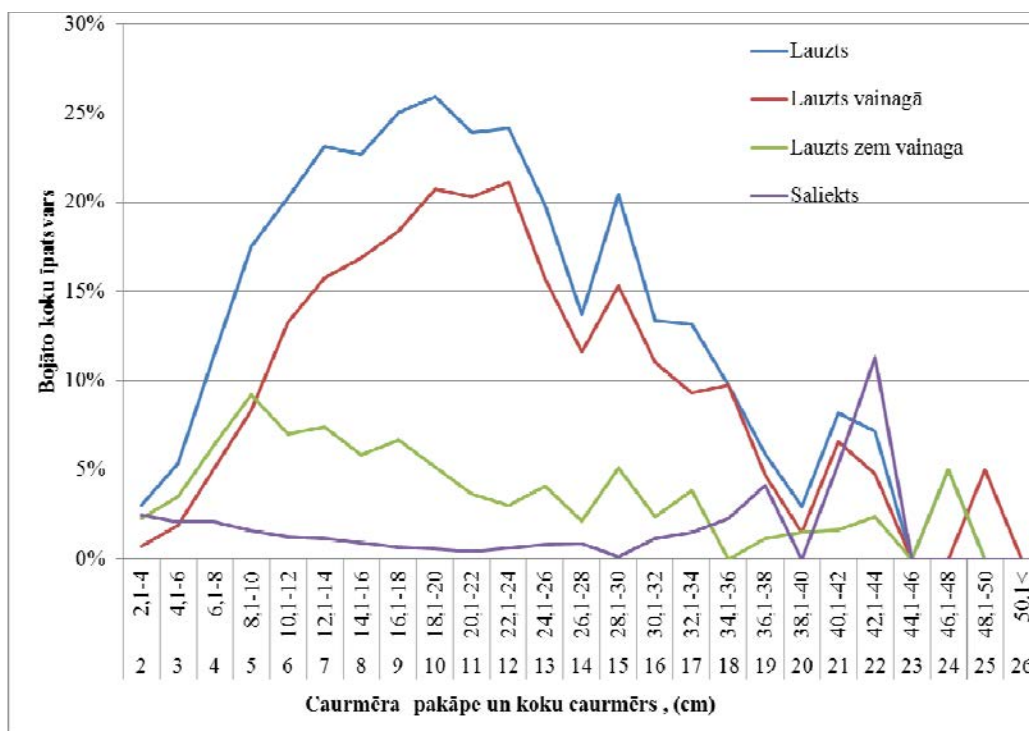




10.24.attēls. Bojāto valdaudzes koku īpatsvars pa dažādām valdošajām sugām

Egles audzēs valdaudzes kokiem zaļais vainags veido vidēji 57 % no stumbra kopgaruma, bet konstatētais vidējais relatīvais lūzuma augstums ir 76 % no stumbra kopgaruma (skaitot no stumbra pamatnes). Analizējot kokus pa 2 cm caurmēra pakāpēm, konstatēts, ka egles audzēs laužo koku īpatsvars pieaug vienmērīgi, līdz sasniedz 26% laužo koku caurmēra pakāpē 18,1-20 cm, un strauji samazinās līdz caurmēra pakāpei 26,1-28 cm, sasniedzot 12% īpatsvaru (10.25.att.). Laužo koku īpatsvars atkal paaugstinās caurmēra pakāpē 28,1-30 cm, kur konstatēti 20% laužo koku, taču, caurmēram vēl palielinoties, laužo koku īpatsvars egles audzēs atkal samazinās; netika konstatēti lauži koki caurmēra pakāpēs, lielākās par 46,1-48 cm.

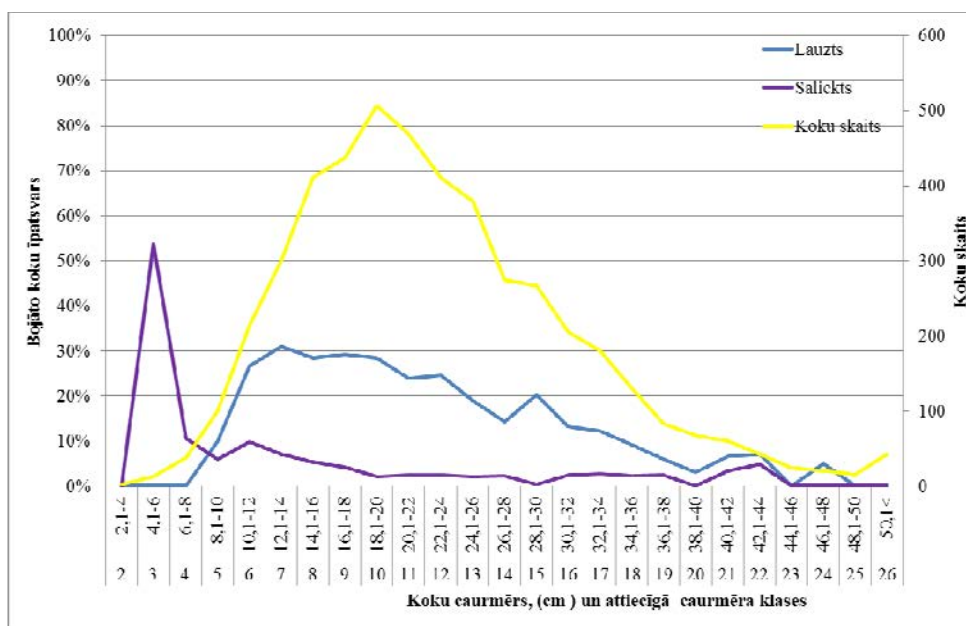
Analizējot stumbra lūzuma vietu (laužts vainagā vai zem pirmā zaļā zara), konstatēts, ka egles audzēs koki ar lūzumiem zem vainaga veidoja 31% no laužo koku īpatsvara; noskaidrots, ka egles audzēs lūzumi zem vainaga raksturīgi tievākiem kokiem, jo lielākais šādu koku īpatsvars konstatēts 8,1-10 cm caurmēra pakāpē (9%). Novērots, ka koku īpatsvars ar lūzumiem zem koka vainaga, variējot pakāpeniski samazinās caurmēra pakāpēs 10,1-36 cm (attiecīgi no 7 līdz 0 %), bet lūzumi zaļajā vainagā pakāpeniski pieaug līdz 22,1-24 cm caurmēra pakāpei, sasniedzot 21%, savukārt caurmēra pakāpēs 22,1-50,1 cm bojājumu īpatsvars variējot pakāpeniski samazinās. Egles audzēs tievākiem kokiem saliekšanās risks ir neliels - konstatēts, ka saliekto koku īpatsvars caurmēra pakāpēs zem 28,1-30 cm ir robežās no 0,1 līdz 2,5 % no visiem uzmērītajiem kokiem egles audzēs; saliekto koku īpatsvars palielinās, sākot ar caurmēra pakāpi 28,1-30 cm, sasniedzot 11 % no visiem uzmērītajiem kokiem. Visaugstākais bojāto (saliekto) koku īpatsvars konstatēts 40,1-42 cm un 42,1-44 cm caurmēra pakāpēs, bet, tā kā šajās caurmēra pakāpēs tika uzmērīts salīdzinoši mazs koku skaits, šo iegūto rezultātu nevar vispārināt.



10.25.attēls. Sasalstoša lietus bojāto egļu īpatsvars dažādās caurmēra pakāpēs.

Analizējot egļu audzēs bojāto valdaudzes koku īpatsvaru (10.26.att.), konstatēts, ka intervālā 4,1-8 cm caurmēra pakāpēs konstatēti tikai saliekti koki, attiecīgi 54 % un 11 % (tomēr jāņem vērā, ka šajās caurmēra pakāpēs tika uzņemti maz koku - 51). Caurmēra pakāpēs robežās no 8,1-22 cm saliektu koku īpatsvars samazinās no 11 % līdz 2 %, bet, vēl palielinoties valdošo koku caurmēram, saliektu koku īpatsvars svārstās starp 2 % un 3 %. Tas nedaudz pieaug 42,1-44 cm caurmēra pakāpē, kur konstatēti 5 % saliektu koku, bet, sākot ar caurmēra pakāpi 44,1-46 cm, saliektie koki netika konstatēti.

Egles audzēs laužti valdaudzes koki konstatēti, sākot 8,1-10 cm caurmēra pakāpi (10 % laužto koku); caurmēra pakāpēs 10,1-20 cm laužto koku īpatsvars variē robežās no 27 % līdz 31 %. Novērots, ka laužto koku īpatsvars pakāpeniski samazinās, sākot ar 20,1-22 cm caurmēra pakāpi, kur konstatēti 24 % laužto koku; bet, sākot ar caurmēra pakāpi 48,1-50 cm, netika konstatēti bojātie koki.

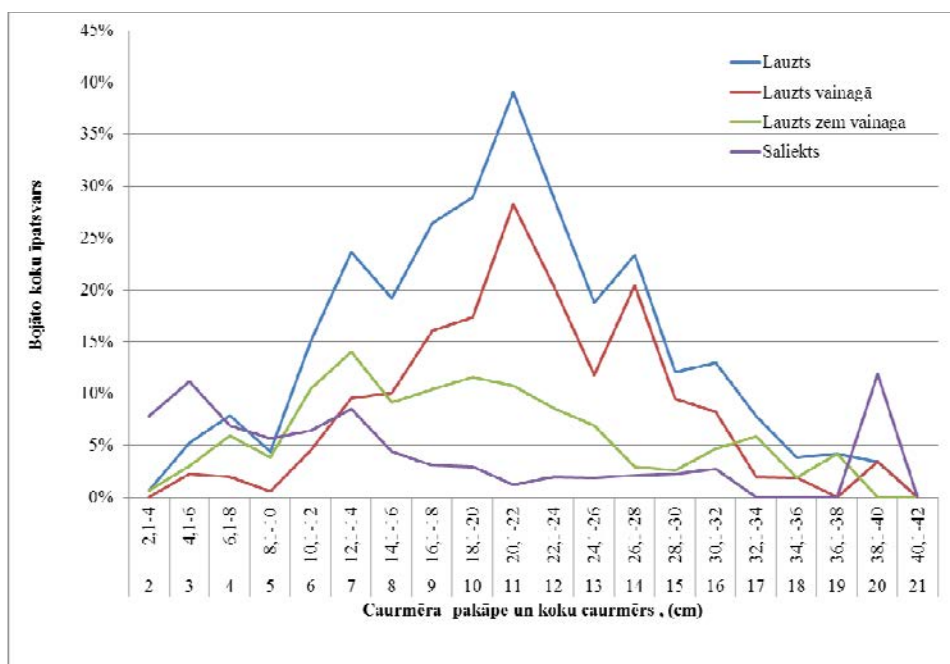


10.26.attēls. Sasalstoša lietus bojāto valdaudzes egļu īpatsvars dažādās caurmēra pakāpēs.

Mistrotās audzēs laužto koku īpatsvars strauji pieaug caurmēra pakāpēs 2,1-22 cm, sasniedzot 39 %, savukārt caurmēra pakāpēs 22,1-40 cm laužto koku īpatsvars strauji samazinās līdz trīs procentiem (10.27.att.).

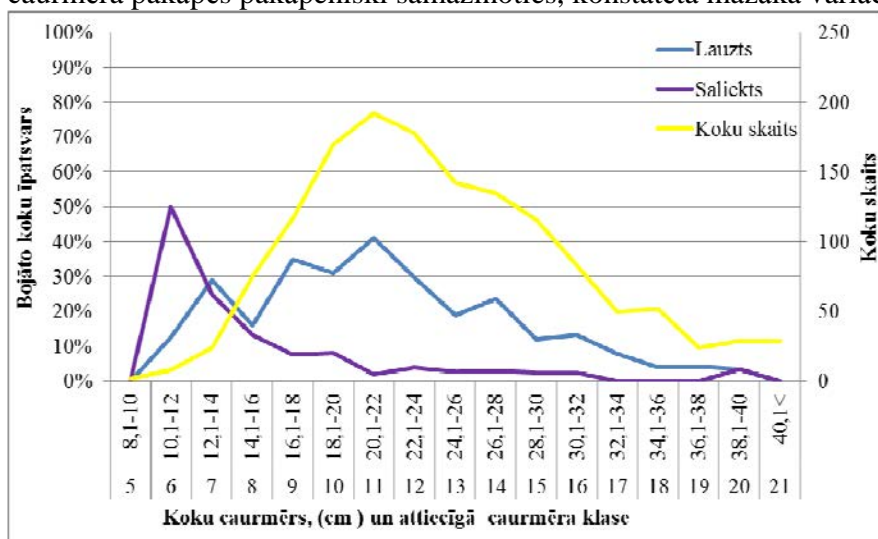
Līdzīgi kā egļu audzēs, mistrotās audzēs lūzumi zem vainaga biežāk konstatēti tievākiem kokiem, lielākais to īpatsvars ir caurmēra pakāpēs 12,1-20 cm), kur lūzumi zem koka vainaga variē robežās no 11 % līdz 14 %, un lūzumiem zem koka vainaga ir tendence pakāpeniski samazinās sākot ar caurmēra pakāpi 20,1-22 cm līdz pat caurmēra pakāpei 38,1-40 cm, kur nav konstatēts neviens koks ar lūzumu zem vainaga.

Mistrotās audzēs saliekto koku īpatsvars lielāks ir tievākiem kokiem caurmēra pakāpēs 2,1-14 cm - tas variē robežās no 5 % līdz 11 %, bet saliekto koku īpatsvars samazinās caurmēra pakāpēs 14,1-38 cm, kurās tas variē robežās no 0 līdz 4%. Novērots, ka caurmēra pakāpē 38,1-40 cm saliekto koku īpatsvars palielinājies līdz 11 %; šajā caurmēra pakāpē ir neliels (8) novērojumu skaits.



10.27.attēls. Sasalstoša lietus bojāto koku īpatsvars atkarībā no to caurmēra mistrotās audzēs.

Konstatēts, ka mistrotās audzēs starp valdaudzes kokiem vislielākais saliekto koku īpatsvars ir 10,1-12 cm caurmēra pakāpē (50%), taču jāņem vērā, ka tajā ir ļoti mazs uzmērīto koku skaits (8). Saliecto koku īpatsvaram ir tendence strauji samazināties caurmēra pakāpēs 10,1-22 cm - attiecīgi no 25 % līdz 2 %. Savukārt valdaudzes saliekto koku īpatsvars caurmēra pakāpēs 22,1-32 cm variē mazā amplitūdā no 2 % līdz 4 %, bet caurmēra pakāpēs virs 32,1-34 cm saliekti koki netika konstatēti (izņēmums 38,1-40 cm caurmēra pakāpe, kur konstatēja 3 % saliektu koku) (10.28.att.). Novērots, ka laužto valdaudzes koku īpatsvars, variējot plašā amplitūdā, pieaug līdz 20,1-22 cm caurmēra pakāpei, sasniedzot 41 % laužtu koku, bet, laužto koku īpatsvaram lielākās caurmēra pakāpēs pakāpeniski samazinoties, konstatēta mazāka variācija.

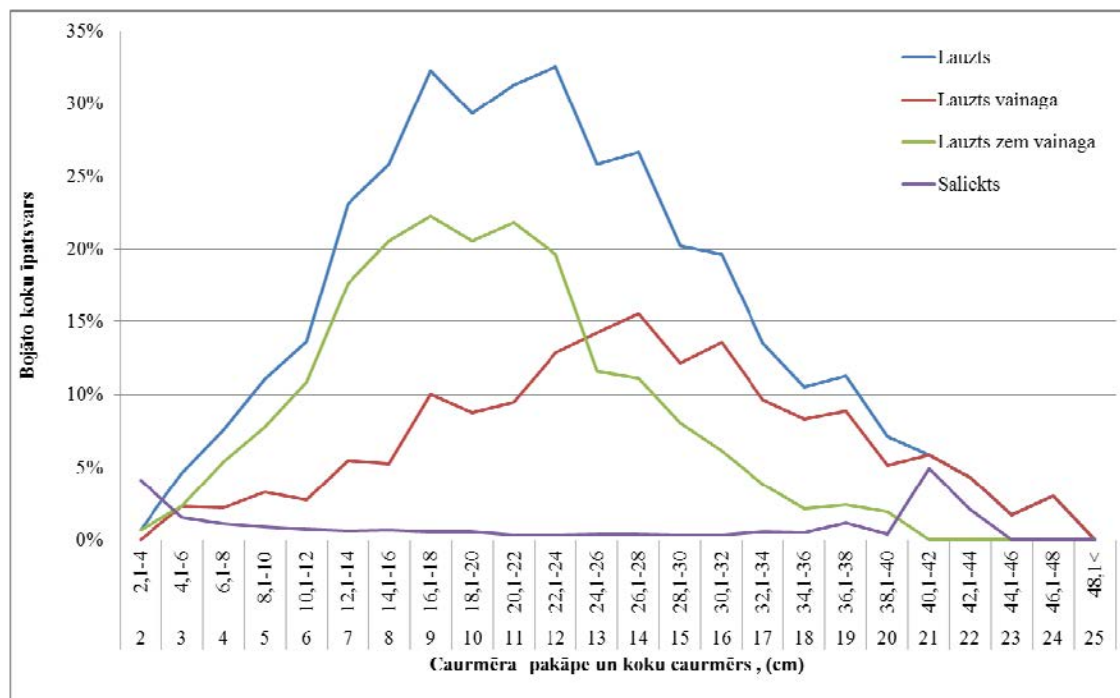


10.28.attēls. Sasalstoša lietus bojāto valdaudzes koku īpatsvars atkarībā no caurmēra mistraudzēs

Priedes audzēs laužo koku īpatsvars strauji pieaug caurmēra pakāpēs 2,1-18 cm - no 1 % līdz 32 %, bet vislielākais īpatsvars konstatēts 24,1-26 cm caurmēra pakāpē, kur 33 % no visiem kokiem šajā caurmēra pakāpē bija laužti. Kokiem ar caurmēra pakāpi 26,1-28 cm un vairāk, novērota strauja laužo koku īpatsvara samazināšanās (10.29.att.).

Salīdzinot lūzumus zem zaļā vainaga un zaļajā vainagā, novērots, ka lūzumi zem vainaga vairāk izteikti tievākiem kokiem, kamēr lūzumi vainagā biežāk konstatēti resnākiem kokiem. Vidējais zaļā vainaga kopgarums valdaudzes kokiem priedes audzēs, salīdzinājumā ar egles audzēm, ir nedaudz mazāks – zaļais vainags veido vidēji 52 % no stumbra kopgaruma, bet vidējais relatīvais lūzuma augstums ir 64 % no stumbra kopgaruma, skaitot no stumbra pamatnes. Caurmēra pakāpēs 2,1-18 cm strauji pieaug koku ar lūzumiem zem vainaga īpatsvars (no 1 % līdz 22 %), kamēr koku īpatsvars ar lūzumu vainagā šajā caurmēra intervālā pieaug pakāpeniski no 1 % līdz 10 % un katrā caurmēra pakāpē ir vismaz divas reizes mazāks par koku īpatsvaru ar lūzumiem zem vainaga. Koku īpatsvars ar lūzumiem zem vainaga caurmēra pakāpēs 16,1-24 cm variē robežās no 20 % līdz 22 %, savukārt, sākot ar 22,1-24 cm caurmēra pakāpi, šādu bojājumu īpatsvars strauji sarūk un caurmēra pakāpēs, lielākās par 40,1-42 cm, koku ar lūzumiem zem vainaga nav. Lūzumi zaļajā vainagā caurmēra pakāpēs 18,1-28 cm palielinās no 9 % līdz 16 %, bet, caurmēram vēl palielinoties, vainagā laužo koku īpatsvars sarūk. Laužo koku īpatsvara pieauguma tendence starp lūzumiem vainagā vai zem tā izmainās 24,1-26 cm caurmēra pakāpē, sākot ar šo caurmēra pakāpi lūzumi vainagā, nevis zem tā veido lielāku daļu no visiem lūzumiem (10.29.att.).

Priedes audzēs novērots mazs saliekto koku skaits: visvairāk tie konstatēti 40,1-42 cm caurmēra pakāpē (4,9 %), līdzīgs īpatsvars konstatēts 2,1-4 cm caurmēra pakāpē (4,1 %).

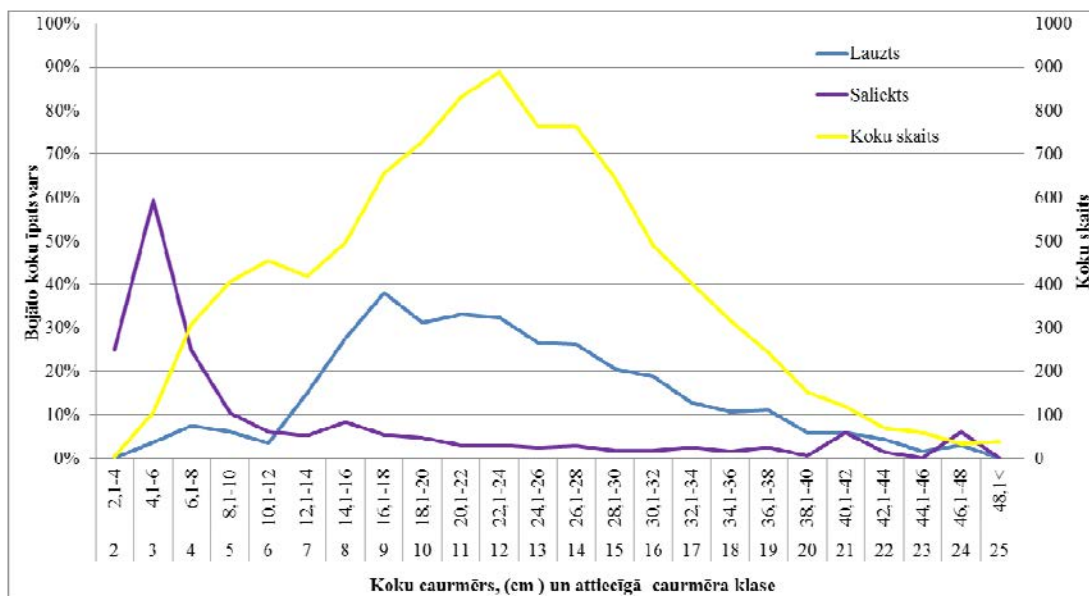


10.29.attēls. Sasalstoša lietus bojāto priežu īpatsvars atkarībā no to caurmēra.

Salīdzinot laužo un saliekto koku īpatsvaru priedes audzēs esošajiem valdaudzes kokiem, 10.30. attēlā redzams, ka ievērojami lielāks saliekto koku īpatsvars ir caurmēra pakāpēs 2,1-12

cm, bet tas strauji samazinās caurmēra pakāpēs 4,1-22 cm, attiecīgi no 59 % līdz 3 %. Priedes audzēs konstatēts, ka caurmēra pakāpēs 22,1-40 cm saliekto valdaudzes koku īpatsvars ir robežās no 1 % līdz 3 %, bet nedaudz pieaug 40,1-42 cm caurmēra pakāpē, kur konstatēti 6 % saliekto koku; līdzīga sakarība novērota arī egles un mistrotās audzēs.

Mazs laužto koku īpatsvars starp valdaudzes kokiem novērots caurmēra pakāpēs 2,1-12 cm), kur tas ir robežās no 1 % līdz 7 %, bet par 34 % laužto koku īpatsvars pieaug caurmēra pakāpēs intervālā 12,1-18 cm. Sasniedzot maksimālo laužto koku īpatsvaru (38 %), 14,1-18 cm caurmēra pakāpē, laužto koku īpatsvars, palielinoties caurmēram, pakāpeniski samazinās.



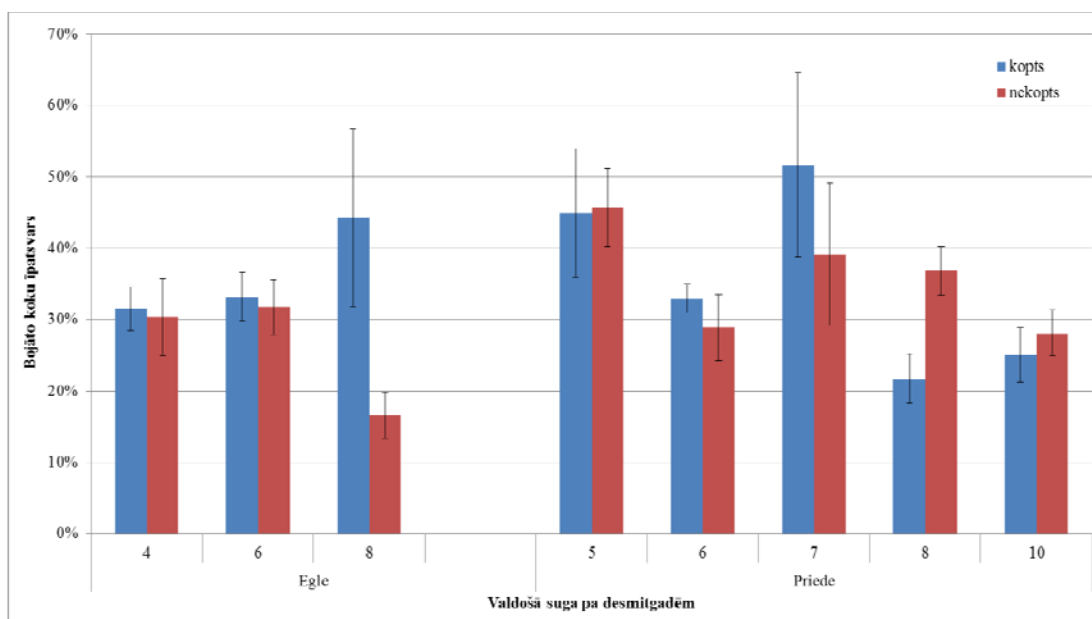
10.30.attēls. Sasalstoša lietus bojāto valdaudzes priežu īpatsvars dažādās caurmēra pakāpēs.

#### Kopšanas ietekme uz bojāto koku īpatsvaru

Kopšanas ciršu ietekmes novērtēšanai audžu kopa sadalīta 2 grupās: audzes, kur kopšana veikta nesen – pēdējos trīs gados pirms sasalstošā lietus bojājumiem – un tādas, kur kopšana veikta senāk. Analīzē izmantoti valdaudzes koku dati. Konstatēta nozīmīga bojāto koku īpatsvara variācija gan starp audzēm (parauglaukumiem) vienas vecumklases ietvaros, gan starp vecumklasēm un audzēm ar atšķirīgu valdošo koku sugu (10.31.att.). Starp audzēm konstatētas arī ievērojamas vidējā šķērslaukuma un koku caurmēra atšķirības.

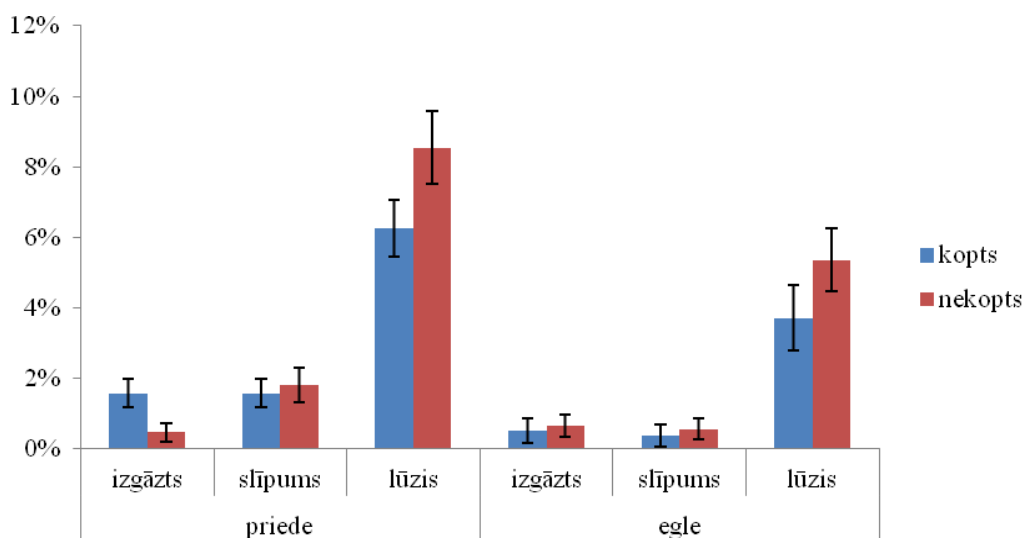
Egles audzēs konstatēts augstāks bojāto valdaudzes koku īpatsvars koptajās nekā nekoptajās audzēs (vidēji attiecīgi 36% un 26%), tomēr atšķirība ir nozīmīga (koptajās audzēs 44 %, nekoptajās 17 % bojāto koku) un statistiski būtiska tikai mežaudzēm astotajā desmitgadē. Priedes audzēs 5.-7. desmitgadē konstatēts augstāks bojāto valdaudzes koku īpatsvars koptajā nekā nekoptajās audzēs (vidēji attiecīgi 43% un 38%), atšķirības nav statistiski būtiskas. Būtiskas atšķirības, līdzīgi kā egles audzēs, konstatētas astotajā desmitgadē, kur nekoptajās audzēs bojāto valdaudzes koku īpatsvars ir augstāks nekā koptajās (attiecīgi 37% un 22%).

Mistraudzēs bojāto valdaudzes koku īpatsvars vidēji ir augstāks koptajās audzēs salīdzinājumā ar nekoptajām (vidēji attiecīgi 38% un 33%), taču atšķirība nav statistiski būtiska.

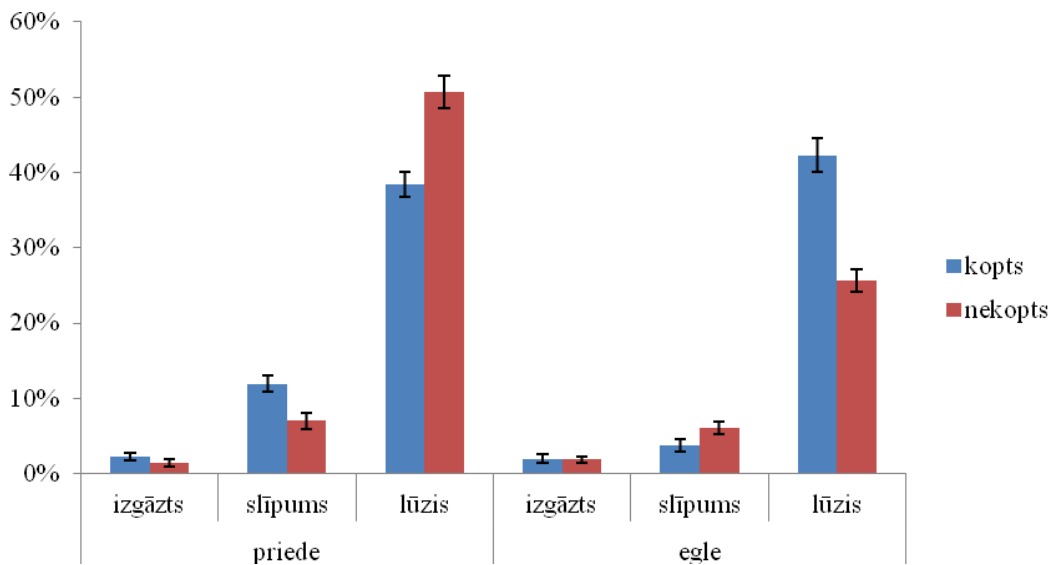


10.31. attēls. Sasalstoša lietus bojāto valdaudzēs koku īpatsvars koptās un nekoptās audzēs.

Konstatēts, ka sasalstoša lietus bojāto koku īpatsvars būtiski augstāks ir gan priedes, gan egles audžu otrajā stāvā (10.32. un 10.33. att.). Priedes gan pirmajā, gan otrajā stāvā statistiski būtiski vairāk lauztas ir nogabalos, kur nav veikta kopšana, citas vērtētās atšķirības ir nelielas un statistiski nebūtiskas. Savukārt egles statistiski būtiski vairāk bojātas otrajā stāvā koptajās audzēs (daļa no tām varētu būt pēc kopšanas saglabātie otrā stāva koki). Iegūtie rezultāti apliecina koku caurmēra nozīmīgo ietekmi to noturības pret sasalstoša ledus bojājumiem nodrošināšanā.



10.32.attēls. Sasalstoša lietus bojāto pirmā stāva koku īpatsvars koptās un nekoptās audzēs pa bojājumu veidiem.



10.32.attēls. Sasalstoša lietus bojāto otrā stāva koku īpatsvars koptās un nekoptās audzēs pa bojājumu veidiem.

Kopumā rezultāti nerada pamatu apgalvot, ka kopšanas cirtes rezultātā audzē būtiski palielinātos sasalstoša lietus ietekmē bojāto valdaudzes koku īpatsvars, netieši liecinot par citu faktoru nozīmīgāko lomu audzes bojājumu intensitātes noteikšanā.

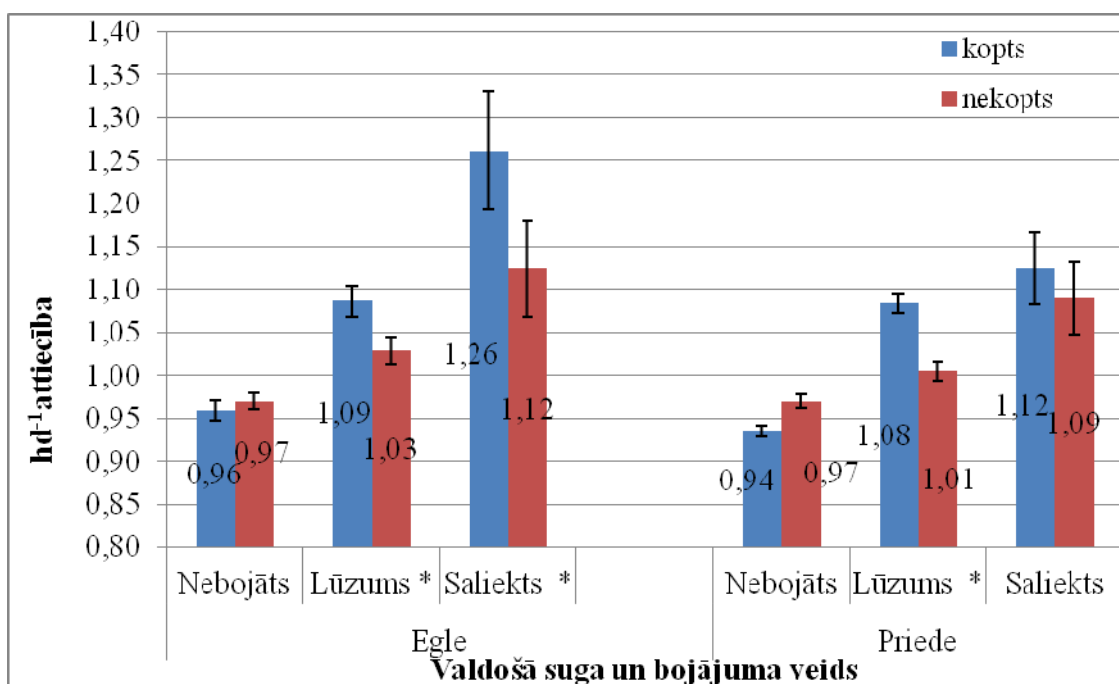
Vērtējot kopējo bojāto koku īpatsvaru, konstatēts, ka, neatkarīgi no valdošās koku sugas, tas ir augstāks nesekotā nekā nekotā mežaudzēs, turklāt egļu audzēs atšķirība ir statistiski būtiska ( $p < 0,05$ ). Bojāto koku īpatsvara atšķirības koptajās un nekoptajās mistraudzēs līdzīgas (bet nav statistiski būtiskas) kā egles audzēs, taču priedes audzēs tās ir nenozīmīgas un nav statistiski būtiskas.

#### Stumbra raukuma ietekme uz bojāto koku īpatsvaru

Analizējot augstuma un caurmēra attiecību (turpmāk tekstā „h/d attiecība”), konstatēts, ka starp vidējām h/d attiecības vērtībām koptās un nekoptās audzēs ir statistiski būtiska atšķirība (10.33.att.). Konstatēts, ka egļu audzēs nedaudz mazāka h/d attiecība ir nebojātajiem kokiem gan nekoptās, gan koptās audzēs (attiecīgi 0,96 un 0,97;  $p > 0,05$ ). Savukārt vidējā h/d attiecība lauztajiem kokiem nedaudz, bet statistiski būtiski ( $p < 0,05$ ), augstāka ir koptās audzēs (1,09) nekā nekoptās (1,03). Lielākās vidējās h/d attiecības konstatētas saliektiem kokiem koptās un nekoptās audzēs (attiecīgi 1,26 un 1,12;  $p < 0,05$ ). Mistraudzēs, līdzīgi kā egles audzēs, konstatēta h/d atšķirība starp nebojātiem kokiem koptās un nekoptās audzēs (attiecīgi 0,97 un 1,00;  $p < 0,05$ ), kā arī starp saliektajiem kokiem šajās audzēs (attiecīgi 1,26 un 1,14;  $p > 0,05$ ).

Priedes audzēs vismazākā vidējā h/d attiecība konstatēta nebojātajiem kokiem gan koptās, gan nekoptās audzēs, attiecīgi 0,94 un 0,97 ( $p > 0,05$ ). Koptajās priedes audzēs (līdzīgi kā egles audzēs) konstatēta nedaudz augstāka vidējā h/d attiecība lauztajiem kokiem nekā nekoptajās audzēs, attiecīgi 1,08 un 1,01 ( $p < 0,05$ ). Savukārt saliektajiem kokiem priedes audzēs nav konstatēta statistiski būtiska atšķirība h/d attiecībā koptās un nekoptās audzēs (10.33.att.).





\* p-vērtība < 0,05 starp h/d attiecībām koptās un nekoptās audzēs

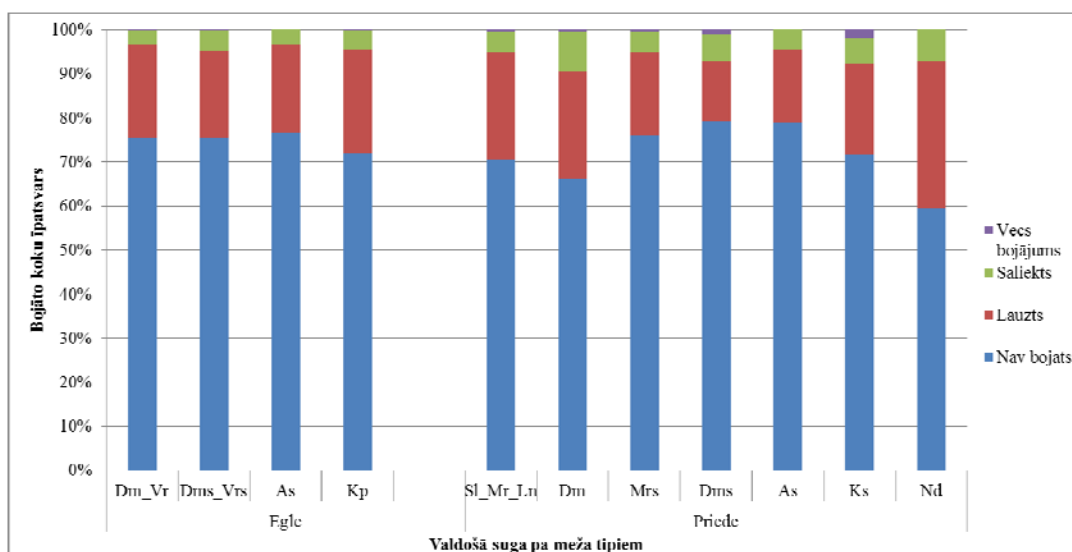
10.33.attēls. Valdaudzes koku augstuma un caurmēra attiecība atkarībā no bojājuma veida (nav bojāti; laužti un saliekušies) pa valdošajām sugām koptās un nekoptās audzēs.

Kopumā var secināt, ka sasalstoša lietus nebojāto valdaudzes koku h/d attiecība ir zemāka nekā bojātajiem kokiem (attiecīgi 0,97 egles un 0,94 priedes audzēs nebojātajiem kokiem, 1,06 egles un 1,05 priedes audzēs laužtajiem kokiem un 1,18 egles un 1,11 priedes audzēs saliektajiem kokiem); starp šīm vērtībām konstatētas statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ ).

#### Meža tipa ietekme uz bojājuma īpatsvaru

Atsevišķi meža tipi paraugkopā pārstāvēti ar ļoti mazu novērojumu skaitu, tādēļ aprēķinu vajadzībām to dati apvienoti, veidojot šādas grupas: egles audzēs damaksnis un vēris (Dm\_Vr), slapjais damaksnis un slapjais vēris, (Dms\_Vrs), priedes audzēs – sils, mētrājs un lāns (Sl\_Mr\_Ln). Noskaidrots, ka bojāto valdaudzes koku īpatsvars variē plašā amplitūdā, lielākais bojāto koku īpatsvars (39%) konstatēts šaurlapju ārenī (As) mistrotās audzēs, bet vismazākais bojāto koku īpatsvars konstatēts slapjajā damaksnī (Dms) priedes audzēs (14%) (10.34.att.). Konstatēta statistiski būtiska meža tipa ietekme uz laužto un saliekto valdaudzes koku īpatsvaru ( $p < 0,05$ ). Iespējams, ka šīs konstatētās atšķirības saistītas ar meža tipa ietekmi uz koku h/d attiecību.

Lielākais laužto koku īpatsvars egles audzēs konstatēts Kp (23%), mazāks As un Dms\_Vrs (20%) un Dm\_Vr (21%). Meža tipa ietekme ir statistiski būtiska tikai gadījumā, ja analizē ietver Kp parauglaukumu datus. Mistrotās audzēs laužto koku īpatsvars variē ļoti plašā amplitūdā, konstatēts, ka visvairāk laužto koku ir As (39%), Dm laužto koku īpatsvars ir 24%, bet Ks – 19%. Meža tipa ietekme ir statistiski būtiska tikai gadījumā, ja analizē ietver As parauglaukumu datus. Priedes audzēs laužto koku īpatsvars variē no 14% Dms līdz 33% Nd.



10.34.attēls. Sasalstoša lietus bojāto valdaudzes koku īpatsvars dažādos meža tipos

Visvairāk saliekto koku (12 %) konstatēti As mistraudzēs, salīdzinoši daudz saliekto koku konstatēti Dm priedes audzēs (9 %), mazāk – arī egles un mistrotās audzēs (tikai 3-4%). Priedes audzēs konstatēts salīdzinoši lielāks saliekto koku īpatsvars nekā citās audzēs, tas variē robežās no 4 % (As) līdz 9 % (Dm). Mistraudzēs vislielākais saliekto koku īpatsvars ir As (12%), Ks konstatēti 7% saliekto koku, bet vismazāk šādu koku bija damaksnī (3%).

#### Koka augstuma ietekme uz bojāto koku īpatsvaru

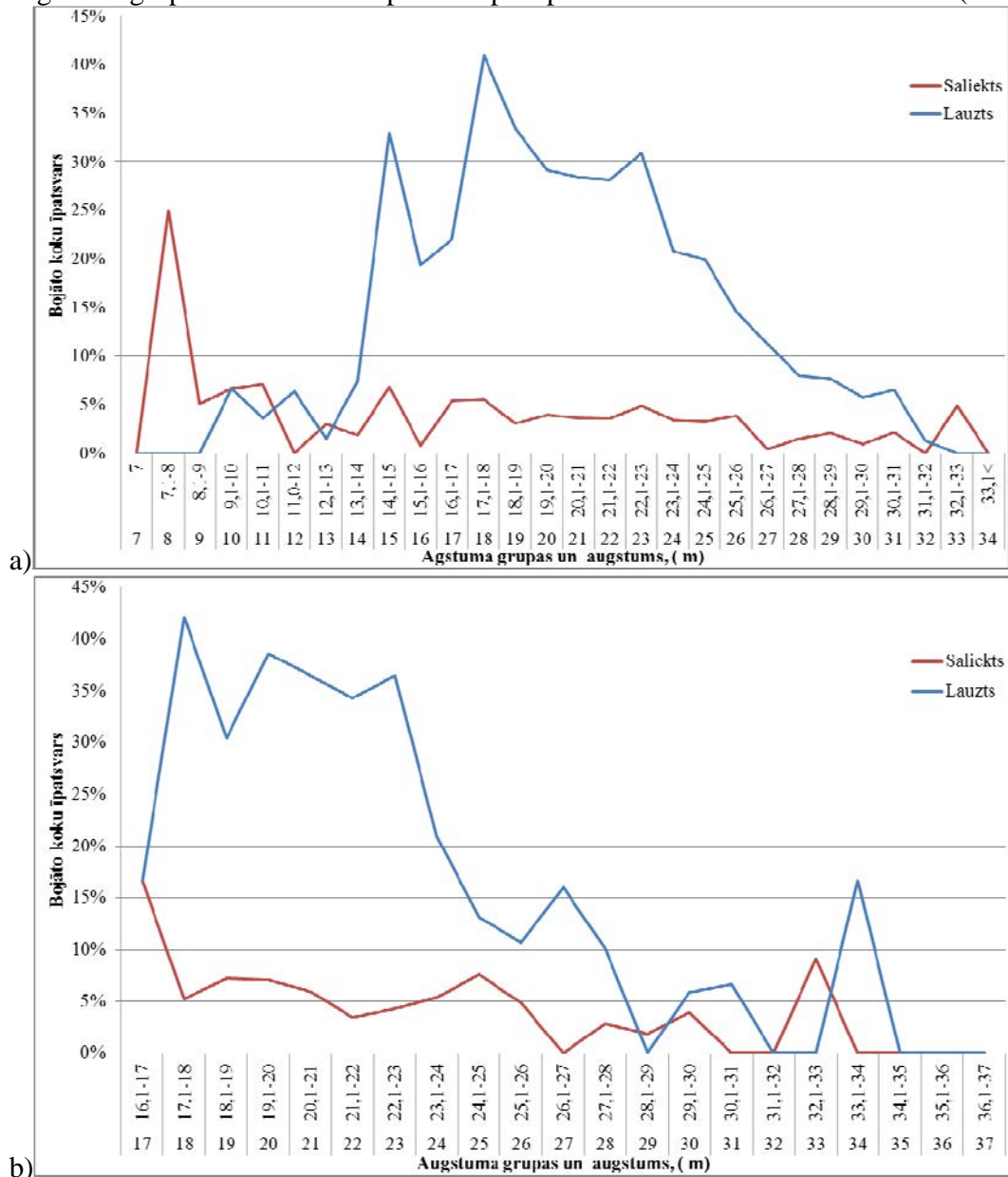
Koku augstuma ietekmes uz bojāto koku īpatsvaru analizē iekļauti tikai valdaudzes koki. Egles audzēs lūzumi konstatēti, sākot ar 10. augstuma grupu, un intervālā no 10. līdz 13. augstuma grupai laužo koku īpatsvars ir neliels (2-7 %). Lauzto koku īpatsvars strauji pieaug no 13. līdz 15. augstuma grupai, attiecīgi no 2 % līdz 33 %, bet robežas no 16. līdz 17. augstuma grupai novērots bojājumu īpatsvara kritums, attiecīgi uz 19 % un 22 %. Vislielākais bojāto koku īpatsvars egles audzēs konstatēts 18. augstuma grupā, kur 41 % no visiem uzmērītajiem kokiem bija laužti, bet intervālā no 18. līdz 33. augstuma grupai novērojams, ka bojāto koku īpatsvars strauji samazinās, un kokiem, augstākiem par 33. augstumu grupu, lūzumus vairs nekonstatēja (10.35.att.).

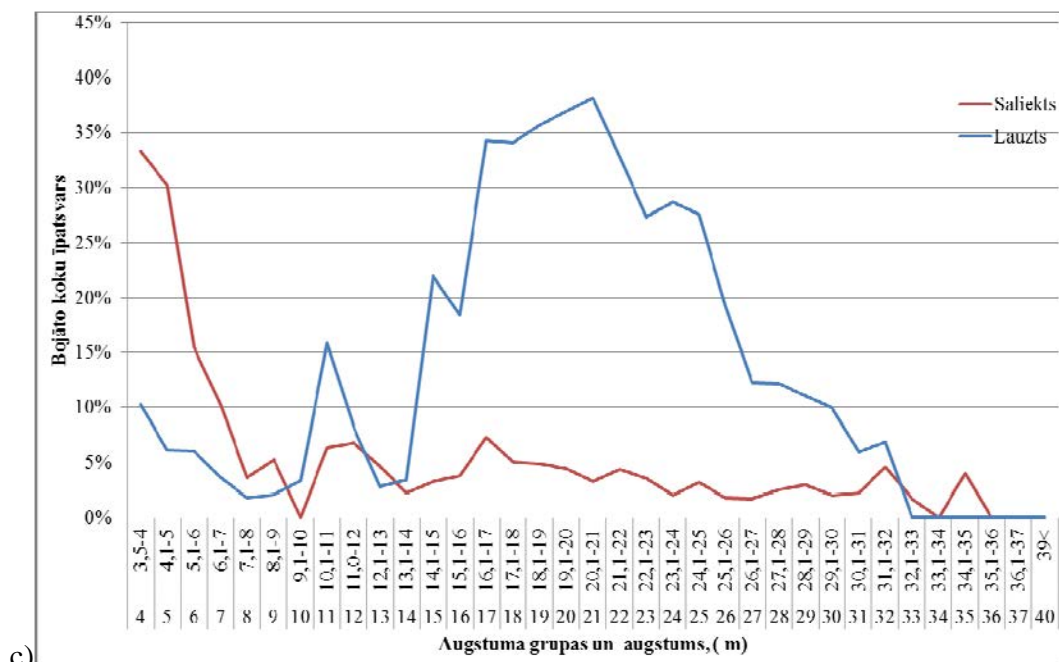
Mistraudzēs lielākais laužto koku īpatsvars (42 %), konstatēts 18. augstuma grupā. Augsts laužto koku īpatsvars saglabājas intervālā no 18. līdz 23. augstuma grupa (vidēji 36 %), bet, palielinoties koku augstumam, novērots, ka laužto koku īpatsvaram ir tendence strauji samazināties. Intervālā no 26. līdz 35. augstuma grupai bojāto koku īpatsvars variē plašā amplitūdā (0-17 %).

Priede audzēs laužto koku īpatsvars samazinās no 10 % līdz 2 % intervālā no 2. līdz 8. augstuma grupai, tad pieaug līdz 16 % 11. augstuma grupā, bet intervālā no 14. līdz 21. augstuma grupai strauji pieaug no 3 % līdz 38 %. Līdzīgi kā egles un mistrotās audzēs, pieaugot augstuma grupai, laužto koku īpatsvars strauji samazinās, līdz 33. augstuma grupā nav konstatēti laužti koki (10.35.att.).

Egles audzēs vislielākais saliekto koku īpatsvars (25 %) konstatēts 8. augstuma grupas kokiem. Savukārt saliekto koku īpatsvars pakāpeniski sāk samazināties, sākot ar 9. augstuma grupu, kur konstatēti 5 % saliekto koku, līdz pat 34. augstuma grupai, kur netika konstatēti bojāti koki, tomēr jāpiebilst, ka visā šajā intervālā saliekto koku īpatsvars variē no 1 % līdz 7 %. Mistraudzēs 17. augstuma grupā konstatēts vislielākais saliekto koku īpatsvars (17 %). Robežās no 16. līdz 33. augstumu grupai bojājumu īpatsvars pakāpeniski samazinās, tomēr saliekto koku īpatsvars variē

ļoti plašā amplitūdā (no 0 līdz 9 %). Priedes audzēs, salīdzinājumā ar citām audzēm, konstatēts vislielākais saliekto koku īpatsvars (33% - 4. augstuma grupā). Saliekto koku īpatsvars strauji samazinās no 4. līdz 8. augstuma grupai (no 33 % līdz 4 %), bet robežās no 9. līdz 17. augstuma grupai saliekto koku īpatsvars variē plašā amplitūdā no 0 līdz 7 %; intervālā no 18. līdz 35. augstuma grupai saliekto koku īpatsvars pakāpeniski samazinās no 7 % līdz 0% (10.35.att.).



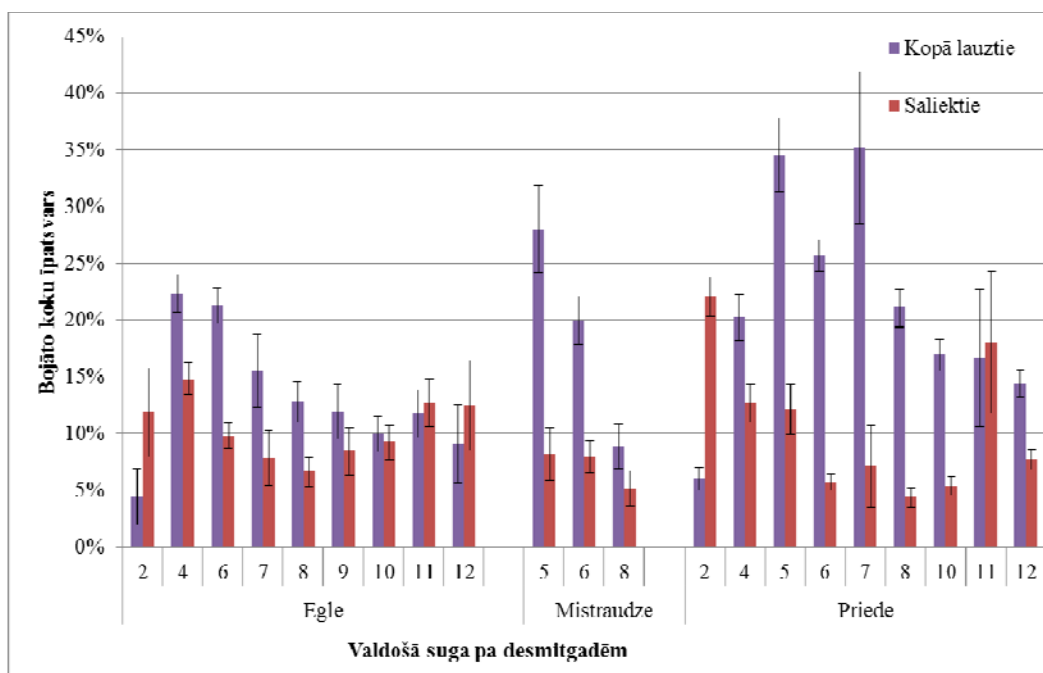


c) 10.35.attēls. Sasalstoša lietus bojāto koku īpatsvars egles audzēs (a), mistraudzēs (b), priedes audzēs (c).

#### Audzēs vecums un bojājumu īpatsvars

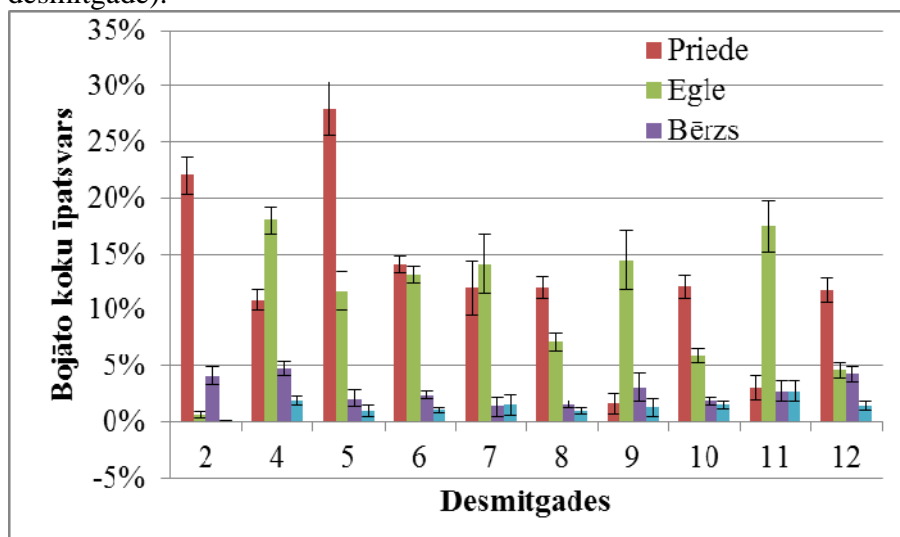
Egles audzēs augstākais laužto koku īpatsvars ir 4. un 6. desmitgadē (attiecīgi 22 % un 21 %), bet, palielinoties koku vecumam, laužto koku īpatsvaram ir tendence vienmērīgi samazināties, un 12. desmitgadē konstatēti tikai 9% laužto koku. Mistraudzēs visvairāk laužto koku konstatēts 5. desmitgadē, kur laužti bija 28% koku, bet 6. un 8. desmitgadē laužto koku bija ievērojami mazāk, attiecīgi 20 % un 9 %. Priedes audzēs vismazāk laužto koku bija 2. desmitgades audzēs, bet lielākais to īpatsvars konstatēts 5. un 7. desmitgadē, kur laužti bija 35 % koku (10.36.att.).

Egles audzēs saliekto koku visvairāk (15 %) konstatēts 5. desmitgadē; vecumam palielinoties līdz 8. Desmitgadei, saliekto koku īpatsvars pakāpeniski samazinās līdz 8 %, taču, vecumam turpinot pieaugt, atkal palielinās, sasniedzot 13 % saliekto koku 11. un 12. desmitgades audzēs (10.37.att.). Priedes audzēs vislielākais saliekto koku īpatsvars (22 %) konstatēts 2. desmitgadē; novērots, ka no 6. līdz 10. desmitgadei saliekto koku īpatsvars nav augsts, un tas variē robežās no 4 % līdz 8 %; augsts saliekto koku īpatsvars konstatēts 11. desmitgadē (10.36.att.).



10.36. attēls. Vecuma ietekme uz bojājuma veidu un īpatsvaru dažādu sugu valdošajās audzēs.

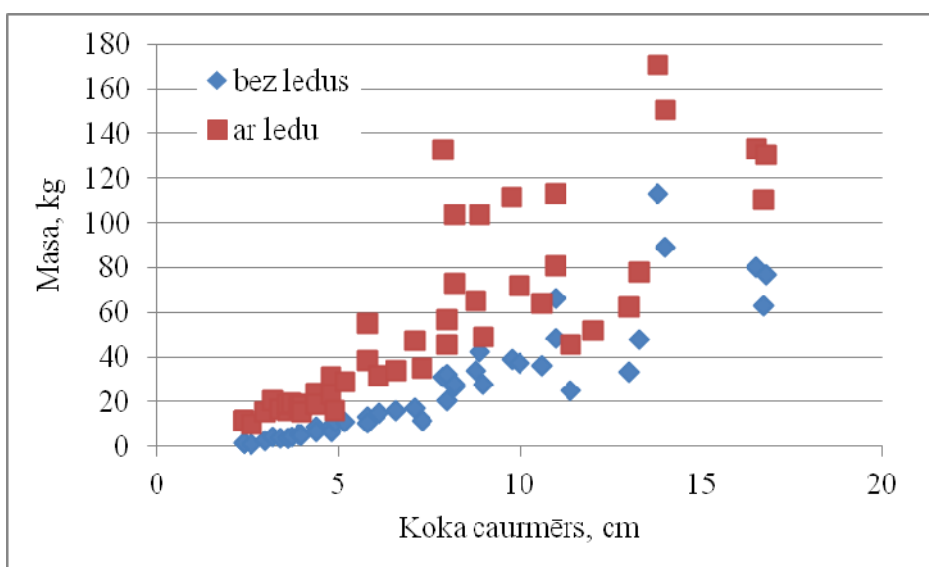
Sasalstoša lietus radītu bojājumu īpatsvara sadalījums pa vecuma desmitgadēm dažādām koku sugām atspoguļots 10.37.attēlā. Konstatēts, ka priedēm izteikti vairāk bojājumu ir 2. un 5. desmitgadē, attiecīgi 22 % un 28 %, bet citās desmitgadēs (izņemot 9. un 11. desmitgadi) bojājumu īpatsvars saglabājas līdzīgs (11 % līdz 14 %). Salīdzinot ticamības intervālus, starp desmitgadēm vienas koku sugas ietvaros, kā arī starp dažādām koku sugām vienas desmitgades ietvaros, konstatētas statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ ). Eglēm visvairāk bojātu koku tika konstatēti 4. un 11. desmitgadē, attiecīgi 18 % un 17 % no visiem kokiem šajās desmitgadēs, bet vismazāk – 2. un 12. desmitgadē, attiecīgi 1 % un 5 % koku ar bojājumiem. Bērza bojājumi nedaudz vairāk konstatēti jaunākās audzēs (2. un 4. desmitgadē) un vecās audzēs (12. desmitgade).



10.37.attēls. Sasalstoša lietus bojāto koku īpatsvars dažādu koku audzēs.

### Ledus masas uz kokiem

Vērtējot datus no kopumā 57 valdaudzes kokiem var secināt, ka ledus masa uz nolauztajiem kokiem ir vidēji  $1,5 \pm 0,27$  reizes lielāka par paša koka biomasu dabiski mitrā stāvoklī. Korelācijas starp koka biomasu un ledus masu uz tā ir cieša un statistiski būtiska ( $r=0,92$ ,  $p < 0,01$ ). Koka biomasa ar ledu, līdzīgi kā bez ledus, ekspinenciāli atkarīga no tā caurmēra (10.38. att.). Tomēr iegūtie rezultāti liecina, ka kritiskā ledus masas viena un tā paša caurmēra kokiem var nozīmīgi atšķīries, kas, iespējams, varētu būt saistīts ar koku vainagu asimetriju vai vēja ietekmi, kuras rezultātā arī mazāka ledus masas var izraisīt koka lūšanu.



10.38. attēls. Lauztu valdaudzes priežu virszemes masas ar un bez ledus

Kopumā var secināt, ka koka caurmērs ir nozīmīgs un statistiski būtisks sasalstoša lietus izraisītu bojājumu apjomu determinējošs parametrs, kā papildus parametrus iespējams izmantot koku augstuma / caurmēra attiecību un koku augstumu. Koku caurmēra saikne ar sasalstoša ledus bojāto koku īpatsvaru ir atšķirīga abām analizētajām koku sugām un nav nemanīga visā analizētajā koku caurmēru intervālā, tādēļ bojājumu riska vērtēšanai, saskaņā ar projekta plānu izstrādājot modeli 2014. gadā, nepieciešams analizēt sakarības atsevišķās koku caurmēru grupās. Parastajai priedei saliekto vai izgāzto koku īpatsvars valdaudzes kokiem samazinās strauji un lineāri, caurmēram pieaugot no 4 līdz 12 cm ( $R^2 = 0,95$ , taisnes virziena koeficienta  $p < 0,01$ ), un ievērojami lēnāk, taču tāpat lineāri, caurmēram pieaugot no 14 līdz 34 cm ( $R^2 = 0,66$ , taisnes virziena koeficienta  $p < 0,01$ ). Lielāka caurmēra kokiem novērojamas izteiktas svārstības bojāto koku īpatsvarā, kas skaidrojamas ar nelielu šādu caurmēra pakāpju koku skaitu paraugkopā, līdz ar to būtiskas sakarības nav konstatētas ( $p = 0,92$ ). Lauzto koku īpatsvaram nav izteiktas sakarības ar koku caurmēru grupā līdz 20 cm, lielākās caurmēra pakāpēs novērojams straujš bojāto koku īpatsvara pieaugums ( $R^2 = 0,99$ ,  $p < 0,001$ ) un no 30 cm caurmēra – pakāpeniska bojāto koku īpatsvara samazināšanās, ( $R^2 = 0,86$ ,  $p < 0,001$ ). Lauzto koku īpatsvars līdzīgi arī eglei pakāpeniski pieaug valdaudzes kokiem caurmēru grupā no 10 līdz 30 cm, taču, caurmēram turpinot palielināties līdz 42 cm, vērojama pretēja tendence – laužto koku īpatsvars pakāpeniski samazinās (abos gadījumos  $R^2 = 0,86$ ,  $p < 0,001$ ).

Iegūtie dati nerada pamatu apgalvot, ka audzēs pirmajos 3 gados pēc kopšanas circes izpildes (kad tās ir nestabilākas, piemēram, pret vēja radītiem bojājumiem) būtu paaugstināts sasalstoša lietus

bojāto valdaudzes koku īpatsvars, taču, īpaši eglei, ir paaugstināts bojāto (pēc kopšanas audzē vēl palikušo) starpauzdes koku īpatsvars.

Konstatēta statistiski būtiska meža tipa ietekme uz laužto un saliekto valdaudzes koku īpatsvaru ( $p < 0,05$ ), kas, iespējams, saistīta ar atšķirībām koku h/d attiecībā. Paraugkopas apjoma dēļ nebija iespējama detalizēta meža tipu atšķirību analīze, tikai atsevišķu sakarību konstatācija. Lielākais laužto koku īpatsvars egles audzēs konstatēts Kp (23%), mazāks As un Dms\_Vrs (20%) un Dm\_Vr (21%). Meža tipa ietekme ir statistiski būtiska tikai gadījumā, ja analīzē ietver Kp parauglaukumu datus. Priedes audzēs lielākais laužto koku īpatsvars konstatēts Nd (33%).

## 11. Sala bojājumu vērtēšanas metodika

Pārskata periodā saskaņā ar darba uzdevumu ievākts 2 koku sugu – parastās priedes un parastās egles – eksperimentālais materiāls: eglei no 2 proveniencēm, reprezentējot Latvijas rietumu un austrumu daļu, priedei no 4 proveniencēm: divām no Latvijas (Misa un Smiltene) un 2 no Vācijas augstumu daļas (reģiona, kur klimats līdzīgs tam, kāds prognozēts Latvijā gadsimta beigās), izvēloties labāk augošās (lielākā valdaudzes koku krāja 39 gadu vecumā) proveniencēs eksperimentālajā stādījumā a/s Latvijas valsts meži Vecumnieku iecirknī, un no katras 3 koku ar lielāko augstumu un vismaz vidēju (2 balles) zaru resnuma vērtējumu, kā arī taisnu stumbru, bez padēliem vai citiem defektiem. Kā papildus materiāls priedei izmantoti Lietuvas un Igaunijas sēkļu plantāciju vidējie paraugi, kas iegūti, sadarbojoties ar šo valstu meža selekcionāriem. Eksperimentiem paredzēti 200 stādi no katra varianta, ko galvenokārt limitē kopējā sēkļu materiāla pieejamība Vācijas proveniencu kokiem stādījumos Latvijā.

Pārskata periodā izvērtēti iespējamie sala bojājumi ziemas perioda klimatisko apstākļu ietekmē un iespējamā metodika, uzsākot empīrisko datu iegūvi par prognozēto klimata izmaiņu ietekmi uz sala bojājumu varbūtību meža kokiem.

Sala bojājumi augos rodas, sasalstot nesaistītajam ūdenim un audos veidojoties ledus kristāliem. Radušos kristālu izmērs ir ievērojami (vairākas reizes) lielāks nekā starpšūnu telpa, tāpēc tie mehāniski kairina protoplazmu – liela kristālu daudzuma rašanās gadījumā kairinājums izraisa neatgriezenisku protoplazmas koagulāciju un šūnas bojāeju (Mauriņa, 1974). Lai panāktu maksimālu salizturību, augam nepieciešams pārtraukt fizioloģisko procesu norisi un uzsākt miera periodu (Repo et al., 2000b; Vogg et al., 1998). Adaptācijas laikā šūnās notiek ķīmiskas un biofizikālas pārmaiņas – palielinās nepiesātināto lipīdu daudzums, kas nodrošina labu membrānu caurplūstamību pat zemās temperatūrās (Yoshida, 1984). Šo fizioloģisko pārmaiņu nozīmi raksturo, piemēram, parastās priedes skujuas, kas vasarā nav spējīgas pārciest pat  $-10^{\circ}\text{C}$  salu, bet ziemā var saglabāties līdz pat  $-80^{\circ}\text{C}$  temperatūrā (Vogg et al., 1998). Miera perioda iestāšanos un tā pārtraukšanu pavasarī dažādām koku sugām nosaka atšķirīgi mehānismi, kas nodrošina reakciju uz temperatūras un/vai fotoperioda izmaiņām (Repo et al., 2000a). Salizturības stāvokli labi raksturo fotosintēzes aktivitāte – norūdītam augam (kas fizioloģiski sagatavojies ziemas miera periodam) tā ir zema, nenorūdītam – augsta (Repo et al., 2000a; Vogg et al., 1998).

Sala bojājumu intensitāte atkarīga no auga salcietības pakāpes un temperatūras izmaiņu (pazemināšanās) gradienta. Ja augs sagatavojies ziemas miera periodam un šūnās pirms sala ūdens daudzums ir neliels, tad nav tik izteikta ledus kristālu veidošanās, sasalstot ūdenim starpšūnu telpā un radot negatīvu spiedienu, kas izsūc brīvo ūdeni no šūnas (var sasalst ap 80% šūnā esošā ūdens) un atstāj koncentrētu šūnas saturu, tādējādi izraisot osmotisko stresu (Vogg et al., 1998). Atkarībā no temperatūru samazināšanās ātruma, vai nu uz šūnapvalka vai starpšūnu telpā, vai šūnūlā veidojas ledus kristāli, kas mehāniski bojā šūnu struktūras. Gadījumos, kad temperatūras svārstības notiek sevišķi strauji – temperatūras krišana dažu stundu laikā par  $20^{\circ}\text{C}$ ,

novērojama sala gadskārtas rašanās. Sala gadskārtas veido traheīdu šūnas ar deformētiem un plāniem šūnapvalkiem. Šādu gadskārtu veidošanās nereti limitē koka maksimālo vecumu (Lee et al., 2007).

Ievērojamākos bojājumus sals var nodarīt jauniem kokiem, kad notiek aktīvākā augšana (Vogg et al., 1998; Repo et al., 2000a), t.i. aktīva šūnu stiepšanās, un šūnās ir daudz ūdens, lai šos procesus nodrošinātu. Sasalstot ūdenim vaskulārajos augos, tajā esošās gāzes izdalās, jo nav spējīgas šķīst ledū, tāpēc veido gāzu burbuļus. Iestājoties siltākam laikam, gāzu burbuļi saplūst, traucējot (nosprostojot) vielu transportu, sevišķi, šauros vadaudos (<15 μm) (Field, Brodribb, 2001). Sala izturība paaugstinās, brīvo ūdeni saistot, ievadot šūnā glikozi, saharozi, sāļi vai eļļas. Daudzas koku sugas, tuvojoties ziemas sezonai, rezerves cieti pārvērš eļļās (Mauriņa, 1974), kas nodrošina arī vielu transporta iespējas kokā, jo nepiesātinātajām taukskābēm arī zemās temperatūrās saglabājas labāka plūstamība. Piemēram, zīdkokam *Morus bombycis* veģetācijas periodā šūnu plazmatiskajā membrānā sastopami galvenokārt steroli, bet, iestājoties vēsākam laikam, tos nomaina linolskābe (Yoshida, 1984).

Sala bojājumu rašanos var veicināt dažādi citi vides faktori, piemēram, paaugstināta CO<sub>2</sub> koncentrācija gaisā (Murray et al., 1994), tāpat arī bora deficīts augsnē, kas parastajai eglei būtiski pazemina apikālo pumpuru vitalitāti, un ziemas periodā sals izraisa šo pumpuru bojāeju (Räisänen et al., 2006). Tādējādi tiek zaudēta apikālā dominance un aprūtināta koka augšana.

Salcietības testu veikšanas metodiskie aspekti (*indicējot plānotos pētījumu virzienus*):

salcietības pārbaudēm nepieciešamo sējeņu skaitu variantā nosaka pārbaudžu reižu skaits un pārbaudāmais materiāls – jo tas ģenētiski nevienmērīgāks, jo lielāks koku skaits nepieciešamas katrai pārbaudes reizei. Piemēram, sēkļu plantāciju vidējiem paraugiem, proveniencēm/populācijām izmantojami 40-50 koki (*atziņas šai jautājumā ir pretrunīgas, tādēļ tās lietderīgi pārbaudīt darbu izpilde procesā*), kloniem – 4 rameti vienai pārbaudes reizei (11.1. att.);



11.1. attēls. Salcietības pārbaudēm paredzēti egļu spraudēni.

plānojot pētījumus veikt ilgākā laika periodā (vairākus gadus), svarīgi, lai būtu pieejams un tajos tiktu iekļauts viens un tas pats kontroles materiāls (piemēram, noteikta gada vienas sēkļu plantācijas vidējais paraugs), nodrošinot iespējas salīdzināt rezultātus starp gadiem un variantiem;



eksperimentālā materiāla audzēšanas periodā būtiski nodrošināt to marķēšanu (piemēram, izmantojot uz fotopapīra drukātus un uz plastikāta paliktņa uzlīmētus marķējumus) un iespējami vienādus apstākļus visiem kokiem (11.2. att.), tādēļ klimata kamerā izvietotajās kastēs netiek izmantoti konteineri, sējvietas tiek randomizētas, un kastu novietojums periodiski mainīts (piemēram, tās izvietojot uz galdiem, ko vienkāršāk pārvietot telpā, un pārvietojot kastes uz galda). Tiek atzīmēti stādi, kas kastēs izvietoti malas rindās, šo informāciju ņemot vērā datu analīzē.



11.2. attēls. Materiāla audzēšana salcietības testiem.

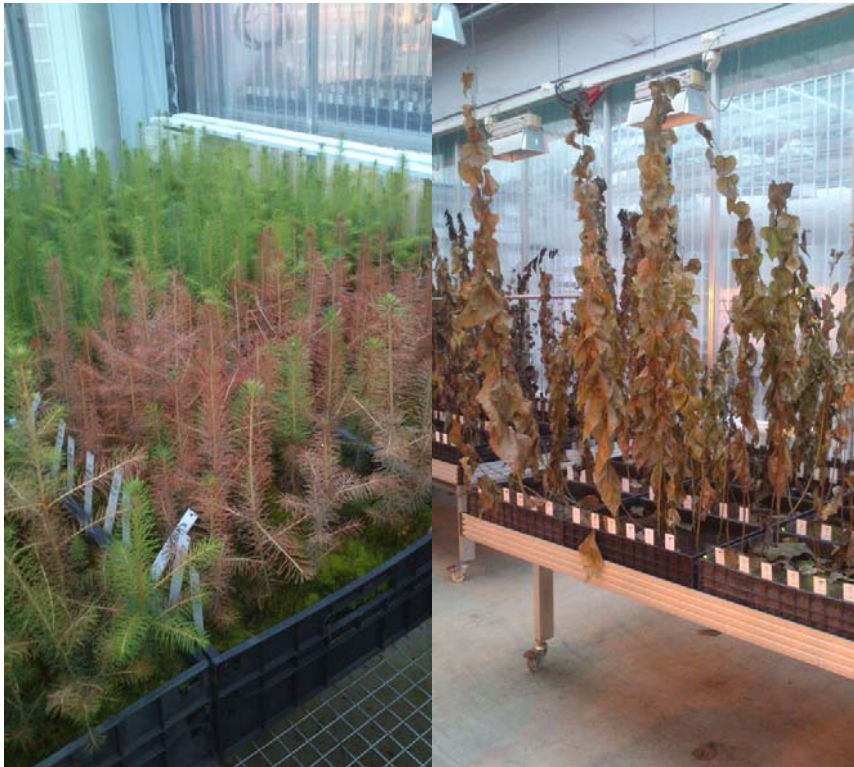
salcietību nozīmīgi ietekmē gan koka vecums (neizturīgāki ir līdz 2 gadus veci koki), gan izmērs (neizturīgāki ir mazāka izmēra koki), tādēļ šie faktori jāņem vērā, plānojot eksperimentu. Būtiski pirms eksperimentu uzsākšanas nomērīt koku augstumu un sakņu kakla caurmēru, iegūstot datus, ko izmantot kā kovarianti turpmākajā analīzē; veicot salcietības testus, būtiski pasargāt koka sakņu sistēmu, tādēļ saldēšanas kamerā gar konteineru malām izvieto izolācijas materiālu (11.3. att.) un eksperimentu veikšanai neizmanto nesēn laistītus stādus.



11.3. Sakņu aizsardzība salcietības testu veikšanā.

audzējot stādmateriālu salcietības eksperimentiem, iespējams izmantot vienu no divām pieejām: a) audzēt noteiktā (kādam klimata izmaiņu scenārijam atbilstošā) temperatūrā kontrolētos apstākļos; b) kontroles materiālu audzēt ārējā vidē un eksperimentālo – klimata kamerā, kur temperatūra atbilst ārējās vides temperatūrai, kas paaugstināta par noteiktu, konstantu grādu skaitu (atbilstoši kādam no klimata izmaiņu scenārijiem), piemēram,  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tādā gadījumā, kad ārvidē  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tad augšanas kamerā  $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kad ārvidē  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tad kamerā  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$  utt. Otrā pieeja nodrošina dabisko fluktuāciju ietekmes saglabāšanu, taču arī zemāku eksperimenta prognozējamību un atkārtojamību, jo nav iespējams iepriekš paredzēt, kāda būs konkrētā veģetācijas sezona. Piemēram, Somijā konstatēts, ka 10 gadu periodā vienā novērojumu punktā gada aktīvo temperatūru summas amplitūda sasniedz pat  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ir robežas no  $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$  līdz  $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). *Nemot vērā, ka prognozētais temperatūras pieaugums pa sezonām ir atšķirīgs, iespējams temperatūru kamerā salīdzinājumā ar temperatūru ārvidē paaugstināt dažādi atšķirīgos veģetācijas perioda posmos, iegūstot prognozētajam klimatam vēl vairāk pietuvinātu augšanas sezonu.*

sala bojājumu raksturošanai skuju kokiem iespējams izmantot 6 ballu skalu, novērtējot primāro (un, ja nepieciešams, atsevišķi arī sekundāro) skuju ietekmēto daļu (% no skujas garuma); papildus atzīmējot dažādas konstatētās anomālijas. Lapu kokiem bojājumu pakāpi nav iespējams noteikt nekavējoties, tādēļ tos pēc salcietības testa jāuzglabā konstantā temperatūrā, bojājumus raksturojot pavasarī, kad novērtē augstākā dzīvā (plaukstošā) pumpura augstumu proporcionāli pret kopējo stumbra garumu (11.4.att.);



11.4. attēls. Eksperimentālais materiāls pēc salcietības testiem.

sala bojājumu novērtēšanu var veikt arī ar elektriskās pretestības analīzi (*electrical impedance analysis*), kas balstīta uz eklektiskās pretestības samazināšanos starpšūnu telpā, ko izraisa jonu noplūdes no šūnas caur sala ietekmē bojāto plazmatisko membrānu. Mērījumus veic iespējami drīz pēc sala ietekmes un visam eksperimentālajam materiālam vienā laikā, lai nodrošinātu iegūto rezultātu savstarpēju salīdzināmību. Datus iegūst, caur audu paraugu vadot maiņstrāvu – strāvas stiprumu, kas iziet caur starpšūnu telpu, un šūnām nosaka maiņstrāvas frekvenci un audu tipu, audu bojājumus raksturo pretestības atšķirības starp tiem. Metode ir destruktīva, tomēr nodrošina objektīvu novērtējumu par bojājumiem šūnu līmenī (Repo et al., 2000a; Repo et al., 2000b).

lapu un skuju bojājumu noteikšanai var izmantot arī elektrolītu noplūdes metodi, iegūstot informāciju par joniem, kas izplūst no šūnām sala ietekmē bojāto šūnapvalku dēļ. Noplūstošie elektrolīti uzkrājas apoplastā, ko skalo ar destilētu ūdeni un nosaka šķīduma elektrisko vadītspēju. Salīdzinot elektrisko vadītspēju paraugiem, kas pakļauti salam, un kontrolei, iespējams noteikt aukstumizturības pakāpi (Repo et al., 2000a). Konstatēts, ka elektrolītu noplūde uzrādīja izteiktu korelāciju ar augstuma pieaugumu nākamajā veģetācijas periodā pēc sala ietekmes (McKay, 1992);

Analizējot iespējamās sala bojājumu intensitātes un biežuma izmaiņas klimata izmaiņu ietekmē, būtiski ņemt vērā salcietības veidošanās un mazināšanās sezonālo ciklu un to nosakošos faktorus konkrētai koku sugai. Kritiskie ar klimata izmaiņām saistītie aspekti ir pārāk lēna salcietības veidošanās rudens periodā, salcietības zudums ilgstošā atkusnī ziemas periodā, kā arī pārāk strauja salcietības zaudēšana pavasara periodā.

Lielākajā daļā pētījumu vērtēti sala bojājumi, kas saistīti ar meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz izmaiņām salcietības veidošanās posmā (rudenī), tādēļ lietderīgi, uzsākot līdzīgus eksperimentus Latvijā, veikt literatūras datu apkopojumu par šo pētījumu rezultātiem. Konstatēts, ka pēc koku salcietības izveidošanas rudenī (reakcijas uz dienas garuma samazināšanos, raksturīga daļai koku

sugu), ilgāku laiku saglabājoties siltiem apstākļiem, tā atkal samazinās. Tas izraisa paaugstinātu sala bojājumu risku, ko lietderīgi novērtēt, izmantojot ne vien Latvijas, bet arī to reģionu, kuru klimats Latvijā nākotnē tiek prognozēts (Vācijas), saimnieciski nozīmīgāko koku sugu provenienču vai sēkļu plantāciju vidējo paraugu materiālu. Šāda materiāla izvēle ir būtiska arī, lai analizētu ar plaukšanu saistīto nepieciešamo negatīvo temperatūru summu (*chilling requirement*) un līdz ar to pavasara salnu bojājumu ietekmi. Kombinējot informāciju par gaisa temperatūrām un to ietekmi augsnes temperatūru, mitrumu un uz koku sasilšanu bezsniega ziemas periodā ar relatīvi augstu temperatūru, būtiski vērtēt bojājumus, kas sasilstot veidosies ne tikai koku virszemes daļai, bet arī saknēm. Paredzēts, ka ietekmei (eksperimentam) pakļautais stādmateriāls tiks audzēts vēl vismaz 1-2 sezonas (potenciāli – atšķirīgos klimatiskajos apstākļos) – tādējādi iegūstot datus par faktisko sala bojājumu ietekmi uz koku saglabāšanos un augšanu. Eksperimentos nozīmīgi iekļaut dažāda vecuma un veida stādmateriālu.

Salcietības pētījumos lielākā vērība veltīta parastajai priedei un parastajai eglei, taču trūkst informācijas par koku sugām, kuru nozīme Latvijā varētu pieaugt klimata izmaiņu kontekstā, piemēram, dižskābardi, alkšņu sugām. Analizējot kontrolēto krustojumu vai klonu materiālu, iespējams iegūt kvantitatīvu informāciju par dažādu genotipu fenotipisko plasticitāti, kas līdz šim ļoti maz pētīta, taču var nozīmīgi ietekmēt koku adaptācijas potenciālu.

## 12. Nokrišņu sadalījuma izmaiņu ietekme uz meža atjaunošanu

Pārskata periodā saskaņā ar darba uzdevumu analizēta nokrišņu sadalījuma izmaiņu ietekme uz meža atjaunošanu 3 meža tipiēm atbilstošos apstākļos, izmantojot 3 koku sugu vairāku veidu stādmateriālu, kas paredzēts atšķirīgiem Latvijas reģioniem. Ņemot vērā, ka eksperimentam paredzētā infrastruktūra LVMI Silava gada sākumā vēl nebija pieejama, ierīkots pagaidu eksperimentālais objekts, papildinot 2012. gada sākumā izveidoto, kurā iespējams kontrolēt mitruma, bet ne temperatūras režīmu. Meža tipiēm atbilstošā augsne iegūta pieaugušās mežaudzēs un iebērtā izolētās bedrēs (katram meža tipam divas) ar platību 10 m<sup>2</sup> un dziļumu 0,5 m (12.1. att.).



12.1. attēls. Eksperimenta bloku ierīkošana.

Kopumā stādi randomizēti izvietoti 6 blokos, kas atbilst meža tipam un nokrišņu režīmam: damaksnis kontrole (nokrišņu režīms nemainīts) (DmK), damaksnis eksperiments (nokrišņu režīms izmainīts) (DmI) – šie divi bloki ierīkoti jau 2012. gada sākumā; sils kontrole (SIK), sils izmainīts (SII); šaurlapju kūdrenis kontrole (KsK) un šaurlapju kūdrenis izmainīts (KsI) (12.2. att.).

2013. gadā veikti periodiski koku augstuma pieauguma mērījumi. Veģetācijas sezonas beigās stādmateriāls izrakts, tā biomasa sadalīta komponentēs (saknes, stumbrs ar zariem, lapas vai skujujas), veikta svēršana, mitruma noteikšana, saknēm – skanēšana un to garuma (pa dažādām diametra grupām) aprēķināšana ar programmu WinRHIZO.



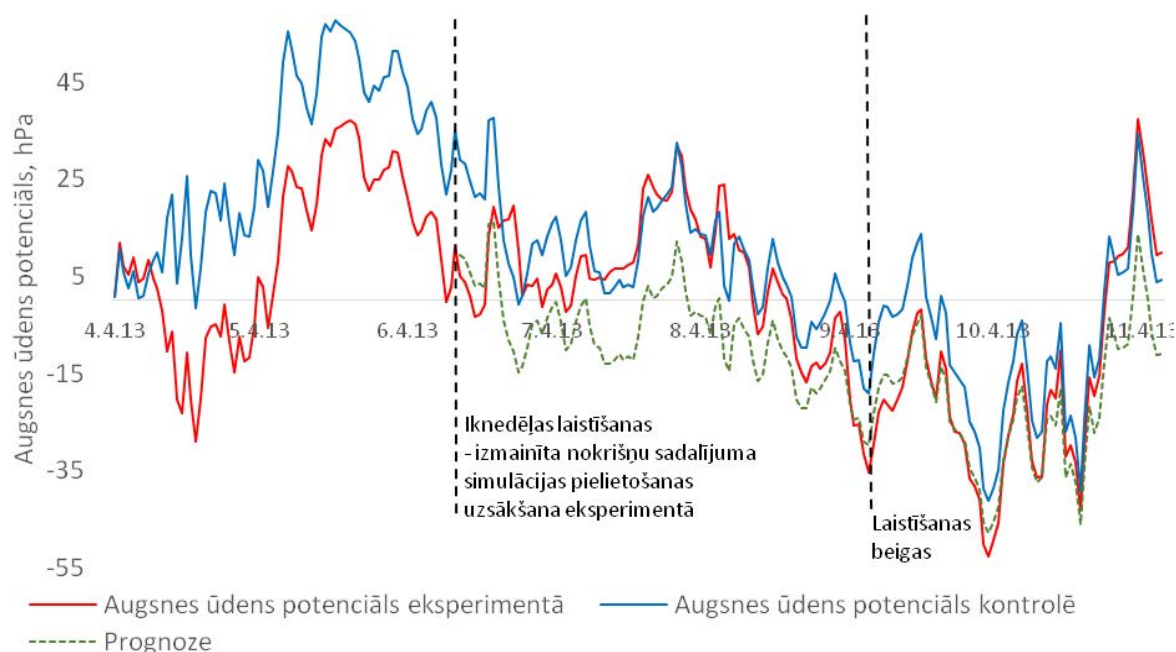
12.2. attēls. Ierīkotais eksperiments.

Eksperimentā laistīšana tika veikta reizi 6 līdz 8 dienās, pievadītā ūdens apjoms aprēķinot kā attiecīgā perioda nokrišņu summu (tātad saskaņā ar klimata izmaiņu prognozēm mainot nokrišņu sadalījumu, bet ne kopējo apjomu), tajā pašā laikā kontrolē beznokrišņu periodi nebija garāki par 5 dienām (vidēji 3 dienas).

Platībā tika veikti augsnes ūdens potenciāla mērījumi gan kontroles, gan izmainīta nokrišņu sadalījuma stādītajās. References periodā (pavasārī, pirms mitruma režīma kontroles uzsākšanas), kas izmantots, lai vērtētu kontroles un eksperimentālās platības mitruma režīmu sinhronitāti, sākotnēji augsnes ūdens potenciāls bijis zems, jo 2013. gada augšanas sezonas sākumā ļoti ilgi saglabājās sniega sega (12.3. att.). Augsnes ūdens potenciāls strauji pieauga pēc atkušņa iestāšanās, un jūnija sākumā, īsi pirms references perioda beigām, novērots visaugstākais vidējais diennakts nokrišņu apjoms.

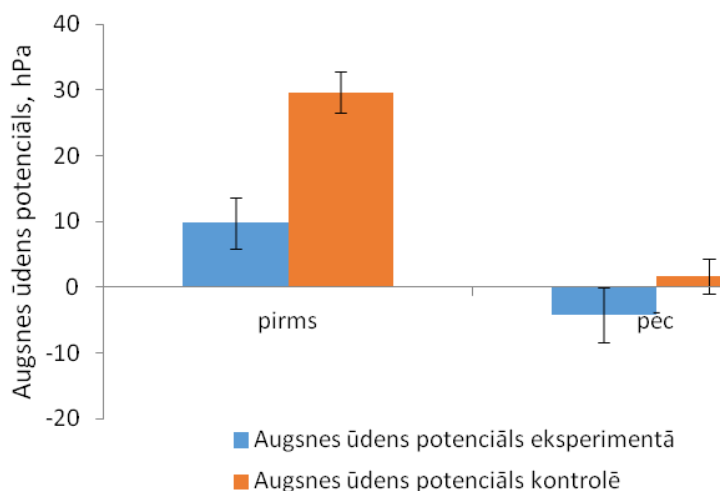
Pirsona korelācijas koeficients starp kontroles un eksperimenta augsnes ūdens potenciāliem references periodā (pirms laistīšanas uzsākšanas) ir  $r=0,86$ , bet kontrolētā mitruma režīma periodā sakarība ir kļuvusi vēl ciešāka ( $r=0,90$ ). Vidējā augsnes ūdens potenciāla atšķirības starp kontroli un eksperimentu references periodā ir statistiski būtiskas ( $p<0,05$ ), bet pēc mitruma režīma kontroles uzsākšanas (pievadot vidēji  $8,05 \text{ mm m}^{-2}$  ūdens vienā laistīšanas reizē) – nav būtiskas ( $p>0,05$ ) (12.4. att.). References perioda augsnes mitruma izmaiņas izmantotas, prognozējot turpmākās sezonas eksperimenta izmēģinājuma augsnes ūdens potenciāla vērtību svārstības (12.3. att.). Prognoze ir ar lineāro regresiju veikts ūdens potenciāla novērtējums

izmainītajā mitruma režīmā, kas balstās uz sakarību ar ūdens potenciālu kontrolē (novērtētu referenes periodā). Redzams, ka sākumā prognoze rāda sistemātiski zemākas vērtības nekā reālās, taču eksperimenta perioda beigās prognozes novērtējums faktiski sakrīt ar reālajām vērtībām.



12.3 attēls. Augsnes ūdens potenciāla izmaiņas.

Vasaras vidū (jūlijā un augusta sākumā) ir reģistrētas augstākās diennakts vidējās gaisa temperatūru vērtības, un taču šajā periodā augsnes ūdens potenciālam visos blokos novērotas tikai īslaicīgas bez izteiktas ilglaicīgas tendences (12.3. att.).

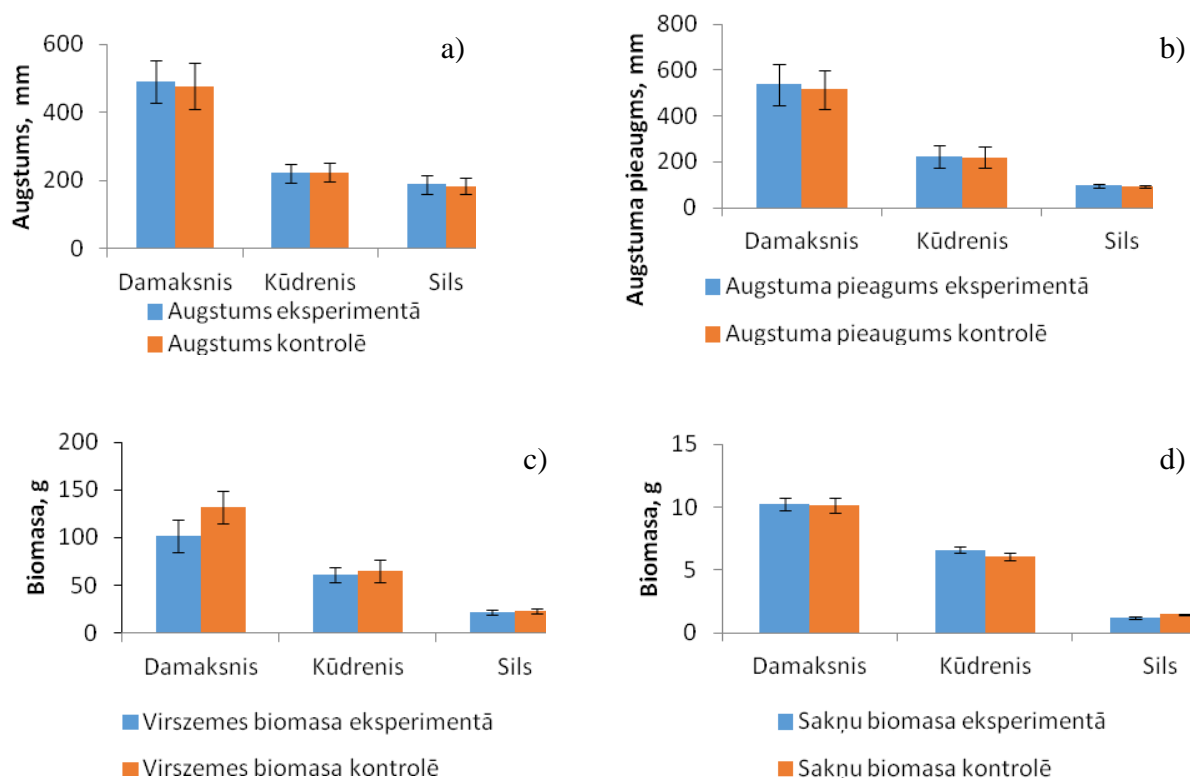


12.4. attēls. Vidējā augsnes ūdens potenciāla vērtību atšķirības kontrolē un eksperimentā pirms un pēc laistīšanas uzsākšanas.

Iespējams, ka iegūtos rezultātus ietekmējušas neprecizitātes laistīšanā (nefiksējot precīzu tās veikšanas laiku), kā arī pārāk vēla laistīšanas uzsākšana (neizolējot platību pirms maksimālā augsnes ūdens potenciāla sasniegšanas) vai kļūdas bloku izolācijā, nenovēršot pilnīgi visu horizontālo un vertikālo ūdens plūsmu.

Līdzīgi kā augsnes mitrumu, arī koku augstuma pieaugumu veidošanās dinamikā (augšanas intensitāti) mitruma režīma regulēšana (eksperiments) neietekmēja.

Nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības ( $p > 0,05$ ) nedz vidējai koku sakņu un virszemes biomasai, nedz vidējam kopējam augstuma pieauguma garumam vienam un tam pašam stādmateriāla veidam kontroles un eksperimenta (kontrolētā mitruma režīma) blokos (12.5 att.).



12.5 attēls. Koku sākotnējā augstuma (a), augstuma pieauguma (b), absolūti sausas virszemes biomasas (c) un sakņu biomasas (d) salīdzinājums dažādos meža tipos blokos ar neietekmētu (kontrolē) un regulētu (eksperiments) mitruma režīmu.

Divfaktoru dispersijas analīzes rezultāti liecina, ka visām trim saimnieciski nozīmīgākajām koku sugām (priedei, eglei un bērzam) nozīmīgākie augstuma pieaugumam ietekmējošie faktori 2013. gadā ir stādmateriāla veids un meža tips (augšņu apstākļi) ( $p < 0,001$ ). Konstatēts, ka damaksnī augstuma pieaugums ievērojami pārsniedz pārējos divos meža tipos novēroto. Rezultāts ir divu faktoru – lielāka stādmateriāla (koku augstuma veģetācijas sezonas sākumā) un augsnes – ietekmes kombinācija. Turklāt koku vidējā augstuma atšķirības starp meža tipi veģetācijas sezonas sākumā nav tik izteiktas kā to vidējā pieauguma atšķirības.

Meža tipam (augšņiem) un stādmateriāla veidam ir statistiski būtiska ( $p < 0,001$ ) ietekme uz virszemes biomasu gan priedēm, gan bērziem un eglēm. Līdzīgas sakarības konstatētas, vērtējot sakņu biomasu: gan meža tipa, gan stādmateriāla veida ietekme ir statistiski būtiska. Eglei,

atšķirībā no citām koku sugām, konstatēts, ka sakņu biomasu statistiski būtiski ietekmē arī mitruma režīms ( $p < 0,001$ ). Tas saskan ar literatūrā atrodamo informāciju par egles relatīvi augstāko jutību pret sausuma stresu.

Konstatēts, ka visām sugām un stādmateriālu veidiem Pīrsona korelācijas koeficienti starp egļu un virszemes biomasu bija augsti un statistiski būtiski un koku virszemes biomasu bija ievērojami lielāka par sakņu biomasu. Vērtējot biomasas sadalījumu, konstatēts, ka regulētā mitruma režīmā (eksperimentā) salīdzinājumā ar nemainīto mitruma režīmu viena un tā paša meža tipa ietvaros vienam un tam pašam stādmateriāla veidam lielākā daļa no kopējās biomasas novirzīta sakņu (īpaši fizioloģiski aktīvo jeb uzsūcošo sakņu ar diametru mazāku par 2 mm) veidošanai. Līdzīgu sakarību uzrāda arī sakņu kopgarumi pa to diametru klasēm, kas noteikti ar WinRHIZO programmu (12.6 att.). Iegūtie rezultāti saskan ar citos pētījumos fiksēto koku atbildes reakciju uz sausuma stresu. Tomēr konstatētās atšķirības nav statistiski būtiskas, liecinot par relatīvi nelielu stresa ietekmi šajā eksperimentā.



12.6. attēls. Dažādu stādmateriāla veidu sakņu sistēmas un to analīze WinRHIZO programmā

Iegūtie rezultāti liecina, ka līdzšinējais eksperimentam piemērotais nokrišņu apjoma sadalījuma izmaiņu režīms (kas atbilst mērenu klimata izmaiņu scenārijam) nerada paliekošu negatīvu ietekmi uz koku saglabāšanos un augšanu, tādēļ turpmākajos pētījumos lietderīgi novērtēt kompleksu mitruma režīma izmaiņu un temperatūras paaugstināšanās ietekmi, kā arī izvērtēt tādu mitruma režīmu, kāds tiek prognozēts saskaņā ar būtisku klimata izmaiņu scenāriju.



### 13. Dendrofāgo kaitēkļu sugu savairošanās draudu izvērtējums

Nodaļā ietverts Latvijas saimniecībai nozīmīgāko dendrofāgo kaitēkļu sugu savairošanās draudu izvērtējums uz parazītoīdu ekoloģijas un klimata scenāriju (un situācijas tiem atbilstošās teritorijās) fona.

Dendrofāgo kukaiņu masveida savairošanās ir neatņemama mežsaimniecības problēma, kas būtiski ietekmē valsts ekonomiku (Schonrogge, Crawley, 2000; Stireman et al., 2005; Wilson et al., 2005). Mežu ekosistēmām draudus rada arī potenciāli invazīvās sugas, kuru invāzijas risku palielina intensīvā starpvalstu tirdzniecība (Menu et al., 2000; Niemela, Mattson, 1996; Petzoldt, 2002; Robinson, 2005). Dendrofāgu savairošanās vēstures izpēte liecina, ka to uzliesmojumu biežums laika gaitā pieaug, un tiem ir cieša saistība ar globālām klimata izmaiņām (Fleming, Volney, 1995; Hance et al., 2007; Kollár et al., 2009; Stireman et al., 2005). Pirmās ziņas par kaitēkļu masveida uzliesmojumiem pasaulē ir aprakstītas, tikai sākot ar 18. gadsimtu (Hance et al., 2007; Moraal, Akkerhuis, 2010; Stireman et al., 2005; Wilson et al., 2005).

Vairākumam mizgraužu, koksngraužu, smecernieku un lapu alojošo lapseņu un tauriņu sugu ir raksturīgi skaidri izteikti savairošanās cikli, kas periodiski, neatkarīgi no izplatības reģiona, atkārtojas. Jāatzīmē, ka miera periods starp uzliesmojumiem šīm kukaiņu sugām ir noteikts, tāpēc savairošanās kļūst aptuveni paredzamas (Brockerhoff et al., 2006; Estay et al., 2008; pēc IPCC 2007 datiem). Savukārt, to uzliesmojumu norise, kuriem nav skaidru ciklisku iezīmju, skaidrojama ar pēkšņām reģionālām klimata izmaiņām – piemēram, pēkšņu sausumu vai karstumu (Battisti, 2006; Berryman, 1996). Turklāt, informācija liecina, ka sezonālās klimatiskās izmaiņas, kas ietekmē kaitēkļu uzliesmojumus, netieši veicina to parazītoīdu savairošanos nākamajā gadā (Allard et al., 2003; Ashworth, 2001; Wilson et al., 2005). Lai gan daudzām kaitēkļu sugām ir noskaidroti savairošanos veicinošie klimatiskie apstākļi, līdz šim nebija tiešas skaidrības, kā tie saistāmi ar kaitēkļiem nozīmīgāko parazītoīdu bioloģiju, un kā tas ietekmē saimnieka – parazīta savstarpējās attiecības (Ford, Shaw, 1991; Hill et al., 1999; Kollár et al., 2009; Schroeder 2008).

Pašlaik Latvijā vairāk ir pētīta ekoloģija sekojošām meža kaitēkļu sugām: priežu sprīžotājam (*Bupalus piniarius*), egļu mūķenei (*Lymantria monacha*), priežu pūcītei (*Panolis flammea*), priežu parastai zāglapsenei (*Diprion pini*), priežu rūsganai zāglapsenei (*Neodiprion sertifer*), priežu sfīngam (*Hyloicus pinastri*), egļu astoņzobu mizgrauzim (*Ips typographus*), lielajam priežu smecerniekam (*Hylobius abietis*). Pētījumu rezultātā ir noskaidroti praktiski aspekti šo sugu monitoringam, kontrolei. Latvijā 2008. gadā pirmo reizi notika viena no pasaulē agresīvākajiem kaitēkļiem – ozolu mūķenes (*Lymantria dispar*) savairošanās. Pirms tam nebija praktiski nekādas informācijas par šī dendrofāga ekoloģiju Latvijā. Šis gadījums pierāda, ka jāpievērš uzmanība tām sugām, kuras Latvijā konstatētas salīdzinoši nesen vai arī sastopamas līdzīgu klimatisko apstākļu reģionos citur pasaulē.

Šī pētījuma mērķis ir sniegt informāciju par jau apskatītu un jaunu (karantīnas) kaitēkļu sugu iespējamiem sagaidāmajiem savairošanās riskiem tuvāko 100 gadu laikā Latvijas teritorijā – mainoties klimatiskajiem apstākļiem, turklāt noskaidrot, kā šo savairošanos var ietekmēt to būtiskākie parazītoīdi un veģetācijas perioda izmaiņas nākotnē.

Pētījuma ietvaros vākta un apkopota informācija par nozīmīgāko dendrofāgo sugu ekoloģiju, tai skaitā no teritorijām, kurās klimats līdzīgs kā Latvijā nākotnē prognozētais. Informācija par atsevišķu sugu bioloģiskajiem parametriem apkopota pielikumos (1.,2.,3.pielikums). Noskaidroti būtiskākie meža kaitēkļu parazītoīdie organismi (balstoties uz kaitēkļu mirstības pētījumiem), kā

arī optimālā temperatūra to maksimālajai auglībai (apskatot informāciju, kas iegūta to reprodūktivitātes pētījumos). Savairošanās kritisko punktu izvēlei atlasīti literatūrā pieejamie dati par savairošanās reģionos esošajiem klimatiskajiem apstākļiem (pārsvarā gaisa temperatūras), kombinējot tos ar Latvijā un pasaulē veiktajiem vidējo temperatūru prognožu modeļiem (pamatā izmantojot U.Bethera (2012) un IPCC (2007) datus). Lai novērtētu kaitēkļu kritiskos savairošanās sākumperiodus nākotnē, tika atlasītas vidējās un maksimālās temperatūras vasarā, sākot no maija līdz septembrim (kas ir pieci mēneši – literatūrā aprakstītais vidējais „silto” mēnešu optimums, kas nepieciešams vairumam meža kukaiņu sugu normālai attīstībai vasaras laikā) (Lynn, 2009; Moretti et al., 2010). Zinot to, ka vairumam meža kaitēkļu sugu uzliesmojumus veicina vasaras temperatūras virs 25 °C, kas ilgākas par vienu nedēļu (Hance et al., 2007; Singh, Satyanarayana, 2009; Venette, Abrahamson, 2011), starp vidējām un maksimālajām „silto” mēnešu temperatūrām (pēc LVĢMA datiem) aprēķināts vidējais rādītājs (turpmāk tekstā - vidējais izkliedes rādītājs). Kopējais vidējais izkliedes rādītājs starp maksimālo un vidējo temperatūru Latvijā vasarā ir 24,4 °C. Starpības starp šo rādītāju un kaitēkļa savairošanās vidējām temperatūrām, kā arī starp parazītoīda vidējām attīstībai optimālām temperatūrām ļauj noskaidrot kaitēkļu kritiskos savairošanās sākumperiodus nākotnē, un vai tos ietekmēs parazītoīdu bioloģija.

Papildus uzskaitītajiem analizēti šādi faktori – patogēnu maksimālai reprodūkcijai optimālās temperatūras, dendrofāgu un to parazītoīdo organismu attīstībai kritiskais lietavu perioda ilgums un laiks vasarā. Veikts kritisko sausuma periodu un salcietības rādītāju salīdzinājums uz klimata scenāriju fona. Zinot parazītoīdu attīstības laikus vasarā un prognozētās veģetācijas perioda izmaiņas, iespējams paredzēt to savairošanās perspektīvas un lomu dendrofāgu ierobežošanā. Salcietības un sausumizturības dati ļauj spriest par dendrofāgu pielāgotību reģionālām meteoroloģiskām izmaiņām.

Lietavu un sausuma periodu ietekmes novērtējums dendrofāgiem salīdzinājumā ar parazītoīdiem ir atlasīts atšķirīgi. Novērtēta lietaino un „beznokrišņu” dienu ietekme uz dendrofāgu preimago (pamatā kāpuru) attīstību, bet parazītoīdiem – uz imago. Šāds salīdzinājums ir loģisks un skaidrojams ar abu organismu grupu bioloģiju, jo parazītoīdu imago un dendrofāgu preimago stadijas ir pārsvarā sastopamas paralēli vienā laika periodā. Šādā veidā noskaidrots, ar kuru nepārtraukto lietavu vai sausuma dienu sāk būtiski samazināties dendrofāgu kāpuru barošana un parazītoīdu saimnieku meklējumi, un kad abu organismu grupu mirstība pārsniedz 50% robežu. Šie dati iegūti, balstoties uz kaitēkļu un parazītoīdu mirstības pētījumiem laboratorijās un lauka apstākļos, novērtējot šo organismu populāciju izmaiņas.

Atlasīti arī pēc literatūras datiem būtiskākie kaitēkļu patogēni, noskaidrojot tiem optimālās savairošanās temperatūras, lai vērtētu efektīvākos kontroles aģentus kaitēkļu monitoringā, un kāda ir to izmantošanas perspektīva nākotnē. Zinot, ka konkrētiem kukaiņiem – kaitēkļiem ir specifiski attīstības ciklu garumi (Brocknerhoff et al., 2006; pēc IPCC 2007 datiem), ir apkopota informācija par vienai kukaiņu paaudzei nepieciešamā veģetācijas perioda ilgumu vienā vasarā, tā salīdzināta ar esošo un nākotnē paredzēto veģetācijas periodu garumu. Salīdzināšana veikta pēc atbilstības, nolieguma principa. Analīzei papildus iekļautas karantīnas sugas, kas apdzīvo attālus, Latvijai līdzīgus klimatiskos reģionus: *Anoplophora glabripennis*, *Monochamus alternatus*, *Monochamus carolinensis*, *Bursaphelenus xylophilus*, *Agrilus planipennis*, *Dryocosmus kuriphilus*, *Thaumetopoea pityocampa*, *Dendrolimus superans sibiricus*.

#### Klimatisko faktoru ietekme uz dendrofāgajiem kukaiņiem un to parazītoīdiem

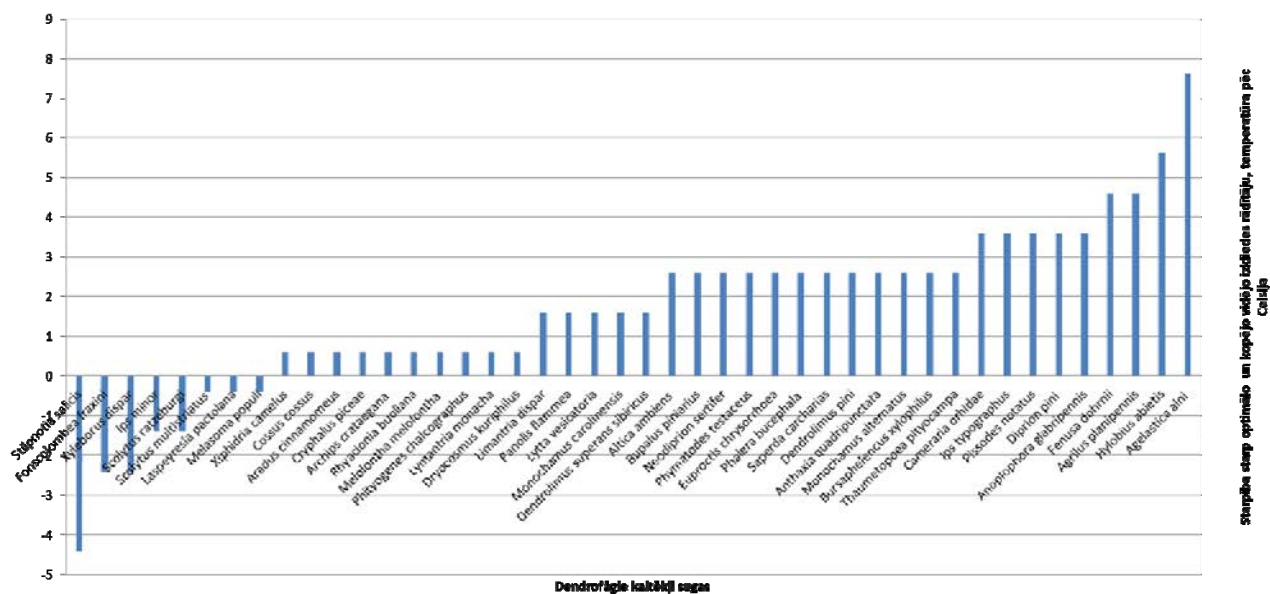
Aplūkojot pieejamo informāciju, noskaidrots, ka pastāv uzskatāma atšķirība starp maksimālai reprodūkcijai nepieciešamajām temperatūrām dendrofāgiem un to parazītoīdiem. Kaitēkļu vairākums zināmo maksimālo pēcnācēju skaitu sasniedz vidējie pie 26,1°C, kamēr to parazītoīdi – vidēji pie 22,7 °C (13.1.att.).

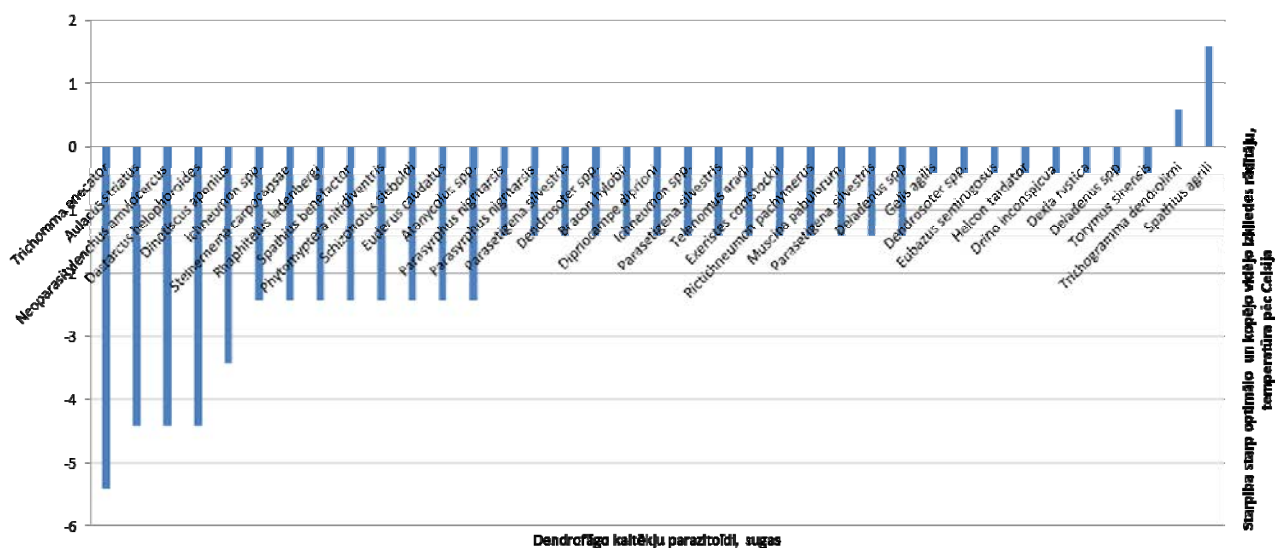


patēriņš. Ņemot vērā, ka vairākums parazītoīdu ir salīdzinoši mazāki par saimniekorganismiem un to imago nebarojas, domājams, ka karstā, sausā laikā māfītes, aktīvi meklējot saimniekorganismus, būtiski reducē pēcnācēju skaitu, daļu iznēsājamo olu lizējot ūdens un enerģijas saglabāšanas nolūkā (Moiroux et al., 2012). Lai gan vairākums universālo parazītoīdu ir aktīvi temperatūrā virs 25°C, saimniekam specifiskiem vidēji ir jāveic salīdzinoši lielāks attālums saimniekorganisma meklējumos (Moiroux et al., 2012; Tarmo et al., 1996). Turklāt, vairākums no apskatītajiem parazītoīdiem ir speciālisti – jo parazītē tika noteiktas sugas, dzimtas ietvaros.

Atšķirības starp optimālajām savairošanās temperatūrām netieši liek domāt, ka kaitēkļi savairojas tajos temperatūras intervālos, kuros nespēj optimāli vairoties tiem specifiskie parazītoīdi. Tomēr šādam apgalvojumam nav viennozīmīga pamata, jo saimniekorganismu un parazītu savstarpējo bioloģiju ietekmē konkrētu sezonālo klimatisko svārstību ierosināta to uzvedības un ekoloģisko stratēģiju maiņa (Tauber et al., 1986).

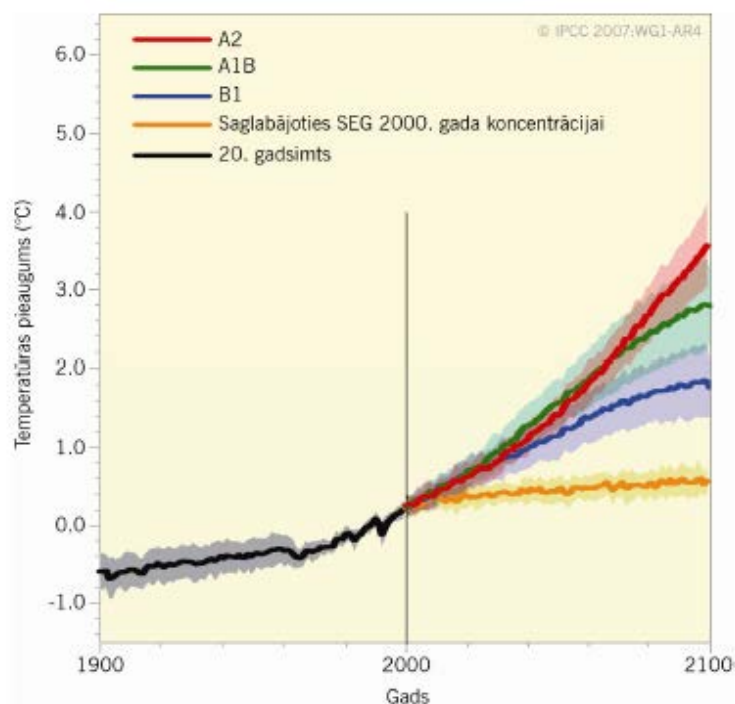
Noskaidrojot kopējo vidējo izkļiedes rādītāju starp maksimālo un vidējo temperatūru vasarā, un tā vērtību atskaitot no optimālo savairošanās temperatūru vērtībām, iegūta starpība, kas parāda to grādu skaitu pēc Celsija, kuri nepieciešami, lai sasniegtu absolūtos savairošanos apjomus līdz kritiskajam līmenim, ļaujot sugai pārsniegt ekoloģisko kapacitāti (13.2.att.).



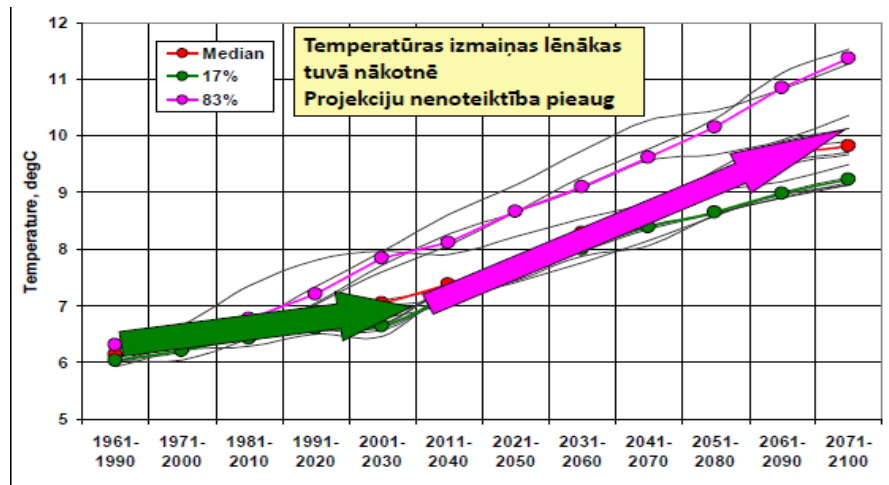


13.2.attēls. Starpība starp dendrofāgu un to parazītoīdu attīstībai optimālajām temperatūrām un maksimālajām vasaras vidējām temperatūrām (vidējo izkliedes rādītāju) Latvijā.

Negatīvās vērtības norāda, ka esošie klimatiskie apstākļi ir jau virs savairošanās optimuma (lai gan, cik tas ir būtiski – pagaidām nav zināms), un ka konkrētā suga patlaban pielāgojas jauniem apstākļiem, vai arī turpina dzīvot nelabvēlīgākos apstākļos (iespējams, pie samazināta pēcnācēju skaita). Neitrālā vērtība (nulle) atbilst kopējam vidējam izkliedes rādītājam starp maksimālo un vidējo temperatūru vasarā, kas ir 24,4 °C. Ņemot vērā IPCC 2007. g. izvirzītos 3 klimata pasiltināšanās scenārijus A2, A1B un B1 (13.3. att.), iegūtie rezultāti pierāda, ka vairāk nekā ½ no kaitēkļiem (secībā – līdz *A. ambiens* uz x ass) spēs masveidā savairoties pie B1 scenārija (13.2. att. sugas secībā līdz *L. dispar* – tuvā nākotnē (2021.-2050. g.)). Salīdzinoši vairāk sugu kritiskos savairošanos apjomus sasniegs pie A2 un A1B scenārijiem (13.3. un 13.4. att.), ietverot tās, kurām noskaidrotā pozitīvā starpība sasniedz 2,5 – 4°C (13.2.att.), – kas ir par 18 būtiskāko kaitēkļu sugām vairāk nekā B1 scenārija gadījumā. Savukārt, domājams, ka tādu kaitēkļu sugu kā *Fenusa dohrnii*, *Agrilus planipennis*, *Hylobius abietis*, *Agelastica alni* savairošanās intensitāte sasniegs maksimumu gadsimta beigās vai vēl vēlāk, jo to starpības vērtības pārsniedz 4 °C, kas ir aprēķinātais vidējais temperatūras pieaugums vasarā nozīmīgu pārmaiņu scenārijā tālā nākotnē (2071.-2100. g.) (13.2. un 13.4. att.).



13.3.attēls. Zemes vidējās temperatūras pieauguma raksturs atkarībā no siltumnīcefekta gāzu izmešu pieauguma un sabiedrības attīstības scenārijiem (IPCC, 2007).



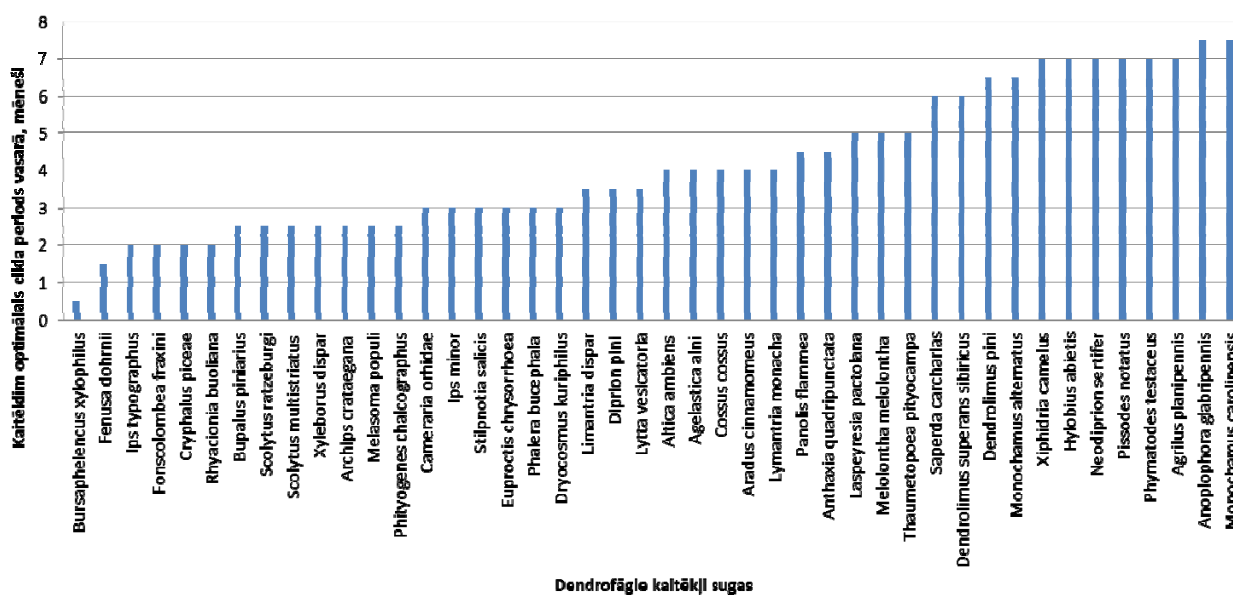
13.4.attēls. Klimata parametrs: gada vidējā temperatūra Rīgā 1961. - 2100. (projekta pārskats, 2010).

Vairumam parazītīdu sugu raksturīgas negatīvas starpību vērtības (vidēji  $-1,69\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Vairākums parazītu sugu ir aktīvi sezonas periodos, kad saimniekorganisms ir neaktīvs vai mazaktīvs – parasti rudenos un pavasaros, kad gaisa temperatūras ir zemas, bet pietiekošas, lai saglabātu parazīta aktivitāti. Klimata izmaiņu ietvaros pieaugot vidējām gaisa temperatūrām rudenos un pavasaros, parazītīdu aktivitātei nākotnē joprojām pieņem divus scenārijus:

1) tā samazināsies un samazināsies arī pēcnācēju skaits, līdz ar to kaitēkļu populācijas būtiskāk ietekmēs citi limitējošie faktori;

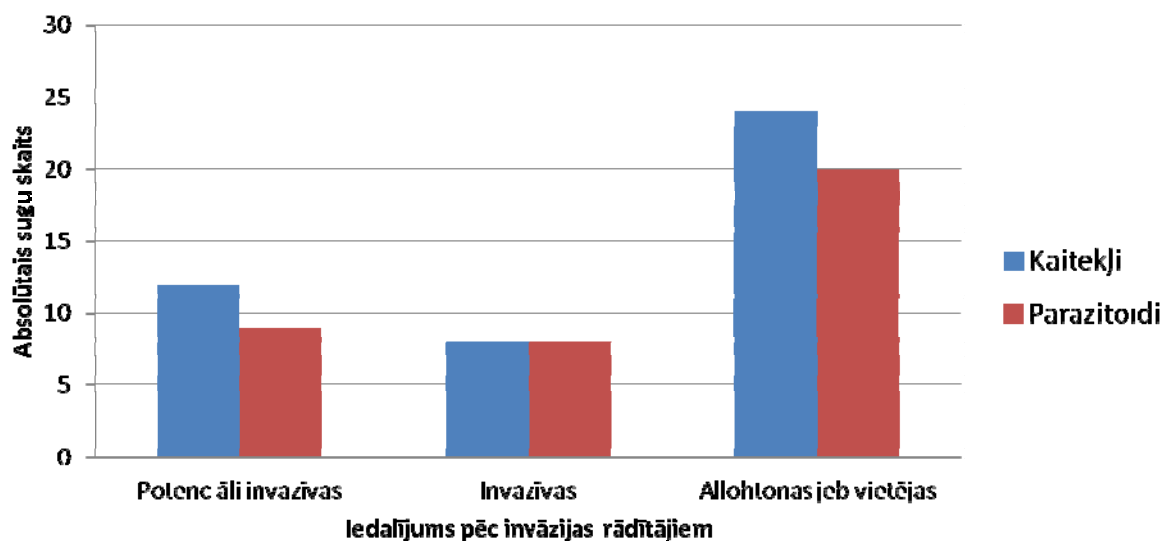
2) tā novirzīsies uz agrākiem laika periodiem pavasarī un vēlākiem rudenī, saglabājot vai nedaudz samazinot pēcnācēju skaitu, kā arī savu ekoloģisko nozīmi kaitēkļu limitācijā (Shaw, Huddleston 1991; Anonymous 2008a).

Pašlaik Latvijā veģetācijas periods vidēji ilgst 5,5 – 6 mēnešus. Saskaņā ar projekta iepriekšējos pārskatos atspoguļoto informāciju, vidēju izmaiņu scenārijs paredz agrāko salnu iestāšanos tuvā nākotnē vidēji no oktobra beigām (veģetācijas periods – 6,5 mēn.), bet tālā – vidēji no novembra sākuma (veģetācijas periods – 7 mēn.); savukārt, nozīmīgu izmaiņu scenārijā tuvākā nākotnē – no novembra sākuma (veģetācijas periods – 7,5 mēn.), bet tālā nākotnē - pat no decembra vidus (veģetācijas periods vidēji sasniegs 8 mēn.). Šādu izmaiņu scenārijs viennozīmīgi norāda, ka nākotnē r – stratēģiem būtiski pieaugs paaudžu skaits sezonā, palielinot kaitēkļu populāciju kopapjomus, paaugstinot ikgadējo mežu defoliācijas intensitāti. Kaitēkļiem palielinot paaudžu skaitu sezonā, būtiski pieaug to savairošanās risks. Gandrīz pusei no apskatā ietvertajiem dendrofāģiem vienas paaudzes attīstība norit līdz 3 mēnešiem (13.5.att.). Tas nozīmē, ka šīs kaitēkļu sugas teorētiski spēs sasniegt pat 3 paaudzes gadā nozīmīgu pārmaiņu scenārijā tālā nākotnē. Tikai 18% no apskatā ietvertajām sugām nepalielinās paaudžu skaitu tālā nākotnē vienas sezonas ietvaros, jo to attīstības cikli ilgst vidēji 7 – 7,5 mēnešus (13.5. att.).



13.5.attēls. Dendrofāģo kaitēkļu sugu optimālai attīstības piemēroto periodu ilgums mēnešos vasaras laikā Latvijā.

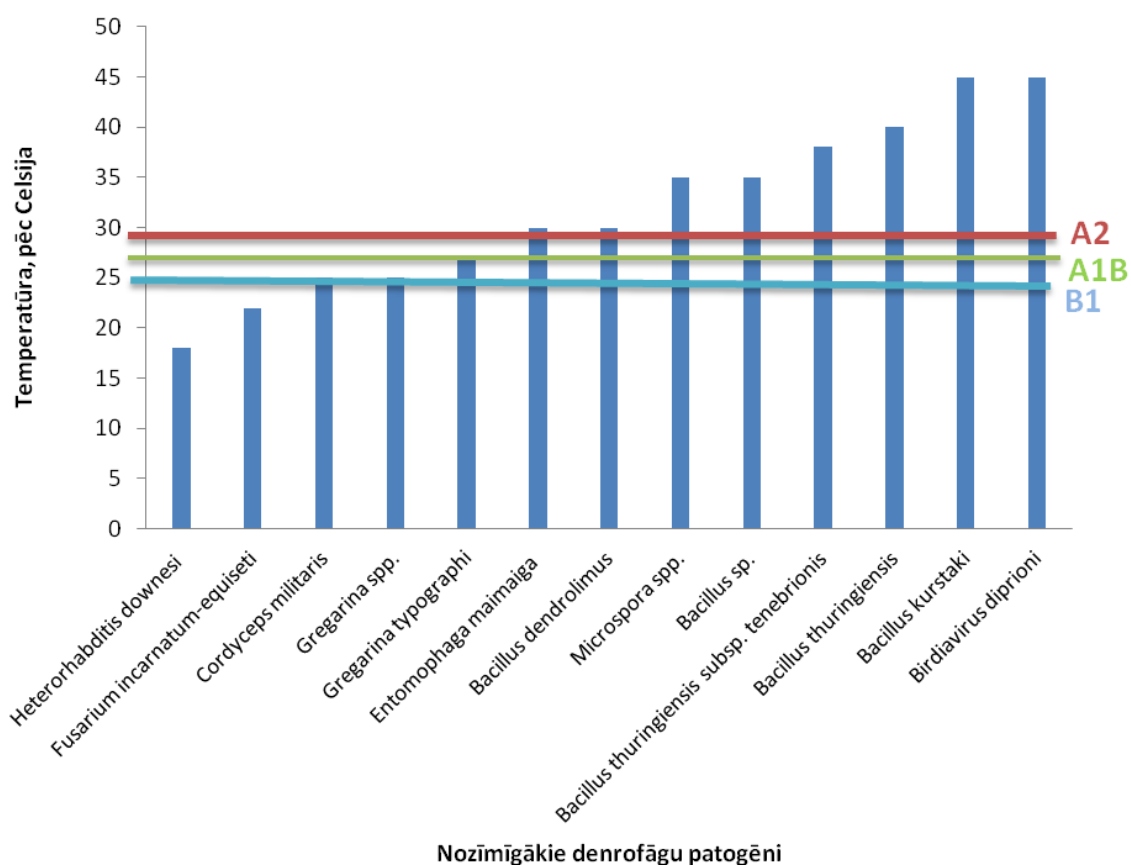
Apskatot dendrofāģo kaitēkļu un to parazītoīdu sadalījumu pēc invāzijas rādītājiem, redzams, ka pastāv līdzīgas sadalījuma proporcijas starp abiem (13.6. att.). Tas nozīmē, ka invāzijas potenciāls un varbūtība vairākumam kaitēkļu sugu ir līdzīgs ar to būtiskākajiem parazītoīdiem.



13.6.attēls. Dendrofāgu un to parazitoīdo organismu sugu sadalījums pēc invāzijas riska rādītājiem.

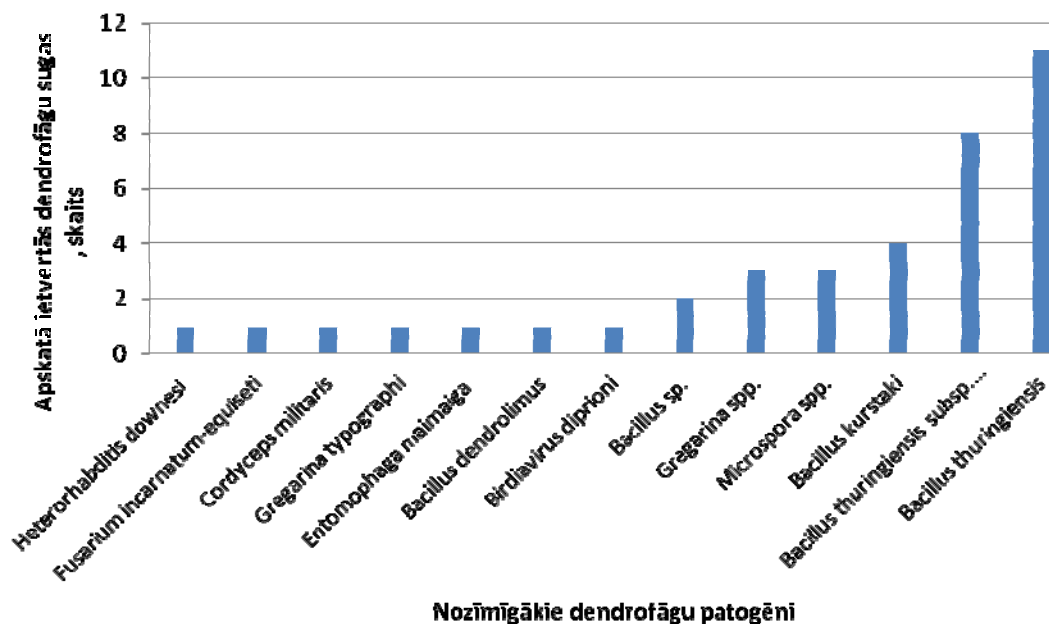
Aplūkojot pieejamo informāciju, noskaidrots, ka pastāv uzskatāma atšķirība starp dendrofāgu patogēniem raksturīgajām optimālajām savairošanās temperatūrām (13.7.att.). Ņemot vērā IPCC 2007.g. klimata prognozes, redzams, ka nākotnē nozīmīgu klimatisko izmaiņu gadījumā (A2 scenārijs) būtiska nozīme dendrofāgu limitācijā būs bakteriālajiem un vīrussaturošajiem kontroles preparātiem. Piemēram, vairākuma *Bacillus* spp. optimālās temperatūras vidēji par 11,4 °C pārsniedz A2 scenārija vidējo temperatūru Eiropā (13.7.att.). *Bacillus* ģints savairošanās vidējais diapazons starp dažādām sugām sasniedz 20 °C, kamēr pārējiem apskatā ietvertajiem patogēniem – vidēji 7–12°C.





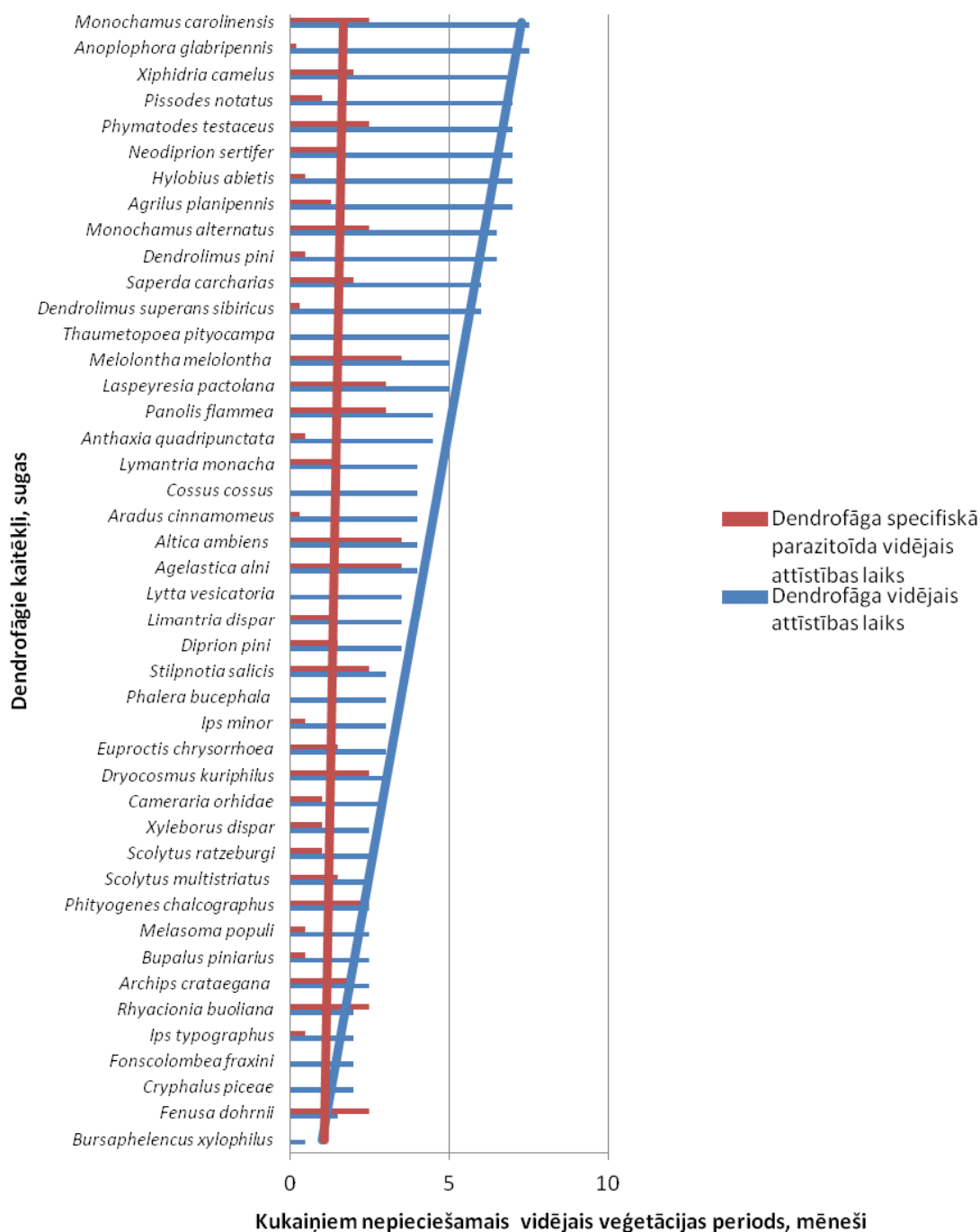
13.7.attēls. Dendrofāgo kaitēkļu patogēnu optimālās savairošanās temperatūras salīdzinājumā ar prognozētajām (IPPC, 2007.g., scenāriji A2, A1B, B1).

Tas liek domāt, ka tieši tauriņi, zāglapsenes, lapgrauži, un mizgrauži būs tie dendrofāgi, kuru savairošanos tālā nākotnē visvairāk ierobežos tieši bakteriālo un vīrusu patogēnu ietekme, - to pierāda arī lielāks *Bacillus thuringiensis* invadējamo saimniekorganismu sugu skaits salīdzinājumā ar pārējiem patogēniem (13.8.att.). Savukārt, tikai divu patogēnu (*Cordyceps militaris* un *Gregarina* spp.) savairošanās sasniedz optimumu pie B1 scenārija (13.7.att.), bet A1B scenārija gadījumā sagaidāma dažādu mikrosporiju, *Entomophaga* spp. un dažu *Bacillus* spp. ietekme. Domājams, ka pie A1B scenārija, tieši dendrofāgie tauriņi un zāglapsenes cietīs no tiem specifisku patogēnu ietekmes. Savukārt, *Heterohabditis downesi* ietekme uz *Hilobius abies* (lielo priežu smecernieku) un *Fusarium incarnatum – equiseti* ietekme uz *Dryocosmus kuriphilus* (pangu lapseni) nākotnē varētu samazināties (13.7.att.). Pastāv teorija, ka, samazinoties mēreniem klimatiskajiem apstākļiem raksturīgo patogēnu ietekmei, klimata izmaiņu rezultātā to nišu aizņems subtropiskiem reģioniem raksturīgie analogu kukaiņu taksonu patogēni (Dumphy, Chadwick, 1984).



13.8.attēls. Nozīmīgāko dendrocytē patogēnu sadalījums pēc saimniekorganismu (dendrocytē) skaita.

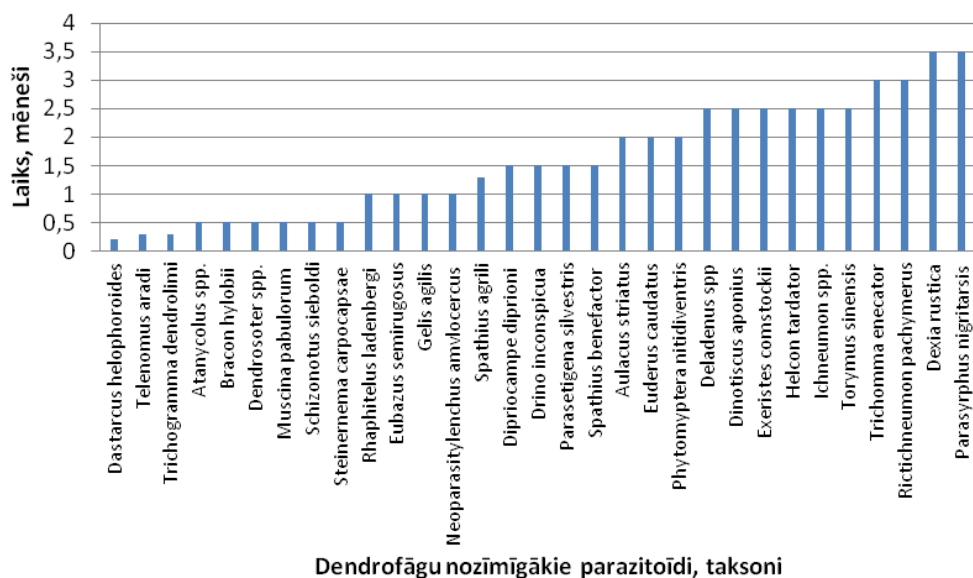
Vidējais dendrocytē attīstības garums ir 4,1 mēneši, kamēr to parazitoīdu attīstības cikls vidēji ir 1,7 mēneši veģetācijas periodā (13.9. att). Turklāt, dendrocytē sugām ar salīdzinoši garākiem attīstības cikliem nav raksturīgi parazitoīdi ar salīdzinoši garākiem attīstības cikliem ( $R^2 = 0,03$ ) – salīdzinājumā ar pārējām parazitoīdu sugām, kā tas sākotnēji tika pieņemts (13.9.att.). Tas skaidrojams ar parazitoīdu pielāgošanos saimniekorganismu dzīves ciklam koevolūcijas procesā (Dowden, 1939; Hudson et al., 2012; Wallner 1987).



13.9.attēls. Dendrofāgo kukaiņu un to specifisko parazītoīdu sugu attīstības ciklu garumu salīdzinājums veģetācijas periodā.

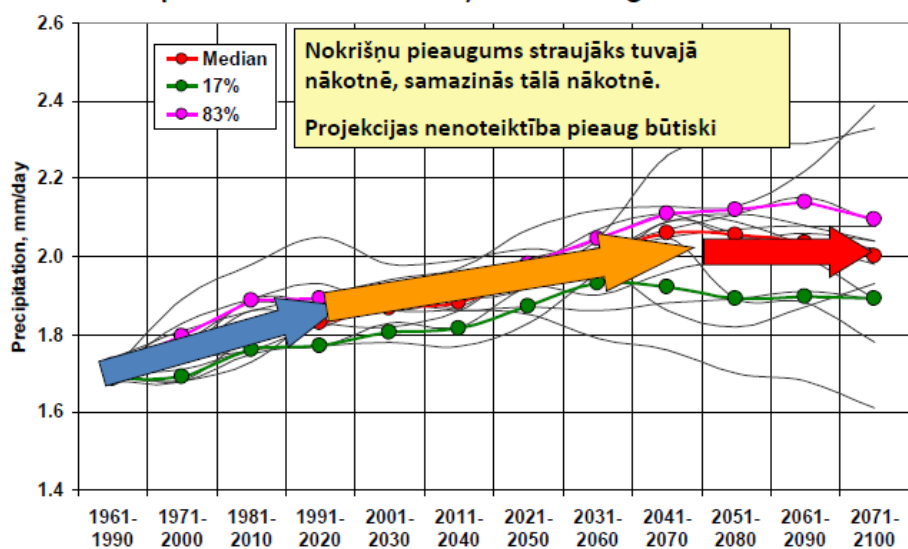
Tomēr informācija literatūrā un iegūtie rezultāti liek domāt, ka tie parazītoīdi, kas ir aktīvi galvenā veģetācijas perioda sākumposmā un beigu posmā, spēs pielāgoties nozīmīgā izmaiņu scenārija gaitai, un to ietekme novirzīsies uz agrākiem laika periodiem pavasarī un vēlākiem rudenī, nedaudz samazinot pēcnācēju skaitu, kā arī savu ekoloģisko nozīmi kaitēkļu limitācijā. To pierāda arī apskatā ietvertās koksngraužu sugas, kuru attīstības ciklu garumi pārsniedz mūsu apstākļiem raksturīgo 5,5 mēnešu veģetācijas periodu; izplatības reģions aptver gan mērenās

zonas Viduseiropā, gan taigas areālus Ziemeļeiropā, - bet tiem specifisko parazītoīdu sugu sastāvs saglabājas nemainīgs teritorijās ar atšķirīgu klimatu (Wallner 1987; Yang et al., 2005). Interesanti, ka tieši lapgraužu parazītoīdiem (pamatā *Tachinidae* kāpurmušas) ir visgarākie attīstības cikli (13.9. un 13.10. att.), kas gandrīz pilnībā aizņem dendrofāga attīstības ciklu. Turklāt, kāpurmušu optimālās savairošanās temperatūras ir zemākas par 25 °C (Frouz et al., 2003; Hanski 1977).



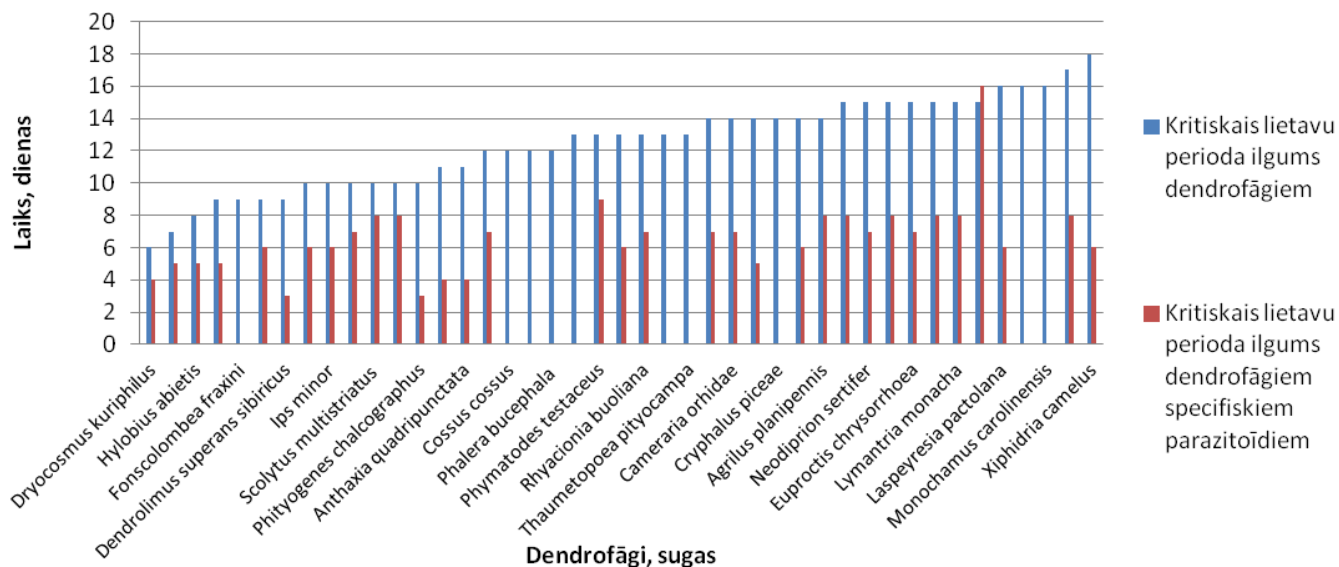
13.10.attēls. Nozīmīgāko parazītoīdo organismu attīstības laika sadalījums galvenajā veģetācijas periodā.

Jauniegūtie dati apstiprina iepriekš izvirzītos secinājumus par lapukoku apdraudētību tālā nākotnē (sk. projekta 2011. gada pārskatu), jo efektīvāka ir to parazītoīdu ietekme, kuru attīstības cikla garums vasaras periodā ir vismaz 3 reizes mazāks nekā to saimniekorganismiem (McManus, Liebhold, 2002; Wallner, 1987). Apskatot nozīmīgāko parazītoīdo organismu attīstību, redzams, ka 43% parazītoīdu taksonu tā ir vismaz 3 reizes īsāka nekā to saimniekiem (13.9. un 13.10. att.). Projekta iepriekšējos pārskatos ietvertā informācija liecina, ka vidējām temperatūrām nākotnē pieaugot, pieaugs arī evapotranspirācijas intensitāte un vidējais nokrišņu apjoms gadā (13.11.att.). Vairākums modeļu liecina, ka veģetācijas periodā palielināsies par 5 dienām gārāku bezlietus periodu biežums, tomēr iespējami arī atsevišķi garāki lietavu periodi. Lietavu periodi var būtiski ietekmēt visu kukaiņu mirstību, jo vairākums sugu to laikā pārtrauc pārvietošanos un barošanos (Andresen, 2004; Liberal et al., 2011; McManus, Liebhold, 2002; Morgan, 1986).



13.11.attēls. Klimata parametrs: gada nokrišņu summa Rīgā 1961.-2100. (projekta pārskats, 2010).

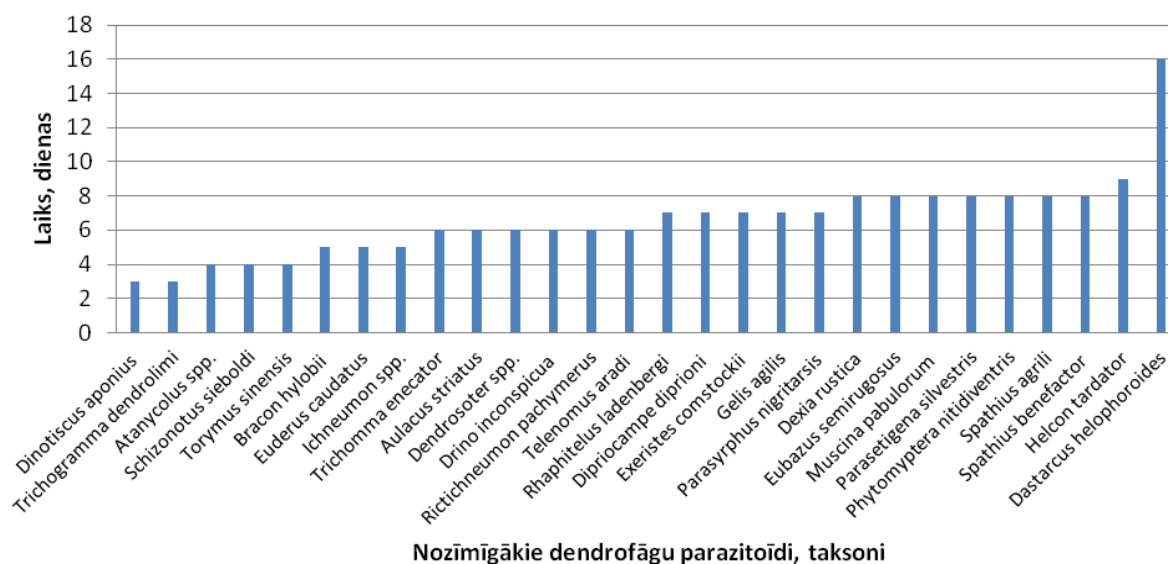
Apskatot dendrofāgu un to specifisko parazītoīdu kritisko lietavu periodu atšķirīgos rādītājus (13.12. att.), noskaidrots, ka dendrofāgiem tas vidēji sastāda 12,5 dienas, bet parazītoīdiem – 6,6 dienas. Starp dendrofāgu sugām garākie kritisko lietavu periodi ir koksngrauzi un māņragastēm (13.12. att.), kas daļēji skaidrojams ar to izteikti slēpto dzīvesveidu, salīdzinoši garākajiem preimago periodiem, atrodoties koksnē (Kenis et al., 2004; Yang et al., 2005).



13.12.attēls. Nozīmīgāko dendrofāgu un to specifisko parazītoīdu kritisko lietavu periodu salīdzinājums.

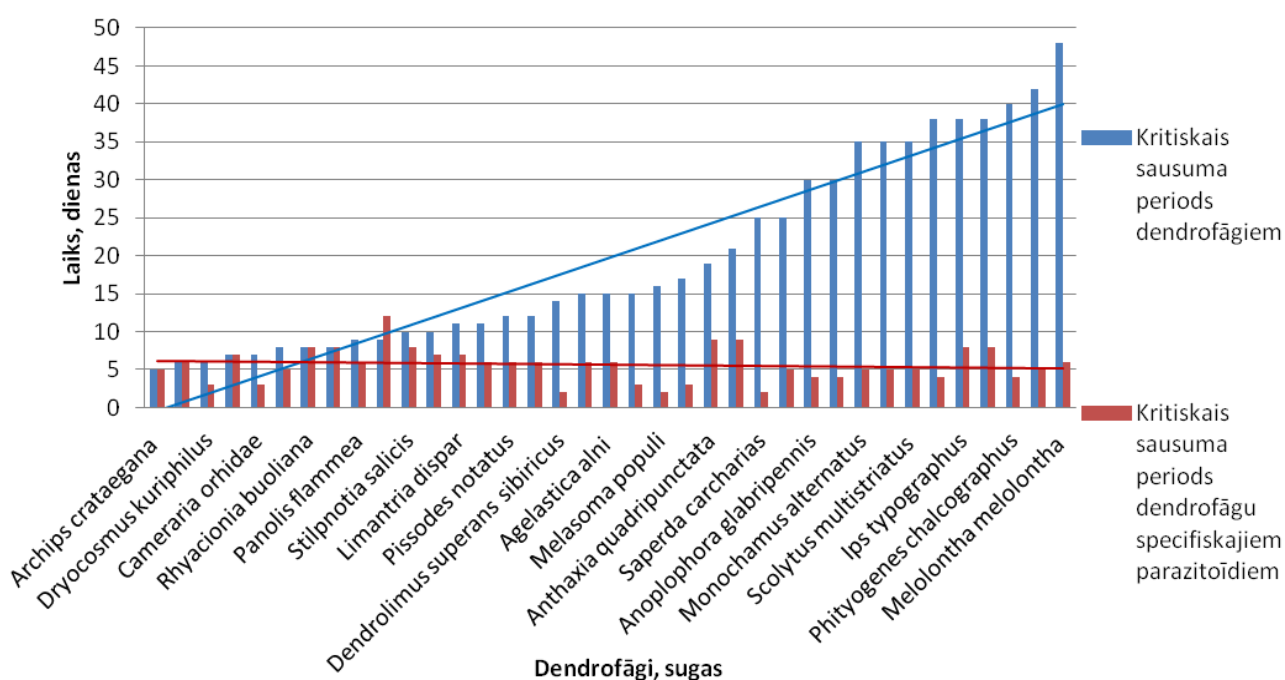
Relatīvi zema parazītoīdu lietavu „panesamība” skaidrojama ar salīdzinoši lielu parazītisko lapseņu īpatsvaru starp apskatītajiem parazītiskajiem organismiem kopumā (13.13. att.). Parazītisko lapseņu spārnu virsmas laukums ir relatīvi neliels, tāpēc tie samirkst vieglāk, (piemēram, salīdzinot ar kāpurmušām – ar salīdzinoši lielāku spārnu virsmu) ievērojami

samazinot lidotspējas. Šādā veidā lapsenes nespēj sevi reproduktīvi realizēt, ļaujot dendrofāgiem netraucēti palielināt populāciju apjomus uz to samazināta parazitisma rēķina (Compton, 2000; Mechi, 1999). Iegūtie dati liek domāt, ka nākotnē parazītu ietekme kopumā uz meža kaitēkļu ekoloģiju kļūs mazsvarīgāka, atklājot brīvas nišas citiem kaitēkļu populāciju limitējošiem faktoriem.



13.13.attēls. Nozīmīgāko parazītoīdu kritisko lietavu periodu sadalījums.

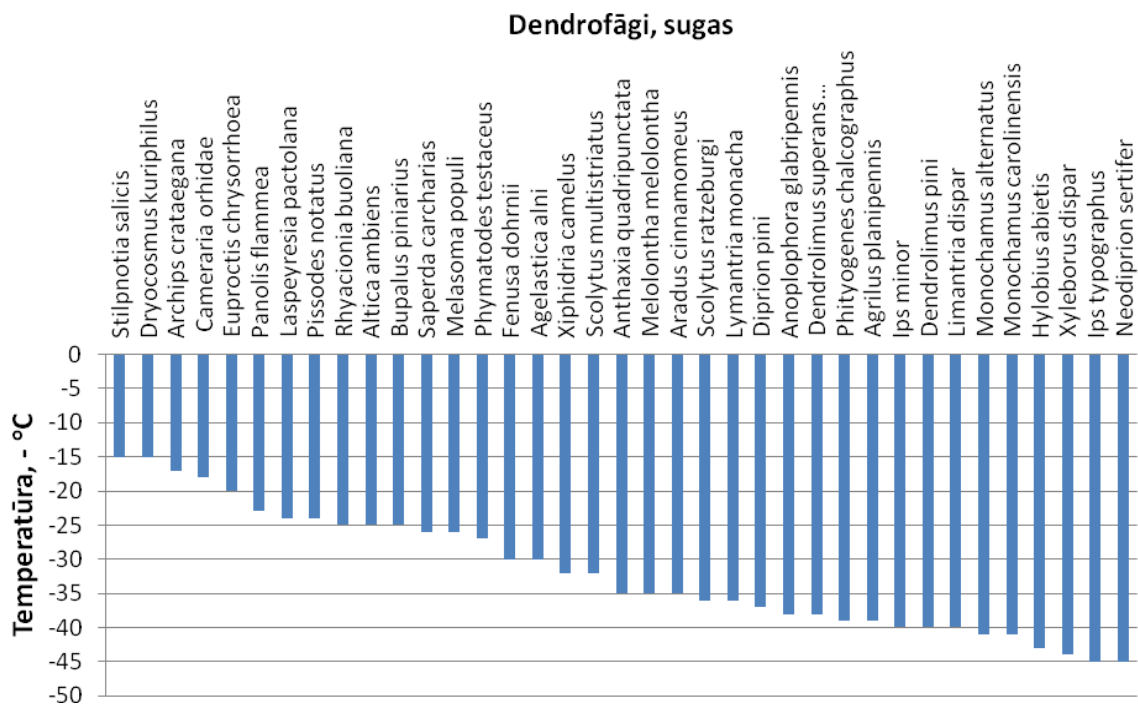
Iegūstot datus par atšķirīgiem sausuma izturības intervāliem abām organismu grupām, noskaidrots, ka no dendrofāgiem ekoloģiskajiem apstākļiem, kadi veidosies saskaņā ar nozīmīgu klimata izmaiņu scenāriju, vislabāk spēs pielāgoties tieši ksilofāgi (13.14. att.), jo to attīstība notiek slēgtā, no saules radiācijas pasargātā vidē – koksne, kur tie salīdzinoši veiksmīgi izmanto koka uzkrātās ūdens rezerves sava preimago cikla attīstībai (Giuggiola et al., 2010; Tauber et al., 1986). To pierāda salīdzinoši lielākas kritiskā sausuma perioda vērtības, piemēram, mizgraužiem, koksngraužiem un krāšņvabolēm (13.14. att.). Turklāt, sausuma izturība samazinās tieši proporcionāli, samazinoties dendrofāgo kaitēkļu ķermeņa izmēram (piemēram, alotājkodēm) - tātad, ūdens depoziņam (Giuggiola et al., 2010). Tomēr atsevišķu pangu lapseņu un lapgraužu sugas spējīgas izturēt salīdzinoši ilgstošus sausuma periodus (kā *F. dorhni* un *A. alni*), kas skaidrojams ar to izcelsmi – pamatareāliem Eiropas dienvidu un centrālajā daļā (Meshkova, 2009; Tauber et al., 1986).



13.14.attēls. Nozīmīgāko dendrofāgu un to specifisko parazītoīdu kritiskā sausuma perioda salīdzinājums.

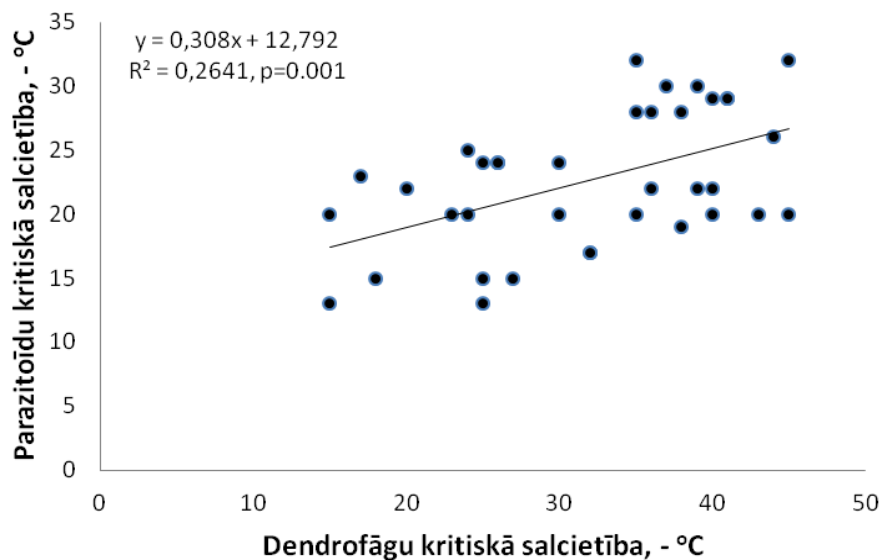
Sausuma periodos visapdraudētākie ir tieši tauriņu un lapgraužu kāpuri, jo pie ekstrēmas evapotranspirācijas augu lapas izstrādā aizsargvaska kārtu, kas ievērojami apgrūtinā šo dendrofāgu barošanas (Grinnan et al., 2013; Singh, Choudhary, 2003). Regresijas analizē noskaidrots, ka nav būtiskas sakarības starp dendrofāgu un to parazītoīdu sausumizturībām ( $R^2 = 0,02$ ), turklāt pusei parazītoīdo organismu sausumizturība ir vidēji vairāk nekā 4 reizes mazāka nekā to saimniekorganismiem (13.14. att.). Tas ļauj domāt, ka daļai dendrofāgu sugu, mainot izplatības reģionus klimatisko izmaiņu rezultātā, mainīsies arī to parazītiskie organismi, un mazāka loma būs specifiskiem, vēsturiskajiem parazītoīdiem.

Salu labāk iztur ksilofāgi (13.15. att.), kas skaidrojams ar to vēsturisko pielāgotību klimatiskiem apstākļiem to izcelsmes areālos, kuri pārsvarā atrodas Palearktiskas, Nearktiskas ziemeļu reģionos – tundras, taigas biotopos (Bale, Hayward, 2010; Langer, Hance, 2000). Tāpat no analizētajām dendrofāgu sugām salu salīdzinoši labāk pārvar mūķeņu dzimtas tauriņi (13.15. att.), jo pārziemo olu stadijā (Denlinger et al., 2005). Šo tauriņu olu izmēri un fizioloģiskais sastāvs traucē veidoties ledus kristāliem to iekšpusē pie ekstrēmi zemām temperatūrām. Dažu zāglapseņu sugu, piemēram, *Neophridion sertifer* eonimfas, ziemojot augsnē, spēj izturēt salu, kas ir zemāks par  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (13.15. att.).



13.15.attēls. Nozīmīgāko kaitēkļu kritisko salcietību sadalījums.

Turklāt, pastāv vāja, bet uzskatāma tieši proporcionāla sakarība starp dendrofāgu un to parazītoīdu kritiskām salcietībām. Vairākus dendrofāgo kaitēkļu sugu ar salīdzinoši zemāku salcietību raksturīgi parazītoīdi ar proporcionāli zemāku salcietību – un otrādi (13.16. att.).



13.16.attēls. Sakarība starp dendrofāgiem un to parazītoīdiem organismiem raksturīgajām kritiskām salcietībām.



Domājams, to ietekmē ilgstoši evolucionāri procesi, kuru rezultātā parazitoīdi „saskaņojuši” savas pārziemošanas stratēģijas saimniekorganismu attīstības cikliem. Turklāt, šāda pielāgošanās notikusi pēc Ledus laikmeta, kad klimats bijis salīdzinoši „vēsāks” (Bale, Hayward, 2010; Tauber et al., 1986). Tāpēc, iespējams, parazitoīdu salīdzinoši vājā pielāgotība saimniekorganismu sausumizturībai pēc pēdējā gadsimta pētījumiem (13.14. att.) netieši norāda, ka klimatiskās izmaiņas – globālā sasilšana – notiek relatīvi strauji, un šī adaptācija vēl nav izstrādājusies.

Veiktās metaanalīzes rezultāti liecina:

piepildoties būtisku klimata izmaiņu scenārijam, ievērojami palielināsies ksilofāgo dendrofāgu un lapgraužu sugu savairošanās risks, kas skaidrojams ar to pielāgotību attīstīties dzīvotnēs ar palielinātu saules radiāciju, kuras, savukārt, ir nelabvēlīgas tiem specifisko parazitoīdu attīstībai. Tomēr noskaidrots, ka attiecīgo parazitoīdu aktivitāte saglabāsies, novirzoties uz „agrākiem” laika posmiem pavasarī un salīdzinoši „vēlu” rudeni; palielināsies patogēnu ietekme. To pierāda arī abu organismu grupu – saimnieku-parazitoīdu - savstarpēji līdzīgā izplatība areālos ar dažādiem klimatiskiem apstākļiem;

koksngraužu, mizgraužu, tauriņu un lapgraužu savairošanos nākotnē salīdzinoši efektīvi var ierobežot ar *Bacillus spp.* baktēriju palīdzību, jo to vidējais savairošanās diapazons par vidēji 20 °C pārsniedz saimniekorganismiem raksturīgās optimālās vairošanās temperatūras;

domājams, ka 82% no apskatītajām sugām ir paaugstināts ekstensīvu masu uzliesmojumu risks nākotnē (saskaņā ar jebkuru no klimata izmaiņu scenārijiem), jo prognozējams, ka tikai 18% apskatīto dendrofāgo kaitēkļu sugu nespēs veidot vairāk par vienu paaudzi vienu paaudzi galvenā veģetācijas perioda laikā;

garāki sausuma periodi samazinās to dendrofāgo kaitēkļu sugu savairošanos, kurām raksturīgi salīdzinoši nelieli ķermeņa izmēri – t.i., mazāks ūdens depozijs;

dendrofāgo kaitēkļu sugām ar relatīvi augstu salcietību ir raksturīgi parazitoīdi ar tieši proporcionāli augstu salcietību. To izskaidro specifisko parazitoīdu sugu laika gaitā izveidojusies adaptācija dzīvei reģionos ar līdzīgiem vai analogiem klimatiskiem apstākļiem kā to saimniekiem.

## 14. Latvijai neraksturīgu kukaiņu sugu izplatības analīze

Pēdējos gados novērota vairāku kukaiņu sugu ekspansija dienvidu -ziemeļu virzienā, kas, iespējams, liecina par klimata izmaiņām. Mūsdienu tautsaimniecībai ir aktuāla maksimāli efektīva un pilnīga koksnes resursu izmantošana un globāla tirdzniecība. Taču, nav izslēgts, ka tās ietvaros, pārveidojot koksni vai tās produktus, Latvijā var nokļūt arī dažas nozīmīgas koksnes vai koku kaitēkļu sugas, kas var būtiski ietekmēt vietējo faunu, jo atsevišķas konkrētajai teritorijai jaunās sugas ir ekspansīvas un ātri ieņem jaunus biotopus, no tiem izspiežot vietējās sugas. Lai konstatētu izmaiņas kukaiņu sugu sastāvā un nepieciešamības gadījumā savlaicīgi varētu izmantot augu aizsardzības metodes, būtisks ir kukaiņu sugu monitorings. Pārskatā apkopota informācija no datiem, kas 5 gadu garumā vākti Daugavpils Universitātes Sistemātiskās bioloģijas institūta veiktā vaboļu monitoringa dažādos biotopos ietvaros, kombinējot ar projektā ievāktu informāciju.

Materiāla ievākšanai kukaiņu sugu monitoringam izmantotās metodes:

vākšana ar entomoloģisko tīkliņu - viena no pamatmetodēm, pētot fitofāgos kukaiņus. Ar entomoloģisko tīkliņu kādu laiku „pļaujot” pa zāli vai krūmiem (parasti 10 – 20 vēzieni), tiek ievākti kukaiņi, kas uzturas uz dažādām augu daļām. Daudzas kukaiņu sugas ar šo metodi iespējams ievākt arī lidošanas laikā. Metode izmantota galvenokārt cirmās, uz meža ceļiem;

Logu lamatas tiek izmantotas lidojošu kukaiņu ķeršanai (14.1.att.). Logu lamatu izgatavošanai tika izmantotas 40 x 60 cm lielas organiskā stikla vai baltas plastmasas plāksnes, pie kuru vienas malas piestiprināts izstieptas formas trauks. Kā fiksators tika izmantots apmēram 50% tosola vai retāk 5% etiķa šķīdums, ar ko piepilda trauku līdz pusei. Biotopos logu lamatas novieto vertikāli, ne zemāk kā virs lakstaugu stāva. Lidojošie kukaiņi, atduroties pret plāksni, iekrīt traukā ar fiksējošo šķīdumu. Materiāls no šīm lamatām tika izņemts aptuveni reizi mēnesī;

Malēzes lamatas arī paredzētas lidojošu kukaiņu ķeršanai un tiek novietotas uz zemes (14.2.att.). Lamatas sastāv no trim H-veidā savienotām sienām (metālisks karkass ar tīklveida materiālu). Augstākās sienas augšējā stūrī piestiprināts trauks ar fiksatoru (50% tosola vai – retāk – 5% etiķa šķīdumu). Lamatas darbojas pēc šķēršļa principa. Lidojošie kukaiņi saduras ar lamatu centrālo sienu, paceļas augšā, meklējot augstāku vietu lidojuma uzsākšanai, un nokļūst traukā ar fiksatoru; Augsnes (Barbera) lamatām tika izmantotas plastmasas glāzītes ar diametru 6 cm (14.3.att.). Parauglaukumos augsnes lamatas tika izvietotas pēc transektas metodes – lamatas ieraka augsnē vienā līnijā aptuveni 2 m attālumā vienu no otras. Glāzītes ieraka augsnē tā, lai to augšējā mala būtu vienā līmenī ar augsni. Trauka malām cieši jāpieguļ pie augsnes, lai kukaiņi neaizrāpotu tam garām. Lai kukaiņi neizkļūtu no lamatām, tajās nedrīkst būt iekrituši sīki zari vai zāļu stieбри. Pēc lamatu uzstādīšanas tajās līdz pusei ielēja fiksējošo šķīdumu, kas nepieciešams vaboļu iemidzināšanai un konservēšanai. Kā fiksators tika izmantots 4-5% etiķa šķīdums vai 50% tosola šķīdums. Lamatas ar fiksējošo šķīdumu aizpildīja līdz pusei. Lai augsnes lamatās neiekļūtu vārdes, ciršļi un citi sīkie grauzēji, uz katras glāzītes uzlik koka mizas gabalus. Tas pasargāja lamatas arī no pielīšanas ar ūdeni lietus laikā. Lamatās iekritušie kukaiņi tika izņemti vidēji vienu reizi četrās nedēļās.



14.1. att. Logu lamatas (Windows traps) (pēc [http://www.ifm.liu.se/biology/ecology/conservation\\_ecology/jansson/](http://www.ifm.liu.se/biology/ecology/conservation_ecology/jansson/))



14.2. att. Malēzes lamatas (Malayse trap) (A.Barševskis foto)



14.3. att. Augšnes lamatas cirsmā pie Ogresgala, 2012. g. augusts (A.Barševskis foto)

Izmantoti dati no šādiem parauglaukumiem:

Ilgas (Daugavpils novads, Skrudalienas pagasts, Silenes dabas parks);

Ļubesti (Daugavpils novads, Līksnas pagasts, apmēram 200 m aiz Žīdu ezera);

Muravki (Daugavpils novads, Elernes pagasts);

Svente (Daugavpils novads);

Jersika (Līvānu novads, Jersikas pagasts);

Dunava (Jēkabpils novads, Dunavas pagasts);

Ogresgals (Ogres novads);

Lejasciems (Gulbenes novads);

Taurkalne (Vecumnieku novads, Valles pagasts);

Ķemeri (Jūrmala, Ķemeru Nacionālais parks);

Stende (Talsu novads);

Moricsala (Ventspils novads, Moricsalas dabas rezervāts);

Šlītere (Dundagas novads, Slīteres Nacionālais parks);

Vīdāle (Dundagas novads, Slīteres Nacionālais parks);

Rudbārži (Kuldīgas novads).

Kopumā dažādos parauglaukumos novērojumu periodā ievākti vairāk nekā 14 000 vaboļu īpatņu, kas pārstāv ~850 vaboļu sugas. Daļa materiāla pētījumu ietvaros nav identificēta līdz sugas

līmenim, bet tikai līdz ģints vai atsevišķos gadījumos – līdz dzimtas līmenim. Apskatā no kopējā materiāla klāsta ietvertas Latvijas faunai neraksturīgas sugas, kuru adaptācija Latvijā varētu būt saistīta ar klimata izmaiņu ietekmi (14.1. tab.), kā arī tādas Latvijas faunā zināmas un pat plaši izplatītas sugas, kurām novērota strauja īpatņu skaita palielināšanās pēdējos gados, kas var liecināt par klimata izmaiņu ietekmi uz vietējo faunu. Katrai sugai 14.1. tabulā norādīts parauglaukumu skaits, kuros suga konstatēta, un īpatņu skaits, kas ievākti attiecīgajā gadā. Dati veidoti, sasummējot visos parauglaukumos ievāktajā materiālā konstatēto īpatņu skaitu. Atradņu izvietojums vairāk vai mazāk pārklāj visu Latvijas teritoriju un nodrošina iespēju izdarīt secinājumus par sugu skaita dinamiku dažādās vietās. Liela daļa materiāla, īpaši no dzimtām *Staphylinidae*, *Cryptophagidae*, *Lathridiidae*, *Mordellidae* u.c. nav noteikta līdz sugas līmenim, tāpēc iespējams, ka sugu, kurām pēdējos gados novērota ekspansija dienvidu – ziemeļu virzienā, ir vairāk.

14.1. tabula  
Uzskaites rezultāti

Npk	Suga	Parauglaukumu skaits/Īpatņu skaits				
		2009	2010	2011	2012	2013
	Carabidae					
1.	<i>Cicindela arenaria viennensis</i> (Schränk, 1781)	0	0	1/29	1/67	1/234
2.	<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)	4/19	5/16	5/12	3/13	4/15
3.	<i>Pterostichus quadrioveolatus</i> (Letzner, 1852)	6/89	6/45	7/98	9/123	9/345
4.	<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	15/87	15/145	15/201	15/285	15/378
5.	<i>Paradromius linearis</i> (Olivier, 1795)	1/5	1/7	1/4	2/7	3/12
	Leiodidae					
6.	<i>Sciodrepoides alpestris</i> (Jeannel, 1934)	1/1	0	1/2	3/5	3/9
	Scarabaeoidea					
7.	<i>Oxythyrea funesta</i> (Poda, 1761)	5/12	7/34	8/67	10/88	11/102
8.	<i>Hoplia graminicola</i> (Fabricius, 1792)	2/6	3/19	5/16	5/13	7/21
	Buprestidae					
9.	<i>Trachys troglodytes</i> (Schönherr, 1817)	1/1	1/2	1/1	3/5	4/5
	Malachiidae					

10.	<i>Malachius marginellus</i> (Olivier, 1790)	3/9	3/18	5/23	6/21	8/35
	Nitidulidae					
11.	<i>Epurea distincta</i> (Grimmer, 1841)	5/14	5/32	5/>40	8/43	8/54
12.	<i>Glischrochilus quadrisignatus</i> (Say, 1835)	1/1	1/3	1/2	2/2	2/5
13.	<i>Glischrochilus grandis</i> (Tournier, 1872)	3/4	3/6	3/5	6/11	7/15
	Mycetophagidae					
14.	<i>Mycetophagus ater</i> (Reitter, 1879)	1/1	1/1	1/3	1/2	1/4
	Mordellidae					
15.	<i>Mordellistena sp.</i>	15/34	15/39	15/34	15/98	15/123
	Tenebrionidae					
16.	<i>Crypticus quisquilius</i> (Linnaeus, 1761)	15/21	14/33	14/26	15/39	15/133
	Oedemeridae					
17.	<i>Oedemera subrobusta</i> (Nakane, 1954)	4/9	4/20	6/19	5/25	7/19
18.	<i>Oedemera femorata</i> (Scopoli, 1763)	3/6	3/9	3/8	4/9	6/14
	Cerambycidae					
19.	<i>Leptura bifasciata</i> (Müller, 1776)	3/5	3/9	4/9	6/9	6/12
20.	<i>Agapanthia violacea</i> (Fabricius, 1775)	0	0	0	0	1/3
21.	<i>Phytoecia pustulata</i> (Schrank, 1776)	0	0	0	0	1/2
22.	<i>Phytoecia virgula</i> (Charpenter, 1825)	4/8	6/11	7/14	7/13	8/16
	Curculionidae					
23.	<i>Larinus turbinatus</i> (Gyllenhal, 1835)	0	1/3	3/7	4/11	7/19
24.	<i>Charagmus gressorius</i> (Fabricius, 1792)	1/3	1/7	1/6	2/7	3/9

*Cicindela arenaria viennensis* (Schrank, 1781)

Smilšvabole, kura Eiropā izplatās ziemeļu virzienā, apgūstot smilšainas, saulainas vietas priežu mežos vai to tuvumā. Līdz šim tās areāls bija Dienvidbaltkrievijā, Ukrainā, Polijā un uz dienvidiem no šīm teritorijām. Pirmo reizi Baltijā konstatēta pēdējo 10 gadu laikā. Latvijā pagaidām zināmas 3 atradnes Latvijas dienvidaustrumu daļā. Ļoti stabila populācija izveidojusies meža karjerā un tā apkārtnē pie Sventes. Pēdējo 3 gadu laikā, īpaši 2013.gadā, novērota būtiska šīs sugas kukaiņu skaita palielināšanās Sventes biotopā. Kukaiņi izplatās pa meža ceļiem, cirmsmām, kvartālstigām. Suga ir plēsīga, meža ekosistēmu zoofāgs. Tās ietekme uz citām sugām Latvijas apstākļos nav pētīta, taču nekādas būtiskas izmaiņas pirmajos gados nav novērotas..

*Nebria brevicollis* (Fabricius, 1792)

Skrejvaboļu suga, kas plaši izplatīta Rietumeiropā un Centrāleiropā. Latvijā šī suga nebija atrasta vairāk nekā 150 gadus; tā parādījās un ātri izplatījās visā valsts teritorijā dažu gadu laikā pagājušā gadsimta 90. gados. Joprojām šī suga ir sastopama visā valsts teritorijā, taču tās īpatņu skaits populācijās ir nostabilizējies vai pat ar tendenci mazliet samazināties. Iespējams, skaita svārstības ietekmē ilgstošs liels sals ziemā. Zoofāgs. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta.

*Pterostichus quadrioveolatus* (Letzner, 1852)

Skrejvaboļu suga, kas sastopama kserotermiskos biotopos. Šī suga ir mūsu faunas elements; saistībā ar klimatiskajām izmaiņām uzmanība jāpievērš arī šai vietējai sugai. Īpaši daudzskaitlīga tā ir meža degumos vairākus gadus pēc ugunsgrēka. Dabiskajos biotopos (nedegušos) pēdējo divu gadu laikā novērots būtisks īpatņu skaita pieaugums. Karstas vasaras ir īpaši labvēlīgas šīs sugas attīstībai. Zoofāgs. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta.

*Calathus melanocephalus* (Linnaeus, 1758)

Eiritopa skrejvaboļu suga. Tā ir mūsu faunas elements; saistībā ar klimatiskajām izmaiņām uzmanība jāpievērš arī šai vietējai sugai. Suga sastopama dažādos biotopos, arī mitros. Īpaši daudzskaitlīga tā ir meža izcirtumos. Dabiskajos biotopos pēdējos trīs gados novērots būtisks īpatņu skaita pieaugums. Karstas vasaras, acīmredzot, ir īpaši labvēlīgas arī šīs mazāk kserotermiskās sugas attīstībai. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta.

*Paradromius linearis* (Olivier, 1795)

Līdz šim tika uzskatīts, ka Latvijā tā ir reta skrejvaboļu suga, kas sastopama kāpās. Pēdējos gados novērota sugas izplatība iekšzemē, pļavās, mežmalās, cirmās. Vairākās vietās, kur vaboļu pētījumi tiek regulāri veikti jau vismaz ceturtdaļgadsimtu, šī suga ir fiksēta tikai pēdējos gados. Suga nav ekspansīva, taču Latvijā katru gadu tiek konstatēta kāda jauna šīs sugas atradne. Zoofāgs. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta.

*Sciodrepoides alpestris* (Jeannel, 1934)

Šī ir mazpazīstama vaboļu suga, kas pirms dažiem gadiem publicēta kā jauna Latvijas faunai. Pēdējos gados novērotas vairākas jaunas šīs sugas atradnes. Pašlaik droši nevar apgalvot, ka suga izplatās. Iespējams, tā ir bijusi sastopama Latvijā arī agrāk, taču jauktā ar citām ģintīm. Taču nav izslēgts, ka tieši pēdējos gados šī suga nonākusi Latvijā un izplatās tās teritorijā. Nepieciešami papildus pētījumi. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta.

*Oxythyrea funesta* (Poda, 1761)

Dienvidu suga, kura ekspansīvi izplatās Latvijā. Informācija par šīs sugas ienākšanu Latvijas faunā ir publicēta (Bukejs, Barševskis, Rudāns, 2006). Pašlaik tā izplatījies lielākajā Latvijas daļā. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta, taču nepieciešami pētījumi. Suga ir antofīla - izēd ziedus, galvenokārt – ziedputekšņus.

*Hoplia graminicola* (Fabricius, 1792)

Suga ir vietējās faunas elements, kas apdzīvo galvenokārt smilšainus kserotermiskus biotopos. Saistībā ar klimatiskajām izmaiņām uzmanība jāpievērš arī šai vietējai sugai. Novērots, ka pēdējos gados suga ir plašāk izplatījies. To apliecina arī mūsu pētījumu dati. Karstas vasaras ir īpaši

labvēlīgas šīs sugas attīstībai. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta, taču nepieciešami pētījumi. Iespējams, ka tā var bojāt koku dīgļstus.

*Trachys troglodytes* (Schönherr, 1817)

Ļoti reti sastopama - kserotermiskās pļavās un mežmalās uz pēterenēm (*Centaurea*) - krāšņvaboļu suga. Latvijā pēdējos gados konstatētas vairākas jaunas atradnes. Visticamāk, pateicoties karstajām vasarām, suga vairāk izplatās. Šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav konstatēta.

*Malachius marginellus* (Olivier, 1790)

Šī suga Latvijā pirmo reizi novērota pagājušā gadsimta deviņdesmitajos gados. Suga turpina izplatīties. Pēdējos gados konstatētas vairākas jaunas atradnes. Šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav konstatēta.

*Epurea distincta* (Grimmer, 1841)

Šī ir spīduļu dzimtas suga, kas attīstās uz piepes. Suga Latvijā izplatījās pagājušā gadsimta 90. gados, galvenokārt gar Daugavas ieleju. Tās izplatība turpina pieaugt.

*Glischrochilus quadrisignatus* (Say, 1835)

Tā ir mazpazīstama, introducēta Ziemeļamerikas suga, kas turpina izplatīties Eiropā, un atrasta arī Latvijā.

*Glischrochilus grandis* (Tournier, 1872)

Šī ir mazpazīstama dienvīdņu suga, kas izplatījusies Baltkrievijā un konstatēta arī Latvijā, galvenokārt lapkoku mežos. Suga Latvijā turpina izplatīties. Jāveic novērojumi par šīs sugas ietekmi uz Latvijā sastopamo vietējo *G. hortensis*, jo abas sugas sastopamas vienos un tajos pašos biotopos.

*Mycetophagus ater* (Reitter, 1879)

Ļoti reta sēņgraužu suga. Latvijā pagaidām konstatēta tikai Latvijas dienvidaustrumos – Ilgās, kur ir stabila šīs sugas populācija. Tā kā Lai gan sugas pamatareāls atrodas samērā tālu no Latvijas, šai dienvīdņu sugai jāpievērš uzmanība. Nav informācijas par tās tālāku izplatību Latvijā, taču to nevar izslēgt.

*Crypticus quisquilius* (Linnaeus, 1761)

Suga ir vietējās faunas elements; tā apdzīvo galvenokārt smilšainus kserotermiskus biotopus. Saistībā ar klimatiskajām izmaiņām uzmanība jāpievērš arī šai vietējai sugai. Novērots, ka pēdējos gados suga ir plašāk izplatījusies un palielinājies īpatņu skaits populācijās. To apliecina arī mūsu pētījumu dati. Karstas vasaras ir īpaši labvēlīgas šīs sugas attīstībai. Būtiska sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta, taču nepieciešami pētījumi. Iespējams, ka arī šī suga var bojāt koku dīgļstus, taču nepieciešami pētījumi šīs hipotēzes apstiprināšanai.

*Oedemera subrobusta* (Nakane, 1954)

Šī ir austrumu, dienvidaustrumu suga, kura izplatās rietumu – ziemeļrietumu virzienā. Informācija par šīs sugas atrašanu Latvijas faunā ir publicēta (Barševskis, 2008). Pašlaik suga izplatījusies lielākajā Latvijas daļā. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta, taču nepieciešami pētījumi. Suga ir antofīla, izēd ziedputekšņus.

*Oedemera femorata* (Scopoli, 1763)

Suga ir vietējās faunas elements, kas apdzīvo galvenokārt smilšainus biotopus. Novērots, ka pēdējos gados suga ir plašāk izplatījusies, ko apliecina arī mūsu pētījumu dati. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta, taču nepieciešami pētījumi. Suga izplatās galvenokārt Kurzemē un Zemgalē, Latgalē joprojām reti sastopama. Iespējams, tās izplatību limitē zemās temperatūras ziemā.

*Leptura bifasciata* (Müller, 1776)

Suga ir vietējās faunas elements, sastopama galvenokārt Latvijas dienvidaustrumu daļā. Šī koksngraužu suga, kas attīstās celmos, Latvijā līdz šim tika uzskatīta par retu. Parasti vienā vietā tā ir mazskaitlīga - vienkopus tiek novēroti tikai dažī īpatņi. Pēdējos desmit gados suga kļuvusi daudz biežāk sastopama Latvijas dienvidaustrumos un izplatās visā Latvijā. Pēdējos gados šī dienvidu suga konstatēta arī Igaunijā.

*Agapanthia violacea* (Fabricius, 1775)

Šī ir ekspansīva koksngraužu suga, kas no Centrāleiropas pēdējos gados strauji izplatās ziemeļu virzienā. Pēdējos dažos gados Polijā konstatētas vairākas jaunas atradnes (Dr. J. Gutowski u.c. mutiska informācija). Šogad suga pirmo reizi konstatēta Latvijā, Daugavpils novada Ilgās – 3 eksemplāri. Visticamāk, arī Latvijā šī suga strauji izplatīsies turpmākajos gados. Suga ir zālaugu stublājgrauzis; mežsaimniecībā kaitējumu nenodara.

*Phytoecia pustulata* (Schrank, 1776)

Šī ir kserotermiskās vietās sastopama koksngraužu suga, kas, iespējams, pēdējos gados no Centrāleiropas izplatās ziemeļu virzienā. Šogad suga pirmo reizi novērota Latvijā - kserotermiskās pļavās Daugavpils novada Muravkos, Dabas parka „Daugavas loki” teritorijā – 2 eksemplāri. Suga ir zālaugu stublājgrauzis; mežsaimniecībā kaitējumu nenodara. Suga zināma arī Lietuvā. Biotopā, kur suga konstatēta, koleopteroloģiskie pētījumi tiek veikti daudzus gadus, taču agrāk neviens šīs sugas īpatnis nav konstatēts.

*Phytoecia virgula* (Charpenter, 1825)

Šī ir kserotermiskās vietās sastopama koksngraužu suga, kas arī, iespējams, no Centrāleiropas pēdējos gadu desmitos izplatās ziemeļu virzienā. Sākotnēji suga bija novērota tikai Latvijas dienvidaustrumu daļā. Pašlaik suga izplatījusies plašāk, taču galvenokārt – gar Daugavas ieleju. Suga ir zālaugu stublājgrauzis; mežsaimniecībā kaitējumu nenodara. Suga zināma arī Lietuvā.

*Larinus turbinatus* (Gyllenhal, 1835)

Šī mazpazīstamā un mazizpētītā suga Latvijā parādījusies pēdējos gados un tagad strauji izplatās. Sastopama galvenokārt uz zālaugiem, mežmalās, mežmalu pļavās. Nepieciešami papildus pētījumi par sugas bioloģiju.

*Charagmus gressorius* (Fabricius, 1792)

Arī šī smecernieku suga, kas izplatīta Dienvidbaltkrievijā, Polijā un citur, pēdējos gados sākusī strauji izplatīties ziemeļu virzienā. Latvijā mazpazīstama un maz izpētīta suga. Nepieciešami papildus pētījumi par bioloģiju.

Iegūtie rezultāti liecina, ka:

pēdējos piecos gados novērotas vismaz 24 kukaiņu sugas, kuru pamatareāli ir uz dienvidiem no Latvijas, taču tās ir konstatētas un izplatās valsts teritorijā. Daļa no šīm sugām ir ekspansīvas,



taču neviena nav nozīmīgs kaitēklis. Visticamāk, šo sugu izplatība ziemeļu virzienā liecina par klimata izmaiņām;

saistībā ar klimatiskajām izmaiņām būtiski veikt monitoringu arī vietējām dendrofāgo kukaiņu sugām, kuru attīstībai īpaši labvēlīgas ir karstas vasaras;

lielākā daļa sugu, kas var liecināt par klimata izmaiņām, visbiežāk parādās Latvijas dienvidaustrumu daļā un jūras piekrastē, pagaidām retāk – Latvijas centrālajos un ziemeļu rajonos, taču gadījumi ar *Oxythirea funesta* vai *Leptura bifasciata* liecina, ka sugas var diezgan strauji izplatīties gandrīz visā valsts teritorijā. Kā vietējai faunai netipisko sugu izplatības koridori, pirmkārt, varētu būt Daugavas senleja (īpašs mikroklimats, dienvidu ekspozīcijas ielejas nogāzes). Otrkārt, tās varētu būt atklātās lauksaimniecībā izmantojamās teritorijas, atmatas un pļavas, kas pieguļ Baltkrievijas un Lietuvas teritorijām. Pa tām, kā koridoriem, ienāk virkne vietējai faunai neraksturīgu sugu. To apstiprina pētījumi, kas veikti Daugavpils novada Ilgās, kur atklātās teritorijas robežojas ar plašu meža masīvu, un katru gadu tiek konstatētas šādas sugas; iespējams turpināt šāda veida pētījumus un mēģināt modelēt atsevišķu mežsaimniecībai nozīmīgu dienvidu sugu iespējamo izplatību ziemeļu virzienā.

## 15. Sekundāro kaitēkļu savairošanos egles bruņuts bojātās mežaudzēs

Nodaļas ietvaros analizēta sekundāro kaitēkļu (mizgraužu) savairošanās egles bruņuts bojātās parastās egles audzēs un sagatavot rekomendācijas risku mazināšanai

Pētījuma ietvaros iepriekšējos gados analizēti egļu bruņuts (*Physokermes piceae*) bojājumi parastās egles audzēs, šajā pārskatā galveno vērību veltot sekundāro kaitēkļu monitoringam bojātajās audzēs un rekomendāciju sagatavošanai audžu apsaimniekošanai.

### Nozīmīgākie kaitēkļi egļu audzēs

Apsēkotās egļu audzēs no kaitēkļiem bieži sastopams pūkainais egļu mizgrauzis (*Polygraphus polygraphus* L.), sevišķi uz tiem kokiem, uz kuriem konstatētas rizomorfas. Parastās egles mežos vaboles visbiežāk parādās aprīlī-maijā un parasti otrreiz jūlijā-augustā. Kukainis uzbrūk galvenokārt 20 - 40 gadus vecām egļu audzēm, īpaši jau novājinātām (Amann, 1971), savukārt V.Šmits (1960) raksta, ka tas uzbrūk dažāda vecuma, galvenokārt, apēnotās vietās augošiem, novājinātiem kokiem. Dažreiz kukainis sastopams uz ārēji pilnīgi veseliem kokiem, kuriem gada laikā nobirst skuju un tie nokalst. Procesu paātrina dzeņveidīgie putni, kuri, meklējot mizgrauža kāpurus, nomizo koku visā garumā. Pūkainais egļu mizgrauzis apdzīvo koku stumbru un resnākos zarus. Vabole iegareni ovāla, brūna, ar tumši brūnu, gandrīz melnu galvu un iedzelteniem galvas taustekļiem un kāju pēdām, garums vidēji 2,4 mm. Mātes ejas ir 3-6, tās ir 2-6 cm garas un 1,2 mm platas, pilnas ar mizas miltiem, no pārošanās telpas atiet starveidā. Kāpurejas līkumotas, savā starpā sapinušās. Pūkainais egļu mizgrauzis ir pavadoņsuga sēnēm un bakteriālajām slimībām, kas aizņem koka stumbra daļu virs sēņu un slimību bojātās vietas (Ozols, 1985).

Zem atlukušas mizas uz stumbriem konstatēti egļu smecernieka-sveķotāja (*Pissodes harcyniae* Hrbst.) un mazā egļu koksgrauža (*Tetropium castaneum* L.) bojājumi un sēņotnes pārveidnes-rizomorfas, kas sēņu augošajos augļķermeņos veic vadorgānu funkcijas. Rizomorfas raksturīgas *Armillaria* spp. sēnēm. V. Šmits (1960) raksta, ka bieži uz kokiem, kuros ieviesušies mizgrauži, atrodas arī dažādas sēnes. Sēņu attīstība nelabvēlīgi ietekmē koku, bet ne kukaiņu attīstību, piemēram, sēne *Armillaria mellea*, dzīvodama parazitiski uz koka, to daļēji novājina, radot labvēlīgus apstākļus *Ips typographus* L. attīstībai. Savukārt, skujkoku koksni zilinošā sēne

*Ophiostoma pillifera*, kas ieviešas pēc *Trypodendron* Steph. uzbrukuma, strauji attīstās, novājinot koku, tādējādi radot labvēlīgus apstākļus mizgraužu uzbrukumam.

Bieži sastopams kaitēklis apsekotajās audzēs ir egļu sešzobu mizgrauzis (*Pityogenes chalcographus* L.). Vaboles vidēji 2 mm garas, cilindriskas, brūnas, ar gaišāku virsspārnu galotnes daļu, spīdīgas. Lido no maija līdz jūnija beigām, mazāk intensīva lidošana turpinās visu vasaru. Līdz koku 40 gadu vecumam bojā visu stumbru, bet vecākām eglēm – vidusdaļu, galotnes daļu un zarus. Izvēlas galvenokārt novājinātus augošus kokus un nocirstus kokus, kur meža sanitārās tīrības apstākļi slikti. Par to, vai šie mizgrauži invadē arī pilnīgi veselus kokus, dažādu pētnieku domas dalās. Zem mizas no kopulācijas telpas atiet 3-6 mātes ejas gandrīz perpendikulāri stumbra asij, to garums līdz 6 cm, kāpurejas līdz 4 cm, savstarpēji paralēlas. Gadā attīstās viena paaudze, retāk divas (Ozols, 1985; Šmits, 1960). Vaboles kopā ar egļu astoņzobu mizgrauzi parastās egles audzēm reizēm nodara ļoti lielu kaitējumu (Amann, 1971).

Egļu dubultzobu mizgrauzis (*Ips duplicatus* Sahlb.) ir līdzīgs egļu astoņzobu mizgrauzim, bet invadē jaunākas un tievākas egles, bojā stumbra daļu ar plānu mizu. Mātes ejas īsākas un šaurākas (2,0 - 2,5 mm) nekā egļu astoņzobu mizgrauzim, kā arī mazliet līkumainākas, un dziļāk skar aplievu. Šai mizgraužu sugai ir lielākas gaismas prasības, un tā nav tik plastiska kā astoņzobu mizgrauzis, tāpēc mazāk izplatīta. Invadē galvenokārt izretinātas audzes, mežmalas un izcirtumos palikušos kokus (Amann, 1971; Ozols 1985).

Egļu astoņzobu mizgrauzis (*Ips typographus* L.) ir viens no galvenajiem parastās egles audžu kaitēkļiem (Šmits, 1960; Синадский, 1983). Tas ir bīstams ne tikai Latvijā (Bičevskis, Ozols, 1983), bet arī visā Eirāzijā (Christiansen, Bakke, 1988). Šis kaitēklis parasti savairojas vēja gāztās vai citādi novājinātās eglēs vai nemizotos baļķos, kas ir virs 12 cm diametrā. Skandināvijā raksturīga viena paaudze gadā (Šmits, 2009), bet Latvijā samērā bieži (siltajās vasarās) sekmīgi attīstās divas paaudzes (Bičevskis, Ozols, 1983; Ozols, 1968, 1985). Vecās vaboles ziemo zemsegā 2 - 5 cm dziļumā, lielākoties zem veco koku vainagu klāja. Tikai neliela daļa vaboļu paliek ziemot attīstības vietās zem mizas, pa lielākai daļai uz gulošiem stumbriem (Ozols, 1985). Latvijā lidošana sākas aprīļa otrajā pusē, maija sākumā. Pirmā paaudze izlido jūnijā vai jūlija sākumā, bet otrā paaudze – augusta beigās, septembrī (Bičevskis, Ozols, 1983). Pētītajās parastās egles audzēs konstatēti I un II paaudzes egļu astoņzobu mizgrauža bojājumi. Lai egles astoņzobu mizgrauža vaboles spētu kolonizēt dzīvu koku, tām jāsapulcējas pietiekami lielā skaitā, lai pārvarētu koka pretestību (Mulock, Christiansen, 1986). Mežos izplatās ligzdveidīgi, kā sekas pēc dažādiem meža augšanu traucējošiem faktoriem (Amann, 1971). Tā kā egļu astoņzobu mizgrauža sekmīgai attīstībai ir nepieciešami egles stumbri, kas ir resnāki par 12 cm diametrā, zari un galotnes nav tieši piemēroti to attīstībai (Šmits, 2009). Pēc 2005.gada vētras egļu audzēs, kuras aug kūdreņos un āreņos, novērotas cita kaitējuma īpatnības, kas ārēji līdzīgas egļu astoņzobu mizgrauža kaitējumam vasaras otrajā pusē. Šim kaitējumam specifiska skuju dzeltēšana un nobiršana egļu galotnē (Bičevskis, 2006) - kā egļu minerālvielu aprites traucējumu sekas (Zālītis, Lībiete, 2004). Pētījuma parauglaukumos egļu astoņzobu mizgrauža bojājumu vietās ir konstatēta zilējuma sēne, jo pieaugušās vaboles pārnēsā šīs sēnes sporas *Ophiostoma polonicum* (Šmits, Bičevskis, 1997). Tā kā koki jau egļu bruņuts un mizgraužu novājināti, tad ir iespēja tos iekarot arī koksngraužiem. Pētītajās audzēs ir sastopami egļu mazā spīdīgā koksngrauža bojājumi. Tievākos kokus, kuriem ir visaugstākā bruņuts bojājuma pakāpe, ir bojājuši arī egļu smecernieki-sveķotāji *Pissodes harcyniae* Hrbst., kuri jutīgi reaģē uz koku vismazāko novājinātību.

#### Datu ievākšanas metodika

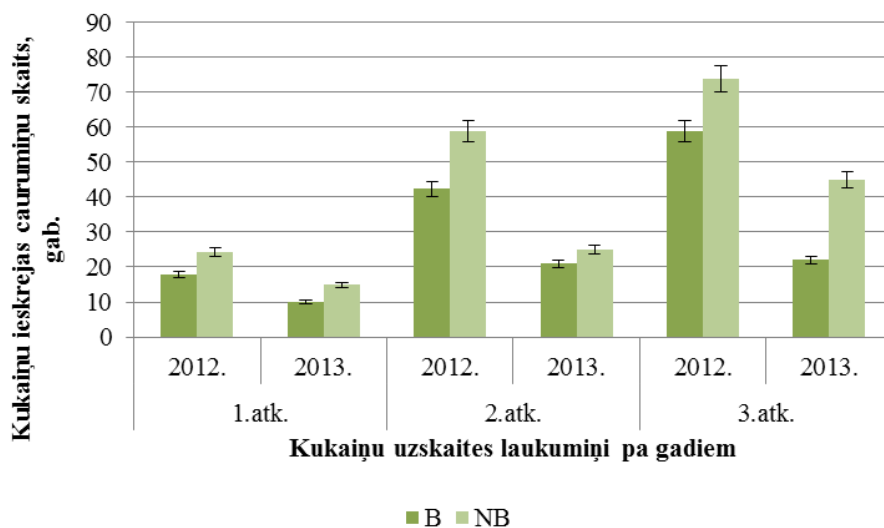
Egles bruņuts bojātās parastās egles audzēs 2010.g. ierīkotajos stacionārajos parauglaukumos PL platība 500 m<sup>2</sup>, R=12,62 m) visi uzskaitītie koki iedalīti bojātos un nebojātos. Par bojātiem kokiem uzskatītas egles, kurām vispirms sākusi brūnēt galotne, un pēc tam bojājumi parādījušies arī vainaga lejasdaļā. Bojātie koki tika uzskaitīti 3 bojājumu pakāpēs: 1. līdz 1/3 no vainaga

(kalstoša koka galotne, pārējās vainaga daļās bojājumi ir nelieli); 2. līdz 2/3 no koka vainaga (koks zaudējis lielāko daļu skuju, būtiski bojājumi visā vainagā); 3. koks zaudējis visas skuju (iespējami nelieli zaļi jaunie dzinumi) (Lazdiņš, 2010).

Tālāk apsekoti un uzmērīti egļu 8-zobu mizgrauža un citu stumbra kaitēkļu bojātie koki, lai izvērtētu mizgraužu izraisītu augošu egles koku stumbra bojājumus un aprēķinātu bojātās koksnes apjomu uz vienu ha, kā arī uzskaitīti un uzmērīti koki, kuri nokaltuši citu iemeslu dēļ. Tas veikts 2012. gadā 23 audzēs un 2013. gadā 17 audzēs, katrā audzē 2 parauglaukumos (egles bruņuts nebojātā vai mazāk bojātā un bojātā daļā). Katrai eglei apsekoti 6 dm<sup>2</sup> (30 x 20 cm) lieli mizas laukumi trīs atkārtojumos (tieši virs sakņu kakla, 50 cm un 100 cm virs sakņu kakla). Uzskaites laukumi vērsti uz lielā parauglaukuma centru. Katrā mizas laukumā uzskaitītas visas ieskrejas, kas norāda jauno saimju skaitu (Šmits, 2005). Uzskaitē veikta gan pirmajai (2012.g.), gan otrajai (2013.g.) egļu astoņzobu mizgrauža paudzei. Otrajā gadā uzskaitīti koki, kuri spējuši atvairīt stumbra kaitēkļu uzbrukumu (Ozols, 1985). Egļu astoņzobu mizgrauža jūlijā un augustā bojātām eglēm var būt bojāta tikai stumbra vidus un galotnes miza. Tādi mizgraužu bojājumi ieraugāmi tikai pēc tam, kad mizu bojātajā posmā noknābā putni. Mizgrauža savairošanās gados tas var būt ziemā (Bičevskis, 2006). Minēto apstākļu dēļ audzēs veikta novērtēšana otrajā gadā. Analizējot mizgraužu bojājumus, izmantots audžu novērtējums ballēs: „0” - bojāto koku stumbra skaits uz ha (%) - līdz 3%, „1” - 3-10% un „2” - virs 10% (Bičevskis, 2006).

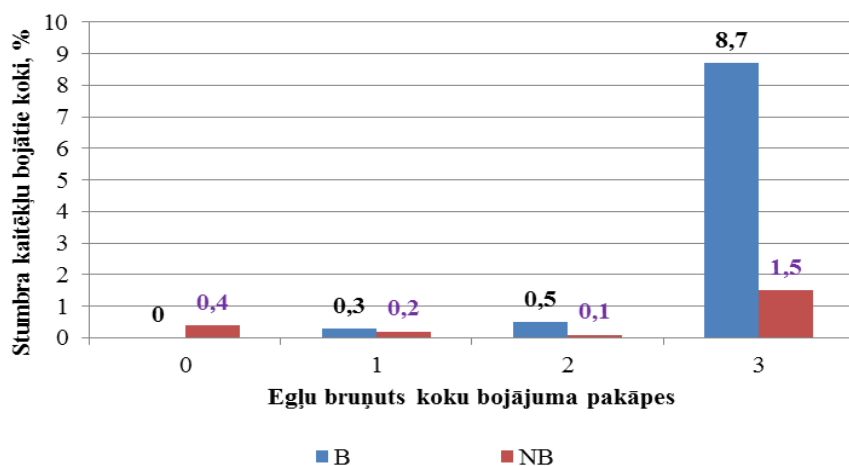
#### Egļu audžu apsekošanas rezultāti

Kukaiņu vairošanās, attīstība un izplatīšanās ir atkarīga no vides apstākļiem, kādos tie dzīvo. Stumbra kaitēkļu savairošanos parasti sekmē citu kaitēkļu bojājumi, dažāda veida slimības, vēja un uguns ietekme, mitruma režīma izmaiņas, mehāniskie bojājumi, atmosfēras piesārņojums u.c. Pētītajās audzēs ir konstatēti stumbra kaitēkļu bojājumi egļu bruņuts novājinātās parastās egles mežaudzēs. Egļu bruņuts bojājuma rezultātā, kokiem novājinoties, to izturība samazinās, un rodas labvēlīgi apstākļi citu kukaiņu attīstībai. Fizioloģiski novājinātiem kokiem ir zems sveķu un osmotiskais spiediens, tiem izdalās maz vielu, kuras spēj nonāvēt kukaiņus, samazinās arī koka bioloģiskā aktivitāte, audu ķīmiskais sastāvs mainās kukaiņiem izdevīgā virzienā. Par to liecina kukaiņu lielais skaits uz koka stumbra (15.1.att.). Vidējais kukaiņu ieskreju skaits 60 dm<sup>2</sup> 2012. gadā ir 40 bojātajās (B) un 53 neskartajās vai mazāk bojātās audžu daļās (NB), attiecīgi 2013. gadā B - 17 un NB – 28. Kukaiņu ieskreju skaits līdz ar augstumu no sakņu kakla palielinās. 2013. gadā ir spējuši atveseļoties tikai tie koki, kuriem kukaiņu uzskaites laukumā konstatētas 1 - 10 ieskrejas, visi pārējie ir nokaltuši.



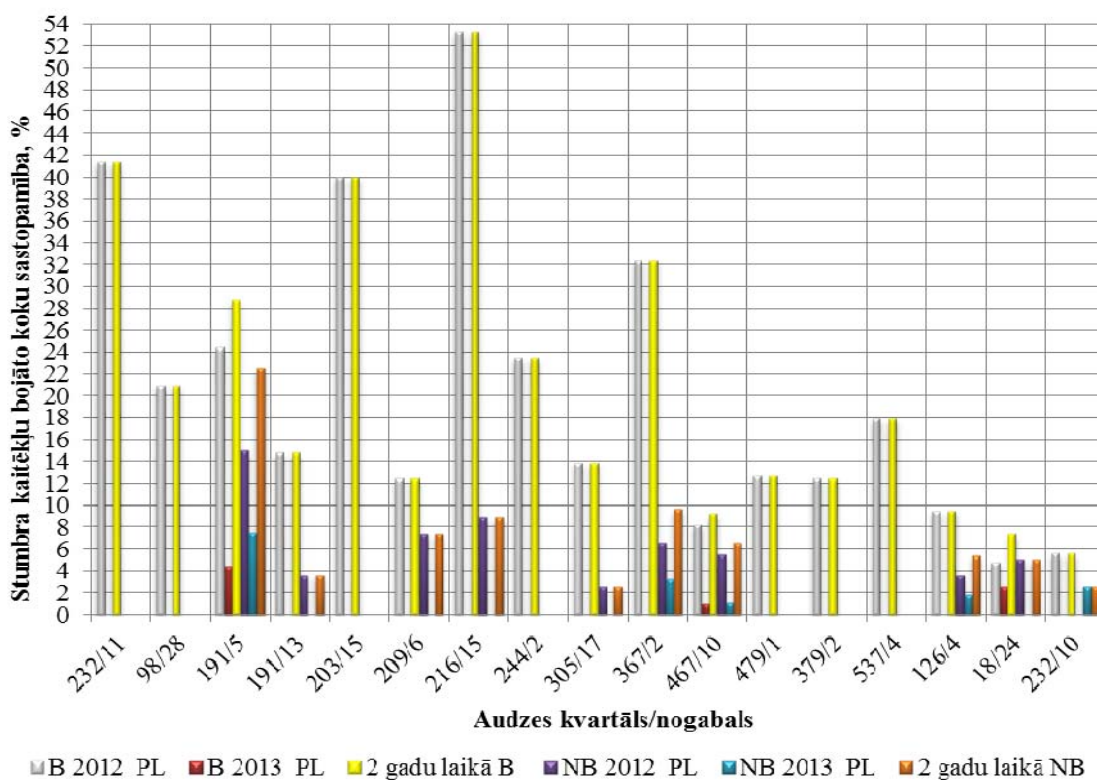
15.1.attēls. Kukaiņu ieskrejas caurumiņu skaits uzskaites laukumos pa gadiem.

Divu gadu periodā mežaudzēs no stumbra kaitēkļiem visvairāk ir cietuši koki, kuriem konstatēta visaugstākā egļu bruņuts bojājuma pakāpe (15.2.att.) gan bojātajās (B), gan neskartajās vai mazāk bojātās audžu daļās (NB). No visiem trešajā pakāpē iedalītajiem kokiem, stumbra kaitēkļu bojāti ir 8,7% koku bojātajās audžu daļās un 1,5% koku mazāk bojātajās audžu daļās, Stumbra kaitēkļu bojājumi ir sastopami (0,4 %) arī vizuāli veselos kokos egļu bruņuts neskartajās vai mazāk bojātās audžu daļās.



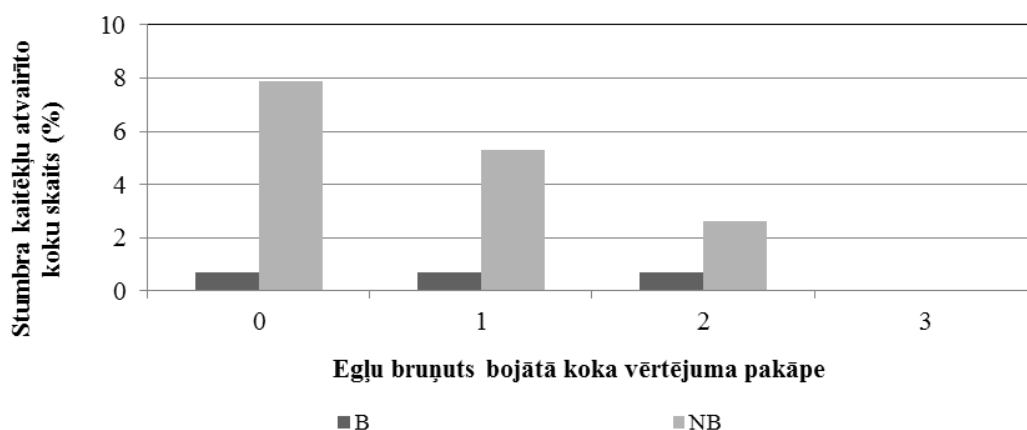
15.2.attēls. Stumbra kaitēkļu bojātie koki (%) atkarībā no egles bruņuts koka bojājuma pakāpes.

Pastāv būtiskas atšķirības starp stumbra kaitēkļu bojāto koku skaitu (%) audzes bojātajā (B) un mazāk skartajā vai veselajā audzes (NB) daļā ( $p < 0,001 < \alpha = 0,05$ ), jo egļu bruņuts bojājuma rezultātā novājinātiem kokiem ir pazemināts sveķu spiediens, kuri mehāniski un ķīmiski aizsargā kokus pret stumbra kaitēkļu uzbrukumiem, kā arī ir mainījies spiediens mizas lūksnes slānī. Kā redzams 15.3.attēlā, vienas audzes B daļā stumbra kaitēkļu bojāto koku skaits (%) pārsniedz 50%.



15.3.attēls. Stumbra kaitēkļu bojājumi egļu bruņuts bojātajā (B) un veselajā vai mazāk skartajā (NB) parauglaukumā parastās egles audzēs.

Bojāto koku sastopamība 2012. gadā audzes bojātajā (B) daļā ir 8,5% no visiem uzskaitītajiem kokiem, un 2013. gadā bojāto koku apjoms ir samazinājies un veido tikai 0,4%; savukārt mazāk skartajā vai veselajā (NB) daļā bojāto koku īpatsvars 2012. gadā – 1,7% un 2013. gadā – 0,6%. Ja pioniermizgrauži kādas nejaušības dēļ nokļūst attīstībai neatbilstošā kokā (koks par maz novājināts), tie parasti nogrimst sveķos un nevienu atraktantu neizdala, līdz ar to vairs nepiesaista citus savas sugas īpatņus konkrētajam kokam. Tāpēc daļa no 2012. gadā bojātajiem kokiem ir spējuši mobilizēt iekšējās rezerves, veiksmīgi pārvarot traucējumus stumbrā, atjaunojot normālu stāvokli un sekmīgi atvairot stumbra kaitēkļu uzbrukumus. Egles bruņuts bojātajos (B) parauglaukumos ir atveseļojušies 2,1 % no visiem stumbra kaitēkļu bojātajiem kokiem, savukārt mazāk skartajā vai veselajā audzes (NB) daļā – 15,8 %. Par to liecina uz koka stumbriem sacietējušie sveķu pilieni, kur konstatēti stumbra kaitēkļu mēģinājumi iegrauzties mizā. Stumbra kaitēkļu bojāto koku atveseļošanās samazinās līdz ar egļu bruņuts bojājuma pakāpes palielināšanos (15.4.att.).



15.4.attēls. Koku īpatsvars ar atvairītiem stumbra kaitēkļu traucējumiem (%) egļu bruņuts bojātajā (B) un mazāk skartajā vai veselajā audzes daļā (NB) atkarībā no egļu bruņuts koka bojājuma pakāpes.

Izvērtējot kukaiņu bojāto koku krāju (15.1., 15.2.tab.), var secināt, ka stumbra kaitēkļu bojāto koku un citu iemeslu dēļ nokaltušo koku krāja apsekotajos parauglaukumos atšķiras, bet, kopumā vērtējot, tā ir zemāka par aritmētisko vidējo. Parastās egles audzēs koku krājas minimālā un maksimālā vērtība egļu bruņuts bojātajā (B) parauglaukumā ir 3,3 – 19,7 m<sup>3</sup> un veselajā vai mazāk skartajā (NB) parauglaukumā – 2,7 – 20,5 m<sup>3</sup>, attiecīgi kukaiņu bojāto koku krāja B daļā – 0,1 -10,3 m<sup>3</sup> (3,2 – 57,5 % no parauglaukuma koku krājas) un NB daļā 0,0 – 2,1 m<sup>3</sup> (0,0 – 24,6 %), un citu iemeslu dēļ nokaltušo koku krāja B daļā 0,0 – 5,0 m<sup>3</sup> (0,0 – 53,2 %) un NB daļā – 0,0 – 1,2 m<sup>3</sup> (0 – 15,5 %).

15.1.tabula

Krāja egļu bruņuts bojātajā (B) un veselajā vai mazāk skartajā (NB) parauglaukumā parastās egles audzēs

Audzes kvartāls/ nogabals	Krāja, m <sup>3</sup>					
	NB PL	B PL	kukaiņu boj.dēļ nokalt. koki NB PL	kukaiņu boj.dēļ nokalt.koki B PL	citu iemeslu dēļ nokalt. koki NB PL	citu iemeslu dēļ nokalt. koki B PL
17-1	11,3	8,7	0,6	3,3	0	0
98-28	13,1	12,3	0	2,2	0	0,6
191-5	19,7	20,5	2,1	4,7	0,3	0,8
191-13	9,45	8,2	0	0,6	0,2	0,5
203-15	7,75	9,4	0	0,3	1,2	5
209-6	3,25	2,7	0,8	0,1	0,3	0,3
216-15	16,2	17,9	1,5	10,3	1,2	0
244-2	4,7	5,0	0	1,0	0	0,2
305-17	15,35	14,8	0,3	0,9	0	0,5
367-2	6,9	6,7	0,2	1,4	0	1,6

Audzes kvartāls/ nogabals	Krāja, m <sup>3</sup>					
	NB PL	B PL	kukaiņu boj.dēļ nokalt. koki NB PL	kukaiņu boj.dēļ nokalt.koki B PL	citu iemeslu dēļ nokalt. koki NB PL	citu iemeslu dēļ nokalt. koki B PL
467-10	17,65	19,3	1,8	0,6	0	0,4
479-1	11,4	12,6	0	1,1	0	0,6
479-2	16,85	12,3	0	1,0	0	0
537-4	19,3	17,2	0	4,3	0,2	0
126-4	7,95	6,8	1,0	0,3	0,1	0,3
18-24	15,9	12,8	0,6	0,9	0,4	0,2
232-10	13,7	13,3	0,2	0,5	0	0,5

Audzes vidējā krāja bojātajā daļā ierīkotajos parauglaukumos  $11,8 \pm 1,24$  m<sup>3</sup>, mazāk bojātajā vai nebojātajā daļā  $12,4 \pm 1,23$  m<sup>3</sup>, savukārt kukaiņu bojāto koku krāja B daļā  $2,0 \pm 0,62$  m<sup>3</sup> un NB –  $0,5 \pm 0,17$  m<sup>3</sup>, citu iemeslu dēļ nokaltušo koku krāja B daļā  $0,7 \pm 0,29$  m<sup>3</sup> un NB –  $0,2 \pm 0,09$  m<sup>3</sup>. Tabulā (15.2.tab.) redzams, ka gan kukaiņu, gan citu iemeslu dēļ bojāto koku krājas ekscess ir lielāks par 0 ( $E > 0$ ), tas nozīmē, ka bojāto koku sadalījums ir izstiepts, un raksturīga varianšu grupēšanās centrālajās klasēs ap vidējo aritmētisko, savukārt egļu bruņuts bojātajā (B) un veselajā vai mazāk skartajā (NB) parauglaukumā kopējās krājas ekscess ir mazāks par 0 ( $E < 0$ ), tas liecina, ka sadalījumam ir raksturīga varianšu koncentrācija arī malējās klasēs (15.2.tab.).

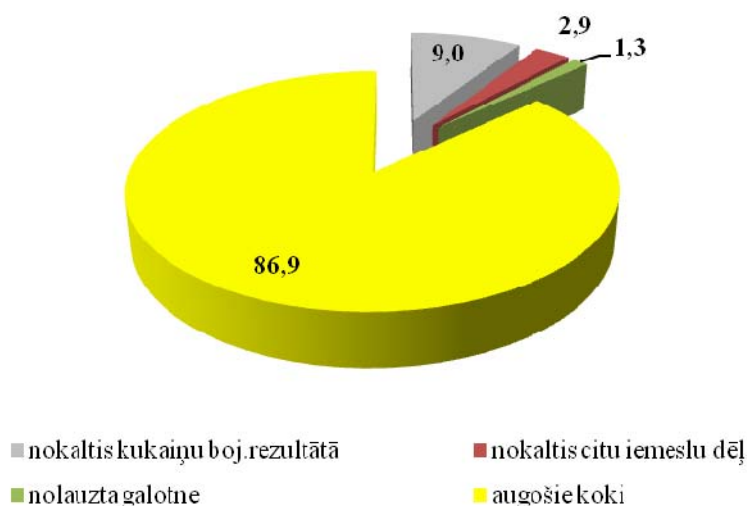
15.2.tabula

Krājas statistiskie rādītāji egļu bruņuts bojātajā un veselajā vai mazāk skartajā parauglaukumā parastās egles audzēs

Statistiskie rādītāji	Krāja, m <sup>3</sup>					
	NB PL	B PL	kukaiņu boj.dēļ nokalt. koki NB PL	kukaiņu boj.dēļ nokalt.koki B PL	citu iemeslu dēļ nokalt. koki NB PL	citu iemeslu dēļ nokalt. koki B PL
Aritmētiskais vidējais	12,4	11,8	0,5	2,0	0,2	0,7
Standartklūda	1,23	1,24	0,17	0,62	0,09	0,29
Standartnovirze	5,1	5,1	0,7	2,6	0,4	1,2
Dispersija	25,7	26,3	0,5	6,5	0,2	1,4
Ekscesa koeficients	-1,0	-0,8	0,5	6,9	3,4	12,8
Asimetrijas koeficients	-0,3	0,0	1,2	2,5	2,0	3,5
Amplitūda	16,5	17,8	2,1	10,2	1,2	5,0
Minimums	3,3	2,7	0,0	0,1	0,0	0,0

Statistiskie rādītāji	Krāja, m <sup>3</sup>					
	NB PL	B PL	kukaiņu boj.dēļ nokalt. koki NB PL	kukaiņu boj.dēļ nokalt.koki B PL	citu iemeslu dēļ nokalt. koki NB PL	citu iemeslu dēļ nokalt. koki B PL
Maksimums	19,7	20,5	2,1	10,3	1,2	5,0
Absolūtais lielums	210	200	9	34	4	11
Novērojumu skaits	17	17	17	17	17	17
Ticamības līmenis	2,61	2,64	0,35	1,31	0,20	0,61

Pētītajās parastās egles audzēs, kuras cietušas no egļu bruņuts bojājumiem, kopumā cita veida bojājumi tika konstatēti 13,1 % koku (15.5.att.), tai skaitā, stumbra kaitēkļu bojāti 9 % koku, citu iemeslu dēļ nokaltuši (zilējumu sēnes bojājumi un rizomorfas, bet stumbra kaitēkļu bojājumi uz šiem kokiem nav konstatēti) 2,9 % koku, un abiotisko faktoru ietekmē bojāti (nolauzta galotne) 1,3 % koku.



15.5.attēls. Koku procentuālais sadalījums (%) pa bojājumu veidiem.

Egļu bruņuts bojātajās parastās egles audzēs rezultāti par koku stumbra kaitēkļu postījumiem apkopoti 15.3. tabulā un 15.6. attēlā. Visās audzēs bojāto koku skaits audzē pārsniedz 3 %. Bojāto koku īpatsvars 3-10 % robežās konstatēts 11 apsekotajās parastās egles audzēs, bet sešās audzēs bojāto koku īpatsvars pārsniedz 10 %.

15.3. tabula

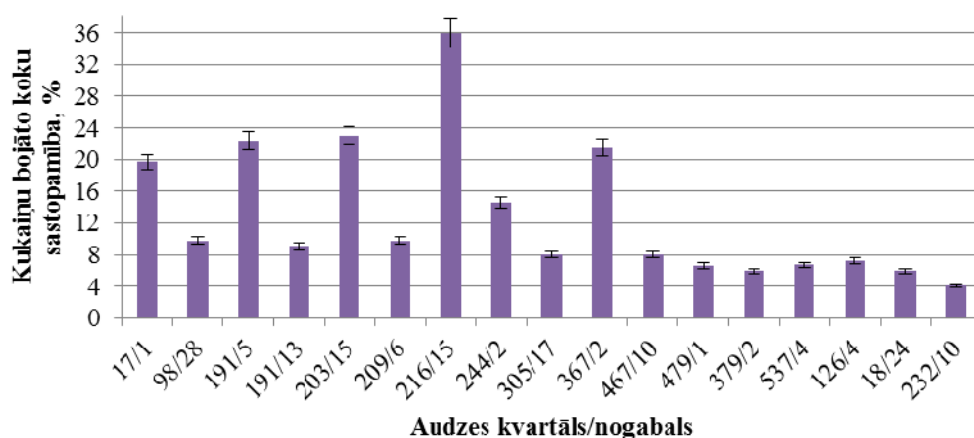
Stumbra kaitēkļu bojājumu novērtējums egļu bruņuts bojātajās parastās egles audzēs

Novērtējums ballēs	Bojāto koku stumbru skaits uz ha, %	Parastās egles audžu kvartāli/nogabali	Audzū skaits
0	< 3 %	nav	0
1	3 – 10 %	98/28, 191/13, 209/6, 305/17, 467/10,	11



		479/1, 379/2, 537/4, 126/4, 18/24, 232/10	
2	> 10 %	17/1, 191/5, 203/15, 216/15, 244/2, 367/2	6

Visnozīmīgākie bojājumi ir audzēs, kurās no stumbra kaitēkļiem konstatēts egļu astoņzobu mizgrauzis. Tā sekmīgai attīstībai nepieciešami egles stumbri, kas ir resnāki par 12 cm diametrā, tāpēc egles audzēs šī kaitēkļa invadētas visresnākās egles, kuras cietušas arī no egļu bruņuts bojājumiem. Izpētot bojātos kokus, konstatēts, ka 2012. gadā no egļu astoņzobu mizgrauža abām paaudzēm cietušie koki audzēs ir nokaltuši 2013. gadā. Šai sugai bieži kā pavadītājsuga konstatēts egļu sešzobu mizgrauzis. Bojāto koku īpatsvars šajās audzēs ir no 10 % līdz 36 % (15.6.att.). Divās audzēs nozīmīgi bojājumi konstatēti egļu sešzobu, pūkainā jeb zvīņainā mizgrauža un sēņu bojājuma rezultātā, jo uz 2013. gadā nokaltušajiem kokiem tika konstatētas rizomorfas. Šajās audzēs nokaltušo koku skaits veido 10 % un 15 %.



15.6.attēls. Stumbra kaitēkļu bojāto augošu egles koku stumbru īpatsvars (%) egļu bruņuts bojātajās parastās egles audzēs uz ha.

Kokiem, kuriem zem mizas ir redzamas rizomorfas, sastopamas tādas kukaiņu sugas kā dubultzobu mizgrauzis, pūkainais mizgrauzis, egļu koksngrauži, koksnes mizgrauzis u.c. Uz tievākiem nokaltušo koku stumbriem 2013. gadā konstatēti egļu smecernieka-sveķotāja (*Pissodes harcyniae* Hrbst.) un mazā egļu koksngrauža (*Tetropium castaneum* L.) bojājumi un sēņotnes pārveidnes-rizomorfas.

Pētījumi egļu bruņuts ietekmētās audzēs liecina:

divu gadu periodā mežaudzēs no stumbra kaitēkļiem visvairāk ir cietuši koki, kuriem konstatēta visaugstākā egļu bruņuts bojājuma pakāpe gan bojātajās (B), gan neskartajās vai mazāk bojātajās audžu daļās (NB). No kokiem ar trešo egļu bruņuts bojājumu pakāpi stumbra kaitēkļu bojājumi konstatēti 8,7% koku audzes bojātajā daļā un 1,5% koku nebojātajā daļā, – no kokiem ar pirmo un otro vērtējuma pakāpi - no 0,1% līdz 0,5%;

bojāto koku sastopamība 2012. gadā audzes bojātās (B) daļas parauglaukumā veido 8,5% no visiem uzskaitītajiem kokiem un 2013. gadā - 0,4%, savukārt mazāk skartajā vai veselajā audzes (NB) daļā 2012. gadā – 1,7% un 2013. gadā – 0,6%. Pastāv būtiskas atšķirības starp stumbra kaitēkļu bojāto koku skaitu (%) audzes bojātajā (B) un mazāk skartajā vai veselajā audzes (NB) daļā ( $p < 0,001 < \alpha = 0,05$ );

egļu bruņuts bojāto audžu (B) parauglaukumos ir atveseļojušies 2,1% no visiem stumbra kaitēkļu bojātajiem kokiem, savukārt mazāk skartajā vai veselajā audzes (NB) daļā – 15,8%. 2013. gadā ir

spējuši atveseļoties tikai tie koki, kuriem kukaiņu uzskaites laukumos konstatētas 1 - 10 ieskrejas, visi pārējie ir nokaltuši. Stumbra kaitēkļu bojāto koku atveseļošanās samazinās līdz ar egļu bruņuts bojājuma pakāpes palielināšanos;

kukaiņu bojājumu un citu iemeslu dēļ nokaltušo koku krāja apsekotajos parauglaukumos atšķiras, bet, kopumā vērtējot, tā ir zemāka par audžu aritmētisko vidējo gan audzes bojātajā (B), gan mazāk skartajā vai veselajā (NB) daļā;

egļu bruņuts bojātajā (B) audzes daļā kukaiņu bojāto koku krāja ir  $0,1 - 10,3 \text{ m}^3$  ( $3,2 - 57,5\%$  no parauglaukuma kopējās koku krājas) un NB daļā  $0,0 - 2,1 \text{ m}^3$  ( $0,0 - 24,6\%$ ); citu iemeslu dēļ nokaltušo koku krāja B daļā  $0,0 - 5,0 \text{ m}^3$  ( $0,0 - 53,2\%$ ) un NB daļā  $0,0 - 1,2 \text{ m}^3$  ( $0 - 15,5\%$ );

audzēs ierīkoto parauglaukumu krājas vidējā vērtība B daļā  $11,8 \pm 1,24 \text{ m}^3$ , NB daļā  $12,4 \pm 1,23 \text{ m}^3$ , savukārt kukaiņu bojāto koku krājas - B daļā  $2,0 \pm 0,62 \text{ m}^3$  un NB -  $0,5 \pm 0,17 \text{ m}^3$ , citu iemeslu dēļ nokaltušo koku krājas - B daļā  $0,7 \pm 0,29 \text{ m}^3$  un NB -  $0,2 \pm 0,09 \text{ m}^3$ ;

egļu bruņuts bojātās parastās egles audzēs 2012. gadā egļu astoņzobu mizgrauža abu paaudžu bojātie koki 2013. gadā ir nokaltuši. Šai sugai bieži kā pavadītājsuga konstatēts egļu sešzobu mizgrauzis;

visās novērtētajās audzēs bojāto koku īpatsvars audzē pārsniedz 3 %. Bojāto koku īpatsvars 3-10 % robežās konstatēts 11 apsekotajās parastās egles audzēs, bet sešās audzēs bojāto koku īpatsvars pārsniedz 10 %.

#### Rekomendācijas egļu bruņuts bojājumu prevencijai un bojāto audžu apsaimniekošanai

Trīs gadu novērojumi egļu bruņuts bojātajās audzēs liecina, ka galvenais risku novēršanas paņēmieni ir profilakse, t.i., meža meliorācijas sistēmu uzturēšana darba kārtībā, mežaudžu mēslošana ar koksnes pelniem vai kāliju saturošiem minerālmēsliem pēc krājas kopšanas un, iespējams, arī meža atjaunošanas laikā.

Riskam visvairāk pakļautajos meža tipos (šaurlapju un platlapju kūdrenos un āreņos) jāorientējas uz egļu mežaudzēm ar īsu apriti, t.i., galveno cirti jāplāno pēc caurmēra, lai mazinātu risku, kas saistīts ar atkārtotu bruņuts savairošanos, un mazinātu zaudējumus, kas var rasties, izstrādājot audzi sanitārajā cirtē.

Egļu bruņuts savairošanās vispirms notiek novājinātās egļu audzēs, tāpēc nozīmīgs profilaktisks pasākums ir šādu potenciālo slimību perēkļu platības samazināšana, veicot sanitārās cirtes, ja nav iespējams atjaunot egļu vitalitāti ar mēslojumu vai meliorācijas sistēmu atjaunošanu.

Mizgrauži un citi sekundārie kaitēkļi vismagākos bojājumus rada kokiem, kuru vainagi visvairāk cietuši no egļu bruņuts uzbrukuma, tāpēc jāpievērš pastiprināta uzmanība mizgraužu populācijas stāvoklim, it īpaši potenciālajās egļu bruņuts izplatīšanās vietās un, pastāvot mizgraužu savairošanās riskam, egļu bruņuts bojātās audzes, kā arī mazvērtīgās audzes, kas varētu ciest no egļu bruņuts, pirmām kārtām, jāzāģē sanitārajā cirtē vai jāveic profilaktiski meža veselības uzlabošanas pasākumi.

Pieredze, kas gūta 2010. gadā, norāda uz to, ka egļu bruņuts savairošanās gandrīz vienlaicīgi notiek plašā reģionā, pakāpeniski virzoties no dienvidiem uz ziemeļiem, tāpēc komunikācija ar kolēģiem no valstīm uz dienvidiem no Latvijas un savlaicīga problēmas identificēšana ļauj savlaicīgi sagatavoties egļu bruņuts apkarošanai.

Egļu bruņuts ir pamanāma no zemes tad, kad jau ir par vēlu un masveidīgie bojājumi jau sākušies, tāpēc meža veselības monitoringā, tajā skaitā 1. līmeņa meža monitoringa parauglaukumos, jāparedz profilaktiska egļu bruņuts populācijas novērošana. Vēl efektīvāka būtu "aerofoto transektu" ierīkošana un regulāra pārlidošana (vismaz vienreiz sezonā) potenciāli bīstamajās teritorijās. Egļu bruņuts bojātās audzes aerofotouzņēmumos var atlasīt gan manuāli, gan automātiski, izmantojot, piemēram, veģetācijas indeksa atšķirības veselajos un bojātajos egļu nogabalos.

## Izmantotie informācijas avoti

1. Adair J.R. (2005). The biology of *Dasineura dielsi* Rübсаamen (Diptera: Cecidomyiidae) in relation to the biological control of *Acacia cyclops* (Mimosaceae) in South Africa. Australian Journal of Entomology, 44: 446-456.
2. Aebi A., Schonrogge K., Melika G., Quacchia A., Alma A., Stone G.N. (2007). Native and introduced parasitoids attacking the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. OEPP/EPPO, Bulletin OEPP/EPPO, 37: 166-171.
3. Ali F., Wharton D.A. (2013). Cold tolerance abilities of two entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora*. Cryobiology, 66 (1): 24-29.
4. Allard G.B., Fortuna S., Lee S.S., Novotny J., Baldini A., Courtinho T. (2003). Global information on outbreaks and impact of major forest insect pests and diseases. 7<sup>th</sup> World Forestry Congress paper. Canada.
5. Allen C.D., Macalady A.K., Chenchouni H., Bachelet D., McDowell N., Vennetier M., Kitzberger T., Rigling A., Breshears D.D., Hogg E.H., Gonzalez P., Fensham R., Zhang Z., Castro J., Demidova N., Lim J.H., Allard G., Running S.W., Semerci A., Cobb N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. Forest Ecology and Management, 259: 660-684.
6. Amann G. (1971). Kerfe das Wald. 6.izdevums. München, Neumann Verlag, 140-141.
7. Andreadis S.S., Spanoudis C.G., Athanassiou C.G., Savopoulou-Soultani M. (2013). Factors influencing supercooling capacity of the koinobiont endoparasitoid *Venturiacanesens* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Pest Management Science. Abstract. 2 p.
8. Andresen E. (2004). Effects of season and vegetation type on community organization of dung beetles in a tropical dry forest. Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Scientific review, 291-300.
9. Anonymous (2001). Monthly mean maximum & minimum temperature and total rainfall based upon 1901-2000 data. Public review. 61 p.
10. Anonymous (2005). *Dendrolimus sibiricus* and *Dendrolimus superans*. Data sheets on quarantine pests. OEPP/EPPO Bulletin 35: 390-395.
11. Anonymous (2008a). Climate change impacts on pest animals and weeds. Fact sheets. 6 p.
12. Anonymous (2008b). Communicating climate change. An initiative of the National Agriculture and Climate Change Action plan. Review paper. 6 p.
13. Anonymous (2008c). Exotic pest threats. Sirex woodwasp *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae). UMD Entomology Bulletin. 6 p.
14. Anonymous (2011). New pest response guidelines. Exotic wood-boring and bark beetles. USDA public review paper. 256 p.
15. Anonymous (2012). Bark beetles and their management. Review paper. 25 p.
16. Apple J.L., Joern A. Effects of temperature and rainfall manipulation on insect and pathogen damage to *Solidago canadensis*. Poster. 1 p.
17. Ashworth A.C. (2001). Perspectives on beetles and climate change. American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology, Tulsa, Oklahoma. Proceeding bulletin, 47. 18 p.
18. Augustaitis A. (2006). Pine sawfly (*Diprion pini* L.) – related changes in Scots pine crown defoliation and possibilities of recovery. Polish Journal of Environmental Study, 16 (3): 363-369.

19. Austara Ø. (1971). Cold-hardiness in eggs of *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) (Hymenoptera:Diprionidae) under natural conditions. Norsk Entomologisk Tidsskrift, 18: 45-48.
20. Bakke A. (1968). Ecological studies on bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) associated with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Norway with particular reference to the influence of temperature. Medd. Nor. Skogsforsøeksves, 21: 443-602.
21. Bale J.S., Hayward A.L.S. (2010). Insect overwintering in a changing climate. The Journal of Experimental Biology: 980-994.
22. Barševskis A. (2008). *Oedemera subrobusta* (Nakane, 1954) (Coleoptera: Oedemeridae) – new species for Baltic fauna. Acta Biol. Univ. Daugavp., 8 (2): 283-286.
23. Battisti A. (2006). Insect populations in relation to environmental change in forests of temperate Europe. Invasive Forest Insects, Introduced Forest Trees, and Altered Ecosystems, 127-140.
24. Berryman A.A. (1996). What causes population cycles of forest Lepidoptera? Trends in Ecology and Evolution 11 (1): 28-32.
25. Bethers U. (2012). Nākotnes klimata projekcijas Latvijai. Klimata parametri un indikatori. Latvijas klimatam līdzīgi reģioni pasaulē un Eiropā. Prezentācijas materiāls. 29 lpp.
26. Bičevskis M. (2006). Egļu astoņzobu mizgrauža savairošanās ierobežošanas sekmju novērtējums AS LVM valdījumā esošajos mežos pēc 2005.gada janvāra vētras. Projekta starpatskaite. LVMI Silava. 28 lpp.
27. Bičevskis M., Ozols G. (1983) Egļu astoņzobu mizgrauža bioloģija un sintētiskā feromona lietošana. Jaunākais mežsaimniecībā, 25: 48-56.
28. Blunck H. (1950). Zur Kenntnis des Massenwechsels von *Pieris brassicae* L. mit besonderer Berücksichtigung des Dürrejahres 1947. Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 32 (2): 141-171.
29. Bouget C., Duelli P. (2004). The effects of windthrow on forest insect communities: A literature review. Biological Conservation 118: 281-299.
30. Branson D.H. (2008). Influence of a large late summer precipitation event on food limitation and grasshopper population dynamics in a Northern great plains grassland. Environmental Entomology 37 (3): 686-695.
31. Brockerhoff E.G., Liebhold A.M., Jactel H. (2006). The ecology of forest insect invasions and advances in their management. Canadian Journal of Forestry Research, 36: 263-268.
32. Buck H.J. (2008). Effects of natural disturbances caused by the Siberian moth, *Dendrolimus superans sibiricus* (Tschetverikov), and fire on the dynamics of boreal forests in Krasnoyarsk Krai, Russia. University of Michigan. Doctoral dissertation. 88 p.
33. Bukejs A., Barševskis A., Rudāns E. (2006). *Oxythyrea funesta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) in the fauna of Latvia. Acta Biol. Univ. Daugavp., 6 (1-2): 51-56.
34. Carillo M.A., Heimpel G.E., Cannon C.A., Hutchinson W.D. (2005). Cold hardiness of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of pyralid moths. Journal of Insect Physiology, 51 (7): 759-768.
35. Christiansen E., Bakke A. (1988). The spruce bark beetle of Eurasia. Dynamics of forest insect populations (ed. by A. A. Berrymann). Plenum, New York, 479-503.
36. Christiansen E., Bakke A. (1997). Does drought really enhance *Ips typographus* epidemics? A Scandinavian perspective. Proceedings: Integrating cultural tactics into the management of bark beetle and reforestation pests. USDA Forest Service General Technical Report NE-236: 163-171.

37. Coleman T.W., Seybold S.J. (2011). Collection history and comparison of the interactions of the Goldspotted oak borer, *Agrilus auroguttatus* Schaeffer (Coleoptera: Buprestidae), with host oaks in Southern California and Southeastern Arizona, U.S.A. *The Coleopterists Bulletin*, 65 (2): 93-108.
38. Compton S.G. (2000). The flight heights of Chalcid wasps (Hymenoptera, Chalcidoidea) in a lowland Bornean rain forest: Fig wasps are the high fliers. *Biotropica*, 32 (3): 515-522.
39. Denlinger D.L., Lee Jr. R.E., Yocum G.D., Kukal O. (2005). Role of chilling in the acquisition of cold tolerance and the capacitation to express stress proteins in diapausing pharate larvae of the gypsy moth, *Lymantria dispar*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 21 (4): 271-280.
40. Dowden B.P.B. (1939). *Schizonotus sieboldi*, an important parasite of the imported willow leaf beetle (*Plagioderma versicolora*). *Journal of Agricultural Research*, 58 (8): 581-592.
41. Dunphy G.B., Chadwick J.M. (1984). Physical factors influencing the growth of protoplasts of *Entomophaga grylli*. *Canadian Journal of Microbiology*, 30 (11): 1315-1318.
42. Dwyer G., Dushoff J., Yee S.H. (2004). The combined effects of pathogens and predators on insect outbreaks. *Nature*, 430: 341-345.
43. Edwards T., Kull C., Alverson K. (2002). Past global changes. PAGES International Project. News – review paper, 10 (2): 1-24.
44. Estay S.A., Lima M., Labra F.A. (2008). Predicting insect pest status under climate change scenarios: combining experimental data and population dynamics modelling. *Journal of Applied Entomology*: 1-9.
45. Fitzgerald D.L. (2007). Estimation of point rainfall frequencies. Public review. 53 p.
46. Flanders S.E., Bay E.C. (1964). Standardization of mass rearing procedures for entomophaga. *Bulletin of World Health Organization*, 31: 505-507.
47. Fleming R.A., Volney W.J.A. (1995). Effects of climate change on insect defoliator population processes in Canada's boreal forest: Some plausible scenarios. *Water, Air and Soil Pollution*, 82 (1-2): 445-454.
48. Ford T.H., Shaw M.R. (1991). Host records of some West Palaearctic Tachinidae (Diptera). *Entomologist's Record*, 103: 23-38.
49. Frouz J., Matena J., Ali A. (2003). Survival strategies of chironomids (Diptera: Chironomidae) living in temporary habitats: a review. *European Journal of Entomology*, 100: 459-465.
50. Galardo A.K.R., Zimmerman R.H., Lounibos L.P., Young L.J., Galardo C.D., Arruda M., D'Almeida Couto A.A.R.D. (2009). Seasonal abundance of anopheline mosquitoes and their association with rainfall and malaria along the Matap'ı River, Amap'ı, Brazil. *Medical and Veterinary Entomology*, 23: 335-349.
51. Gibbs M., Schonrogge K., Alma A., Melika G., Quacchia A., Stone G.N., Aebi A. (2011). *Torymus sinensis*: a viable management option for the biological control of *Dryocosmus kuriphilus* in Europe? *Biological Control*, 56: 527-538.
52. Giuggiola A., Kuster T.M., Saha S. (2010). Drought-induced mortality of Scots pines at the southern limits of its distribution in Europe: causes and consequences. *Journal of Biogeosciences and Forestry*, 3: 95-97.
53. Gomez J.D., Etchevers J.D., Monterroso J.D., Gay C., Campo J., Martinez M. (2008). Spatial estimation of mean temperature and precipitation in areas of scarce meteorological information. *Atmosfera*, 21 (1): 35-56.

54. Green G.W. (1962). Low winter temperatures and the European Pine shoot Moth, *Rhyacionia buoliana* (Schiff.) in Ontario. *The Canadian Entomologist*, 94 (3): 314-336.
55. Gretchen V.P. (2005). Management of insect pests of Crapemyrtle (*Lagerstroemia* spp.) with special reference to the ecology and biology of *Altica litigata* Fall (coleoptera: chrysomelidae). Doctoral disertation. University of Georgia. 118 p.
56. Grillenberger B.K., van de Zande L., Bijlsma R., Gadau J., Buekeboom L.W. (2009). Reproductive strategies under multiparasitism in natural populations of the parasitoid wasp *Nasonia* (Hymenoptera). *Journal of Evolutionary Biology*, 22: 460-470.
57. Grinnan R., Carter T.E., Johnson M.T.J. (2013). Effects of drought, temperature, herbivory, and genotype on plant–insect interactions in soybean (*Glycine max*). *Arthropod-Plant Interactions*, 7 (2): 201-215.
58. Haeussler S., Coates D. (1986). Autecological characteristics of selected species that compete with conifers in British Columbia: A Literature Review. Land Management Report 33. Ministry of Forests. 180 p.
59. Hajek A., Glare T., O'Callaghan M. (2008). Use of Microbes for Control and Eradication of Invasive Arthropods. New York, NY:Springer: 19-32.
60. Han R., Gan Y., Kong X., Ge F. (2008). Physiological and endocrine differences between diapausing and nondiapausing larvae of the Pine Caterpillar *Dendrolimus tabulaeformis* (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Zoological Studies*, 47 (1): 96-102.
61. Hance T., Baaren J., Vernon P., Oivin G. (2007). Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology*, 52: 107-126.
62. Hanski I. (1977). Biogeography and ecology of carrion flies in the Canary Islands. *Annual Entomology of Fennica*, 43 (4): 101-107.
63. Haris A. (2009). Sawflies of the Zselic Hills, SW Hungary (Hymenoptera: Symphyta). *Natura Somogyiensis*, 15: 127-158.
64. Harman D.M. (1972). Parasites of the nantucket pine tip moth, *Rhyacionia frustrana* on three pine species in Maryland. *Chesapeake Science*, 13 (3): 223-226.
65. Heliovaara K., Vaisanen R. (1987). Geographic variation in the life-history of *Aradus cinnamomeus* and a breakdown mechanism of the reproductive isolation of allochronic bugs (Heteroptera, Aradidae). *Annual Zoology*, 24: 1-17.
66. Hill J.K., Thomas C.D., Huntley B. (1999). Climate and habitat availability determine 20<sup>th</sup> century changes in a butterfly's range margin. *Proceeding of Royal Society, London, B*. Vol. 266: 1197-1206.
67. Hoch G., Toffolo E.P., Netherer S., Battisti A., Schopf A. (2009). Survival at low temperature of larvae of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* from an area of range expansion. *Agricultural and Forest Entomology*, 11 (3): 313-320.
68. Hudson W., Robbins G., Dorsey T., Mayer M., Bronhard L. (2012). *Peristenus relictus* (*stygius*) (Hymenoptera: Braconidae) a possible biological control agent for tarnished plant bug, *Lygus lineolaris*, (Hemiptera: Miridae) in New Jersey. Phillip Alampi Beneficial Insect Laboratory. Annual report. 11 p.
69. Hulme M.A., Dawson A.F., Harris J.W.E. (1986). Exploiting cold-hardiness to separate *Pissodes strobi* (Peck) (Coleoptera: Curculionidae) from associated insects in leaders of *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. *The Canadian Entomologist*, 118: 1115-1122.
70. Humble L.M. (2006). Overwintering adaptations in Arctic sawflies (Hymenoptera: Tenthredinidae) and their parasitoids: cold tolerance. *Canadian Entomology*, 138: 59-71.

71. Hung L.T., Keawsompong S., Hanh V.T., Sivichai S., Hywel – Jones N.L. (2009). Effect of temperature on cordycepin production in *Cordyceps militaris*. Thai Journal of Agricultural Science, 42(4): 219-225.
72. IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri R.K. and Reisinger A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 104 p.
73. Jianrong W. (2005). Cold tolerance of *Dastarcus helophoroides*. Forest Pest and Disease. Abstract paper. 1 p.
74. Jones E., Paine T.D., Fenn M.E., Poth M.A. (2004). Influence of ozone and nitrogen deposition on bark beetle activity under drought conditions. Forest Ecology and Management, 200 (1-3): 67-76.
75. Jouvenaz D.P., Lofgren C.S. (1984). Temperature – depend spore dimorphism in *Burenella dimorpha* (Microspora: Michrosporida). Journal of Protozoology, 31 (3): 175-177.
76. Jovanovic B.D., Čamprag D.S., Sekulic R.R., Kereši T.B. (2006). Solar activity influence to the numerousness dynamics of *Bothynoderes punctiventris* Germ. in Vojvodina. Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad, 110: 239-248.
77. Kasischke E.S., Christensen, Jr. N.L., Stocks B.J. (1995). Fire, global warming, and the carbon balance of boreal forests. Ecological Applications 5: 437-451.
78. Kenis M., Wermelinger B., Grégoire J.C. (2004). Research on parasitoids and predators of Scolytidae – A Review. Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe. A Synthesis, 237-290.
79. Khoa L.V., Hatai K., Aoki T. (2004). *Fusarium incarnatum* isolated from black tiger shrimp, *Penaeus monodon* Fabricius, with black gill disease cultured in Vietnam. Journal of Fish Diseases, 27: 507-515.
80. Klok C.J., Chown S.L. (2003). Resistance to temperature extremes in sub – Antarctic weevils: interspecific variation, population differentiation and acclimation. Biological Journal of Linnean Society, 78: 401-414.
81. Klok C.J., Gaston K.J., Chown S.L. (2003). The geographical range structure of holly leaf-miner.III. Cold hardiness physiology. Functional Ecology, 17: 858-868.
82. Kollár J., Hrubík P., Tkáčova S. (2009). Monitoring of harmful insect species in urban conditions in selected model areas of Slovakia. Plant Protection Science, 45: 119-124.
83. La Spina S., Gregoire J., Mertens P., De-Canniere C. (2010). Impact of poplar water status on leaf-beetle (*Chrysomela populi*) survival and feeding. Annual Forest Science, 67 (209): 1-6.
84. Langer A., Hance T. (2000). Overwintering strategies and cold hardiness of two aphid parasitoid species Hymenoptera Braconidae Aphidiinae. Journal of insect physiology, 46 (5): 671-676.
85. Lazdiņš A. (2010) Eglu audžu masveida bojājumu cēloņu izzināšana SIA "Rīgas meži" nosusinātās meža zemēs. Pārskats par SIA „Rīgas meži” pasūtīto pētījumu. LVMI Silava, 9-11.
86. Leather S.R., Walters K.F.A., Bale J.S. (1995). The Ecology of Insect Overwintering. Cambridge University Press. 206 p.
87. Li H., Futch S.H., Syversten J.P. (2007). Cross-correlation patterns of air and soil temperatures, rainfall and *Diaprepes abbreviatus* root weevil in citrus. Pest Management Science, 63: 1116-1123.
88. Li N.G., Osakovskii V.L. (2008). On the flexibility of adaptation processes in cold-hardy insects. Biology Bulletin, 35 (4): 394-397.

89. Llamas D.P., Gonzales M.C., Gonzales C.I., Lopez G.R., Marquina J.C.T. (2008). The interactive effects of temperature and osmotic potential on the growth of marine isolates of *Fusarium solani*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 35 (11): 1405-1409.
90. Liberal C.N., Farias A.M.I., Meiado M.V., Filgueiras B.K.C., Lanuzzi L. (2011). How habitat change and rainfall affect dung beetle diversity in Caatinga, a Brazilian semi-arid ecosystem. *Journal of Insect Science*, 11 (114): 1-11.
91. Lombardero M.J., Ayres M.P., Ayres S.D., Reeve J.D. (2000). Cold tolerance of four species of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *Environmental Entomology*, 29 (3): 421-432.
92. Luik A. (1986). Temperature as the principal exogenous regulator of winter dormancy in xylophages. *Metsanduslikud Uurimused*, 21: 98-102.
93. Luik A., Voolma K. (1989). Some aspects of the occurrence, biology and cold-hardiness of *Hylobius* weevils. *UIFRO proceedings*. Vancouver. 7 p.
94. Lynn K.A. (2009). User-friendly methods for timing integrated pest management strategies: an analysis of degree-day models and biological calendars. Ohio State University. *Entomology*. 109 p.
95. Ma R., Hao S., Kong W., Sun J., Kang L. (2006). Cold hardiness as a factor for assessing the potential distribution of the Japanese pine sawyer *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) in China. *Annual Forestry Science*, 63: 449-456.
96. Mattson W., Haack R. (1987). Role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *Bioscience*, 37 (2): 110-118.
97. McManus M.L., Liebhold A.M. (2002). Ecology, survey and management of forest insects. *Proceedings*. 187 p.
98. Mechi M.R. (1999). Activity cycle of the ponon wasp, *Trimeria howardi* (Hymenoptera: Vespidae) in Southeastern Brasil. *Rewiev of Biology in Tropics*, 47 (4): 939-948.
99. Mellec A., Karg J., Bernacki Z., Slowik J., Korczynski I., Krummel T., Mazur A., Altena H.W., Gerold G., Reinhardt A. (2011). Effects of insect mass outbreaks on throughfall composition in even aged European pine stands - Implications for the C and N cycling. *Earth Science and Climatic Change*, 1 (1), 6 p.
100. Menu F., Roebuck J.P., Viala M. (2000). Bet-hedging diapause strategies in stochastic environments. *American Nature*, 155: 724-734.
101. Meshkova V.L. (2009). Seasonal development of foliage browsing insects. Kharkov, *Planeta-print*. 382 p.
102. Miles C., Blethen C., Gaugler R., Shaphiro-Ilan D., Murray T. (2010). Using entomopathogenic nematodes for crop insect pest control. A Pacific Northwest extension publication. 11 p.
103. Moiroux J., Giron D., Vernon P., Baaren J., van Alphen J.M. (2012). Evolution of metabolic rate in a parasitic wasp: The role of limitation in intrinsic resources. *Journal of Insect Physiology*, 58: 979-984.
104. Moraal L.G. (2010). Infestations of the cypress bark beetles *Phloeosinus rudis*, *P. bicolor* and *P. thujae* in The Netherlands (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Entomologische Berichten* 70 (4): 140-145.
105. Moraal L.G., Akkerhuis G.A.J.M.J. (2010). Changing patterns in insect pests on trees in The Netherlands since 1946 in relation to human induced habitat changes and climate factors—An analysis of historical data. *Forest Ecology and Management*, 261 (1): 50-61.



106. Moretti M., De Cáceres M., Pradella C., Obrist M.K., Wermelinger B., Legendre P., Duelli P. (2010). Fire-induced taxonomic and functional changes in saproxylic beetle communities in fire sensitive regions. *Ecography*, 33: 760-771.
107. Morewood W.D., Lange P. (1997). Immature stages of high arctic *Gynaephora* species (Lymantriidae) and notes on their biology at Alexandra Fiord, Ellesmere Island, Canada. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 34: 119-141.
108. Morgan K.R. (1986). Temperature regulation, energy metabolism and mate-searching in rain beetles (*Pleocomma* spp.), winter-active, endothermic scarabs (Coleoptera). *Journal of Experimental Biology*: 107-122.
109. Mulock P., Christiansen E. (1986). The threshold of successful attacks by *Ips typographus* on *Picea abies*: a field experiment. *Forest Ecology and Management*, 14: 125-132.
110. Naves P.M., Sousa E., Rodrigues J.M. (2008). Biology of *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera, Cerambycidae) in the pine wilt disease affected zone, Southern Portugal. *Silva Lusitana*, 16 (2): 133-148.
111. Nazemi J., Talebi A.A., Sadegi S.E., Melika G., Lozan A. (2008). Species richness of oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae) and identification of associated inquilines and parasitoids on two oak species in western Iran. *North-Western Journal of Zoology*, 4 (2): 189-202.
112. Niemela P., Mattson W.J. (1996). Invasion of North American forests by European phytophagous insects. *Bioscience*, 10: 741-753.
113. Ozols G. (1968). Egles stumbra kaitēkļi un to ekoloģiskās grupas Latvijas PSR. *Latvijas Entomologs*. 208 lpp.
114. Ozols G. (1985). Priedes un egles dendrofāgie kukaiņi Latvijas mežos. Rīga, Zinātne. 207 lpp.
115. Pakarinen S.P. (2011). Host-parasitoid relationship in different *Cotesia melitaearum* and *Melitaea cinxia* populations around the Baltic Sea. University of Helsinki. Master's Thesis. 87 p.
116. Papadopoulos E., Himonas C., Coles G.C. (2001). Drought and flock isolation may enhance the development of anthelmintic resistance in nematodes. *Veterinary Parasitology*, 97 (4): 253-259.
117. Petzoldt C. (2002). Climate change effects on insects and pathogens. Climate change and agriculture: Promoting practical and profitable responses. Informative paper. 11 p.
118. Ranius T., Janson N. (2000). The influence of forest regrowth, original canopy cover and tree size on saproxylic beetles associated with old oaks. *Biological Conservation*, 95: 85-94.
119. Rivers D.B., Lee, Jr. R.E., Denlinger D.L. (2000). Cold hardiness of the fly pupal parasitoid *Nasonia vitripennis* is enhanced by its host *Sarcophaga crassipalpis*. *Journal of Insect Physiology*, 46: 99-106.
120. Robinson W.H. (2005). Urban insects and arachnids. *A Handbook of Urban Entomology*. Cambridge University Press. UK. 225 p.
121. Roualt G., Candau J., Lieutier F., Nageleisen L., Martin J., Warzee N. (2006). Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Annual Forest Science*, 63: 613-624.
122. Rundle B.J., Hoffman A.A. (2003). Overwintering of *Trichogramma funiculatum* Carver (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under semi-natural conditions. *Environmental Entomology*, 32 (2): 290-298.
123. Schönrogge K., Crawley M.J. (2000). Quantified webs as means of assessing the impact of alien insects. *Journal of Animal Ecology*, 69: 841-868.

124. Schroeder L.M. (2002). Tree mortality by the bark beetle *Ips typographus* (L.) in storm-disturbed stands. *Integrated Pest Management Reviews*, 6 (3-4): 169-175.
125. Schroeder L.M. (2008). Insect pests and forest biomass for energy. *Sustainable Use of Forest Biomass for Energy. Managing Forest Ecosystems*, 12: 109-128.
126. Schulthess F., Chabi-Olaye A., Goergen G. (2001). Seasonal fluctuations of noctuid stemborer egg parasitism in southern Benin with special reference to *Sesamia calamistis* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae) and *Telenomus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae) on maize. *Biocontrol Science and Technology*, 11 (6): 745-757.
127. Sformo T.L. (2009). Overwintering physiology of Arctic and subarctic insects from interior Alaska. Dissertation. [skatīts 2013. gada 2. decembrī]. Pieejams: <http://udini.proquest.com/view/overwintering-physiology-of-arctic-pqid:1994544311/>
128. Shaw M.R., Huddleston T. (1991). Classification and biology of braconid wasps. *Handbooks for the Identification of British Insects*, 7 (11). 126 p.
129. Singh T.V.K., Satyanarayana J. (2009). Insect outbreaks and their management. *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process*: 331-350.
130. Singh S.P., Choudhary A.K. (2003). Selection criteria for drought tolerance in Indian mustard Czern Coss. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 63 (3): 263-264.
131. Smelyanets V. (1997). Dynamics of tropical niches of the winter pine shoot moth (*Rhyacionia buoliana* schiff., Lepidoptera: Tortricidae) and response of the protective system of the scots pine to the affection. 1. Dynamics of formation of tropical niches of the winter pine shoot moth in stands of the Scots pine. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 30 (5): 409-420.
132. Stefanescu C., Penula J., Filella I. (2003). Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest of Mediteranean Basin. *Global Change Biology*, 9: 1494. - 1506.
133. Stireman J.O., Dyer L.A., Janzen D.H., Singer M.S., Lill J.T., Marquis R.J., Ricklefs R.E., Gentry G.L., Hallwachs W., Coley P.D., Barone J.A., Greeney H.F., Connahs H., Barbosa P., Morais H.C., Diniz R. (2005). Climatic unpredictability and parasitism of caterpillars: Implications of global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102 (48): 4 p.
134. Sukovata L., Kolk A., Jaworski T., Plewa R. (2012). The risk of pine wilt disease in Poland. *Folia Forestalia Polonica, series A*, 54 (1): 42-47.
135. Šmits V. (1960). Mizgrauži. Rīga, Latvijas Valsts izdevniecība. 207 lpp.
136. Šmits A., Bičevskis M. (1997). Egļu astoņzobu mizgrauzis. *Meža Dzīve*, 8: 16-20.
137. Šmits A. (2005). Meža kaitēkļu savairošanās un bioloģiskās daudzveidības komponentu attīstības dinamika vētras postītās mežaudzēs. Pārskats par līgumdarbu. LVMI Silava. 36 lpp.
138. Šmits A. (2009). Meža kaitēkļu savairošanās un bioloģiskās daudzveidības komponentu attīstības dinamikas komponentu attīstības dinamikas monitorings. Pārskats par MAF projektu. LVMI Silava. 39 lpp.
139. Tan J.Y., Keith D.W.R., Morgann G. (2010). Flight ability and reproductive development in newly-emerged pine weevil *Hylobius abietis* and the potential effects of climate change. *Agricultural and Forest Entomology*, 12: 427-434. p.
140. Tarmo V., Seppo N., Ari N., Marti V., Pekka N. (1996). Climate change and the risks of *Neodiprion sertifer* outbreaks on Scots pine. *Silva Fennica*, 30 ( 2 – 3): 169-177.
141. Tauber M.J., Tauber C.A., Masaki S. (1986). Seasonal adaptations of insects. Oxford University Press. 385 p.
142. Toffolo E.P., Bernardinelli I., Stergulc F., Battisti A. (2006). Climate change and expansion of the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa*, in northern

- Italy. IUFRO Working Party 7.03.10 Proceedings of the Workshop, Gmunden, Austria: 331-340.
143. Truchan J., Butcher J.W. (1970). Cold hardiness of *Dendrosoter protuberans*. Journal of Economical Entomology, 63 (1): 328-330.
  144. Van Nouhuys S., Lei G. (2004). Parasitoid–host metapopulation dynamics: the causes and consequences of phenological asynchrony. Journal of Animal Ecology, 73 (3): 526-535.
  145. Venette C., Abrahamson M. (2011). Cold hardiness of emerald ash borer, *Agrilus planipennis*: a new perspective. USDA Forest Service Informative Paper. 5 p.
  146. Wallner W.E. (1987). Factors affecting insect population dynamics: Differences between outbreak and non-outbreak species. Annual Review of Entomology, 32: 317-340.
  147. Wiesmann R., Gasser R. (1950). Five years' experience in the control of *M. melolontha* and observations on its ecology. Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten, Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, 51 (1-2): 17-37.
  148. William J.P., Régnière P.J., Worner S. (2007). Risk assessment of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (L), in New Zealand based on phenology modelling. International Journal of Biometeorology, 51 (4): 295-305.
  149. Wilson R.J., Gutierrez D., Gutierrez J., Martinez D., Agudo R., Monseratt V.J. (2005). Changes to the elevation limits and extent of species ranges associated with climate change. Ecology Letters, 8: 1138-1146.
  150. Yan J.J. (1985). Research on distribution of basicosta whitespotted longicorn in east China. Journal of North Eastern Forestry College, China, 13: 62-69.
  151. Yang Z.Q., Strazanac J.S., Marsh P.M., van Achterberg C., Choi W.Y. (2005). First recorded parasitoid from China of *Agrilus planipennis*: A new species of *Spathius* (Hymenoptera: Braconidae: Doryctinae). Annals of the Entomological Society of America, 98 (5): 636-642.
  152. Zālītis P., Lībiete Z. (2004). Egļu jaunaudžu augšanas gaitas savdabības āreņos un kūdreņos. Mežzinātne, 13: 21-36.
  153. Синадский Ю.В. (1983). Сосна и её вредители и болезни. Москва, Наука. 324 с.

# Pielikumi

## Meža kaitēkļu un to parazītoīdu bioloģiskie parametri.

Nr. p. k.	Invazījas rādītājs kaitēklim	Kaitēklis, suga	Kaitēkļa stāvība saviņrošanās temperatūrā, °C	Kaitēkļa bēdīskaitis parazītoīds	Parazītoīdam optimālā temperatūra, °C	Invazījas rādītājs parazītoīdam	Kaitēklim specifisks patogēns	Kaitēklim optimālais cikla periods vasarā, mēneši
1	*	<i>Alnus ambigua</i>	27	<i>Parasitaphus nigritarsis</i>	23	***	<i>Bacillus thuringiensis</i>	4
2	**	<i>Agelastica alni</i>	32	<i>Parasitaphus nigritarsis</i>	23	***	<i>Bacillus thuringiensis</i>	4
3	**	<i>Fennus dolabrū</i>	29	<i>Ichnumon spp.</i>	22	***	?	1,5
4	***	<i>Xiphidra cuneata</i>	25	<i>Anabus strabus</i>	20	**	<i>Microspora spp.</i>	7
5	**	<i>Limonata dispar</i>	26	<i>Parasetigena silvestris</i>	23	***	<i>Entomophaga maimaiga</i>	3,5
6	**	<i>Cameraria orbifera</i>	28	<i>Gelis agilis</i>	24	***	<i>Bacillus thuringiensis</i>	3
7	***	<i>Ips typographus</i>	28	<i>Dendroctonus spp.</i>	23	***	<i>Gregarina spp.</i>	2
8	***	<i>Ips minor</i>	23	<i>Dendroctonus spp.</i>	24	***	<i>Gregarina spp.</i>	3
9	***	<i>Ilyobius abietis</i>	30	<i>Bracon lylobii</i>	23	***	<i>Heterorhabditis downesi</i>	7
10	***	<i>Bupalus piniarius</i>	27	<i>Saenemera carpocapsae</i>	22	***	<i>Bacillus thuringiensis</i>	2,5
11	**	<i>Foncolomboa fraxini</i>	22	?	?	?	<i>Bacillus kurstaki</i>	2
12	***	<i>Neodiprion sertifer</i>	27	<i>Diprionidae diprioni</i>	23	***	?	7
13	*	<i>Silpnotia salicis</i>	20	<i>Ichnumon spp.</i>	23	***	<i>Bacillus thuringiensis</i>	3
14	***	<i>Pissodes notatus</i>	28	<i>Eubazus semirugosus</i>	24	***	<i>Bacillus thuringiensis subsp. tenebrionis</i>	7
15	***	<i>Coccis coccis</i>	25	?	?	?	<i>Bacillus thuringiensis</i>	4
16	***	<i>Phymatodes testaceus</i>	27	<i>Helcon urdaor</i>	24	**	?	7
17	***	<i>Scolytus ratzeburgi</i>	23	<i>Rhopiletus lidenbergi</i>	22	*	<i>Gregarina spp.</i>	2,5
18	*	<i>Scolytus multistriatus</i>	24	<i>Spathius longicauda</i>	22	*	?	2,5
19	*	<i>Eugrotesis chrysoviridis</i>	27	<i>Parasetigena silvestris</i>	23	***	<i>Bacillus thuringiensis</i>	3
20	***	<i>Aradus cinnamomeus</i>	25	<i>Telenomus aradi</i>	23	**	?	4
21	***	<i>Xyleborus dispar</i>	22	<i>Neoparasitlenchus amlicicornis</i>	20	**	<i>Bacillus thuringiensis subsp. tenebrionis</i>	2,5
22	*	<i>Cryphalus picuae</i>	25	?	?	?	<i>Bacillus sp.</i>	2
23	***	<i>Archips crataegana</i>	25	<i>Phytomyza naidiventris</i>	22	**	<i>Bacillus kurstaki</i>	2,5
24	***	<i>Lasiopygia paeoniana</i>	24	<i>Trichonema evictor</i>	19	***	<i>Bacillus thuringiensis</i>	5
25	***	<i>Melanoma populi</i>	24	<i>Schizonema sieboldi</i>	22	*	<i>Microspora spp.</i>	2,5
26	**	<i>Phalera bucephala</i>	27	?	?	?	<i>Bacillus thuringiensis</i>	3
27	**	<i>Diprion pini</i>	28	<i>Drino inconspicua</i>	24	**	<i>Birdavirus diprioni</i>	3,5
28	***	<i>Rhyacionia buoliana</i>	25	<i>Euxestus comstockii</i>	23	*	<i>Bacillus kurstaki</i>	2
29	***	<i>Saperda carcharias</i>	27	<i>Euderus caudatus</i>	22	**	<i>Microspora spp.</i>	6
30	***	<i>Pissodes flammus</i>	26	<i>Richtiecnemon pachymerus</i>	23	***	<i>Bacillus kurstaki</i>	4,5
31	***	<i>Melolontha melolontha</i>	25	<i>Deus rufus</i>	24	***	<i>Bacillus thuringiensis subsp. tenebrionis</i>	5
32	***	<i>Dendroctonus pini</i>	27	<i>Maschna pulcherrima</i>	23	*	<i>Corydops millaris</i>	6,5
33	***	<i>Lema vesicatoria</i>	26	?	?	?	<i>Bacillus thuringiensis subsp. tenebrionis</i>	3,5
34	***	<i>Arbitaria quadrinotata</i>	27	<i>Acanthodes spp.</i>	22	***	<i>Bacillus thuringiensis subsp. tenebrionis</i>	4,5
35	***	<i>Phytomyza chalcographus</i>	25	<i>Dinotiscus apertus</i>	21	**	<i>Gregarina spp.</i>	2,5
36	***	<i>Lymantia monacha</i>	25	<i>Parasetigena silvestris</i>	23	***	<i>Bacillus thuringiensis</i>	4
37	*	<i>Anoplophora glabriventris</i>	28	<i>Diatarsus lephoroides</i>	20	*	<i>Bacillus thuringiensis subsp. tenebrionis</i>	7,5
38	*	<i>Monochamus alternatus</i>	27	<i>Delodonta spp.</i>	23	***	<i>Bacillus thuringiensis subsp. tenebrionis</i>	6,5
39	*	<i>Monochamus carolinensis</i>	26	<i>Delodonta spp.</i>	24	***	<i>Bacillus thuringiensis subsp. tenebrionis</i>	7,5
40	*	<i>Bursaphelenchus xylophilus</i>	27	?	?	?	?	0,5
41	**	<i>Agrilus planipennis</i>	29	<i>Spathius agrili</i>	26	*	<i>Bacillus spp.</i>	7
42	*	<i>Dryocoetes kirkiphalus</i>	25	<i>Tortus sinensis</i>	24	*	<i>Fusarium incarnatum-equiseti</i>	3
43	*	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	27	?	?	?	<i>Bacillus thuringiensis</i>	5
44	*	<i>Dendrolimus superans sibiricus</i>	26	<i>Trichogramma dendrolimi</i>	25	*	<i>Bacillus dendrolimi</i>	6

### Apzīmējumi:

\*\*\* - vietējs jeb allohtons

\*\* - invadēts

\* - potenciāli invazīvs

? - nav zināms

### Atsauces uz avotiem pēc kārtas numura:

1 – Robinson 2005. 2 – Robinson 2005; 3 – Lynn 2009. 4 – Haris 2009. 5 – William et al. 2007. 6 – Fleming, Volney 1995; Singh, Satyanaryana 2009. 7 – Schroeder 2002. 8 – Schroeder 2002; Battisti 2006; Schroeder 2008. 9 - Lynn 2009; Tan et al. 2010. 10 – Ozols 1985; Fleming, Volney 1995; Mellec et al. 2011. 11 - Singh, Satyanaryana 2009; Kollár et al. 2009. 12 - Ozols 1985; Tarmo et al. 1996. 13 - Lynn 2009; Kollár et al. 2009. 14 - Battisti 2006; Tan et al. 2010. 15 - Singh, Satyanaryana 2009; Battisti 2006. 16 – Raniuss, Janson 2000. 17 - Schroeder 2002; Lombardero et al. 2000; 18 - Schroeder 2002; Singh, Satyanaryana 2009; 19 - Fleming, Volney 1995; Battisti 2006; William et al. 2007. 20 - Battisti 2006; Heliovaara, Vaisanen 1987. 21 - Ozols 1985; Fleming, Volney 1995. 22 - Ozols 1985; Singh, Satyanaryana 2009; Lynn 2009. 23 - Battisti 2006; Kollár et al. 2009; 24 - Ozols 1985; Robinson 2005. 25 - Singh, Satyanaryana 2009; Lynn 2009. 26 - Singh, Satyanaryana 2009; 27 - Ozols 1985; Haris 2009; Augustaitis 2006. 28 – Smelyanets 1997. 29 – Moraal, Akkerhuis 2010. 30 - Ozols 1985; Schroeder 2008; Battisti 2006. 31 - Robinson 2005; Schroeder 2008; Lynn 2009. 32 - Ozols 1985; Schroeder 2008; Singh, Satyanaryana 2009. 33 - Fleming, Volney 1995; Battisti 2006; Moraal, Akkerhuis 2010. 34 – Moretti et al. 2010. 35 - Schroeder 2002. 36 – William et al. 2007. 37 – Hajek et al. 2008, Kasischke et al. 1995, Moretti et al. 2010, Yan 1985; 38 – Naves et al. 2008, Moretti et al. 2010, Li, Osakovskii 2008; 39 - Naves et al. 2008, Moretti et al. 2010, Li, Osakovskii 2008; 40 – Sukovata et al. 2012; 41 – Venette, Abrahamson 2011; 42 – Aebi et al. 2007; 43 Toffolo et al. 2006; 44 – Anonymous 2005, Buck 2008.

## Meža kaitēkļu un to parazītoīdu bioloģiskie parametri, II

N. p. k.	Kaitēklis, suga	Kaitēklis optimālā cūku pīrās veidā, uzdevi	Kaitēklis lietojamā cūku pīrās veidā, uzdevi	Kaitēklis bioloģiskā parazītiskā	Parazītu optimālā cūku pīrās veidā, uzdevi	Kaitēklis lietojamā cūku pīrās veidā, uzdevi (parazīti)	Kaitēklis specifiskā patogēnā	Parazītu optimālā cūku pīrās veidā, uzdevi, °C
1	Alnus incana	4	12	Peromyza septentrionalis	15	?	Bacillus thuringiensis	40
2	Apulcia albi	4	14	Peromyza septentrionalis	15	?	Bacillus thuringiensis	40
3	Fennia albina	15	9	Acanthosia sp.	25	5	?	?
4	Epilachna variegata	7	18	Acanthosia sp.	25	6	Microgaster sp.	35
5	Lasionea alba	15	15	Peromyza septentrionalis	15	8	Eimeria sp.	30
6	Cameraria straminea	3	14	Gelis agilis	1	7	Bacillus thuringiensis	40
7	Ipse typographus	2	10	Dendroctonus sp.	0.5	6	Gregarina sp.	25
8	Ipse minor	3	10	Dendroctonus sp.	0.5	6	Gregarina sp.	25
9	Hylastes abietis	7	8	Buccus bifidus	0.5	5	Heterorhabditis drosophila	18
10	Abdera piceae	25	15	Sitona caraganae	0.5	?	Bacillus thuringiensis	40
11	Fenacanthus piceae	2	9	?	?	?	Bacillus thuringiensis	45
12	Andrena agraria	7	15	Diprionidae sp.	15	7	?	?
13	Silphium lacustris	3	14	Acanthosia sp.	25	5	Bacillus thuringiensis	40
14	Pissodes abietis	7	15	Euclyptus abietis	1	8	Bacillus thuringiensis salicyl-nodulans	38
15	Coccinella septempunctata	4	12	?	?	?	Bacillus thuringiensis	40
16	Pimpla maculipes	7	15	Bracon areolaris	2.5	9	?	?
17	Scolytus ratzeburgi	25	10	Heterobius latreillei	1	7	Gregarina sp.	25
18	Scolytus multistriatus	25	10	Scolytus laevis	1.5	8	?	?
19	Espeletia dryophila	3	15	Peromyza septentrionalis	15	7	Bacillus thuringiensis	40
20	Abies balsamea	4	15	Tetramesa abietis	0.5	6	?	?
21	Hyloterpes abietis	25	12	Neopachyschelus abietis	1	?	Bacillus thuringiensis salicyl-nodulans	38
22	Cryobius jacei	2	14	?	?	?	Bacillus sp.	35
23	Andrena rosae	25	15	Pimpla ruficornis	2	8	Bacillus thuringiensis	45
24	Lepidoptera piceana	5	16	Tachineta cincta	3	6	Bacillus thuringiensis	40
25	Melanoma piceae	25	11	Sitona caraganae	0.5	4	Microgaster sp.	35
26	Pissodes abietis	3	12	?	?	?	Bacillus thuringiensis	40
27	Diprion pini	15	14	Diprion areolaris	1.5	6	Bacillus thuringiensis	45
28	Hyloterpes abietis	2	15	Euclyptus abietis	2.5	7	Bacillus thuringiensis	45
29	Syrphoctonus bicinctus	6	7	Euclyptus abietis	2	5	Microgaster sp.	35
30	Pissodes abietis	45	9	Heterobius latreillei	1	6	Bacillus thuringiensis	45
31	Melanoma piceae	5	17	Diprion pini	1.5	8	Bacillus thuringiensis salicyl-nodulans	38
32	Dendroctonus piceae	45	10	Melanoma piceae	0.5	8	Cardiophorus sp.	25
33	Lepidoptera piceana	15	15	?	?	?	Bacillus thuringiensis salicyl-nodulans	38
34	Andrena rosae	45	11	Acanthosia sp.	0.5	4	Bacillus thuringiensis salicyl-nodulans	38
35	Pimpla ruficornis	25	10	Dendroctonus piceae	2.5	3	Gregarina sp.	25
36	Lasionea alba	4	15	Peromyza septentrionalis	1.5	8	Bacillus thuringiensis	40
37	Neopachyschelus piceae	75	15	Dendroctonus piceae	0.2	16	Bacillus thuringiensis salicyl-nodulans	38
38	Melanoma piceae	65	16	Dendroctonus piceae	2.5	?	Bacillus thuringiensis salicyl-nodulans	38
39	Melanoma piceae	75	16	Dendroctonus piceae	2.5	?	Bacillus thuringiensis salicyl-nodulans	38
40	Braconichneumon abietis	0.5	?	?	?	?	?	?
41	Andrena rosae	7	14	Scolytus laevis	1.5	8	Bacillus sp.	35
42	Diprion pini	3	6	Euclyptus abietis	2.5	4	Faeniscus incertae sedis	22
43	Phaenocarpa piceana	5	15	?	?	?	Bacillus thuringiensis	40
44	Heterobius latreillei	6	9	Tachineta cincta	0.5	3	Bacillus thuringiensis	30

### Atsauces uz avotiēm pēc kārtas numura:

1 – Apple, Joern; Dowden 1939; Fitzgerald 2007. 2 – Andresen 2004; Frouz et al. 2003; Hanski 1977; Liberal et al. 2011. 3 – McManus, Liebhold 2002; Mechi 1999. 4 – Branson 2008; Compton 2000. 5 – Anonymous 2008a; Flanders, Bay 1964; Gomez et al. 2008; Dunphy, Chadwick 1984. 6 – Anonymous 2008b; Anonymous 2001; Harman 1972; Olofsson 1994;. 7 – Wallner 1987; Smith et al. 2007; Moraal 2010. 8 – Kenis et al. 2004; Anonymous 2012;. 9 – Anonymous 2008c; Li et al. 2007. 10 – Miles et al. 2010; Flanders, Bay 1964; Edwards et al. 2002. 11 – Galardo et al. 2009; Flanders, Bay 1964. 12 – Hudson et al. 2012; Anonymous 2011. 13 - Flanders, Bay 1964; Anonymous 2008c. 14 - Flanders, Bay 1964; Morgan 1986. 15 - Flanders, Bay 1964; Tanwar et al. 2010. 16 - Morgan 1986; Compton 2000. 17 - Anonymous 2001; Anonymous 2012; Smith et al. 2007. 18 – Dowden 1939; Yang et al. 2010; Anonymous 2012. 19 – Adair 2005; Anonymous 2008a; Frouz et al. 2003. 20 – Shaw, Huddleston 1991; Anonymous 2008a. 21 - Morgan 1986; Flanders, Bay 1964; Andersen 2004. 22 - Flanders, Bay 1964; Branson 2008; Wallner 1987. 23 - Flanders, Bay 1964; Edwards et al. 2002; Anonymous 2008b. 24 - Flanders, Bay 1964; Rappaport, Page 1985. 25 – Morgan 1986; Dowden 1939; Jouvenaz, Lofgren 1984. 26 - McManus, Liebhold 2002; Flanders, Bay 1964; Anonymous 2001. 27 - Anonymous 2001; Hudson et al. 2012; Mechi 1999. 28 - Anonymous 2001; Flanders, Bay 1964. 29 – Jouvenaz, Lofgren 1984; Compton 2000. 30 - Flanders, Bay 1964; Shaw, Huddleston 1991. 31 – Walker 1944; Anonymous 2001; Flanders, Bay 1964. 32 – Frouz et al. 2003; O'Hara 2006. 33 – Anonymous 2008a; - Flanders, Bay 1964. 34 - - Flanders, Bay 1964; Rapaport, Page 1985. 35 – Smith et al. 2007; McManus, Liebhold 2002; Shaw, Huddleston 1991. 36 - Anonymous 2008a; Flanders, Bay 1964; Gomez et al. 2008; Dunphy, Chadwick 1984. 37 – Anonymous 2011; Shaw, Huddleston 1991; Anonymous 2012. 38 – Yang 2005; McManus, Liebhold 2002; Flanders, Bay 1964; Anonymous 2008c. 39 - Yang 2005; McManus, Liebhold 2002; Flanders, Bay 1964; Anonymous 2008c; Mechi 1999. 40 – Anonymous 2008a. 41 - Branson 2008; Anonymous 2012; Yang et al. 2010. 42 – Hung et al. 2009; Gibbs et al. 2011; Khoa et al. 2004; Liams et al. 2008. 43 - Gomez et al. 2008; Dunphy, Chadwick 1984. 44 – Thomson et al. 2001; McManus, Liebhold 2002.

## Meža kaitēkļu un to parazītoīdu bioloģiskie parametri, III

Nr. p. k.	Kaitēklis, suga	Kritiskais sausuma perioda ilgums (kaitēkļiem), dienas	Kritiskā salciētība (kaitēkļiem), °C	Kaitēja būtiskākais parazītoīds	Kritiskais sausuma perioda ilgums (parazītoīdiem), dienas	Kritiskā salciētība (parazītoīdiem), °C
1	<i>Ailica ambiens</i>	12	25	<i>Parasyrphus nigriventris</i>	6	24
2	<i>Agelastica alni</i>	15	30	<i>Parasyrphus nigriventris</i>	6	24
3	<i>Femusa dohrnii</i>	8	30	<i>Ichneumon spp.</i>	8	20
4	<i>Xiphidria camelus</i>	42	32	<i>Aulacus striatus</i>	5	17
5	<i>Lymantria dispar</i>	11	40	<i>Parasetigena silvestris</i>	7	22
6	<i>Cameraria orbidae</i>	7	18	<i>Gelis agilis</i>	3	15
7	<i>Ips typographus</i>	38	45	<i>Dendrosoter spp.</i>	8	20
8	<i>Ips minor</i>	38	40	<i>Dendrosoter spp.</i>	8	20
9	<i>Hyllobius abietis</i>	17	43	<i>Bracon hyllobii</i>	3	20
10	<i>Bupalus piniarius</i>	9	25	<i>Steinernema carpocapsae</i>	12	15
11	<i>Foncolombea fraxini</i>	6	18	?	?	?
12	<i>Neodiprion sertifer</i>	8	45	<i>Diprionidae diprioni</i>	5	32
13	<i>Stilpnia salicis</i>	10	15	<i>Ichneumon spp.</i>	8	20
14	<i>Pissodes notatus</i>	12	24	<i>Eubacuz semirugosus</i>	6	25
15	<i>Cossus cossus</i>	9	38	?	?	30
16	<i>Phymatodes testaceus</i>	21	27	<i>Helcon tardator</i>	9	15
17	<i>Scolytus ratzeburgi</i>	38	36	<i>Rhaphites ludenbergi</i>	4	28
18	<i>Scolytus multistriatus</i>	35	32	<i>Spathius benefactor</i>	5	17
19	<i>Euproctis chrysorrhoea</i>	6	20	<i>Parasetigena silvestris</i>	6	22
20	<i>Aradus cinnamomeus</i>	15	35	<i>Telenomus aradi</i>	3	32
21	<i>Xyleborus dispar</i>	30	44	<i>Neoparasitylenchus amyloceus</i>	4	26
22	<i>Cryphalus picose</i>	35	37	?	?	?
23	<i>Archips crataegana</i>	5	17	<i>Phytomyptera nivaliventris</i>	5	23
24	<i>Laspeyresia pactolana</i>	7	24	<i>Trichomma enecator</i>	7	20
25	<i>Melasma populi</i>	16	26	<i>Schizonomus sieboldi</i>	2	24
26	<i>Phalera bucephala</i>	11	28	?	?	?
27	<i>Diprion pini</i>	15	37	<i>Drino inconspicua</i>	6	30
28	<i>Rhyacionia buoliana</i>	8	25	<i>Eseristes comstockii</i>	8	13
29	<i>Saperda carcharias</i>	25	26	<i>Euderus caudatus</i>	2	24
30	<i>Panolis flammea</i>	9	23	<i>Richtieunemum pachymerus</i>	6	20
31	<i>Melolontha melolontha</i>	48	35	<i>Desia rustica</i>	6	28
32	<i>Dendrolimus pini</i>	10	40	<i>Muscina pabulorum</i>	7	29
33	<i>Lytta vesticatoria</i>	14	17	?	?	?
34	<i>Anthaxia quadripunctata</i>	19	35	<i>Atanocobus spp.</i>	9	20
35	<i>Phytogenes chalcographus</i>	40	39	<i>Dinotiscus apertus</i>	4	30
36	<i>Lymantria monacha</i>	11	36	<i>Parasetigena silvestris</i>	6	22
37	<i>Anoplophora glabripennis</i>	30	38	<i>Dassaracus helophoroides</i>	4	28
38	<i>Monochamus alternatus</i>	35	41	<i>Deladenus spp</i>	5	29
39	<i>Monochamus carolinensis</i>	35	41	<i>Deladenus spp</i>	5	29
40	<i>Bursaphelenax xylophilus</i>	?	?	?	?	?
41	<i>Agrilus platipennis</i>	25	39	<i>Spathius agrili</i>	5	22
42	<i>Dryocossus kuriphilus</i>	6	15	<i>Torymus sinensis</i>	3	13
43	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	9	23	?	?	?
44	<i>Dendrolimus superans sibiricus</i>	14	38	<i>Trichogramma dendrolimi</i>	2	19

### Atsauces uz avotiēm pēc kārtas numura:

1 – Gretchen 2005, Klok et al. 2003; 2- Gretchen 2005, Klok et al. 2003; 3 – Allen et al. 2010, Li, Osakovski 2008; 4 - Pakarinen 2011, Andreadis et al. 2013; Van Nouhuys, Lei 2004; 5 – Denlinger et al. 2005; 6 – Langer, Hance 2000; 7 – Truchan, Butcher 1970, Jones et al. 2004, Lombardero et al. 2000, Christiansen, Bakke 1997; 8 - Jones et al. 2004, Lombardero et al. 2000, Haeussler, Coates 1986; 9 – Carillo et al. 2005, Klok, Chown 2003, Luik, Voolma 1989; 10 – Ali, Wharton 2013, Papadopoulos et al. 2001, Rivers et al. 2000, Mattson, Haack 1987; 11 - Mattson, Haack 1987; 12 – Austara 1971; 13 – Gregg 1993, Meshkova 2009; 14 – Blunck 1950, Hulme et al. 1986, Schulthess et al. 2001, Luik, Voolma 1989; 15 – Leather et al. 1995, Bale, Hayward 2010; 16 - Leather et al. 1995, Bale, Hayward, 2010; Tauber et al. 1986; 17 - Jones et al. 2004, Lombardero et al. 2000; 18 - Lombardero et al. 2000, Luik 1986; 19 – Grinnan et al. 2013, Sformo 2009; 20 – Heliövaara, Vaisanen 1987, Roualt et al 2006; 21 – Humble 2006; 22 - Lombardero et al. 2000, Jovanovic et al. 2006; 23 – Tauber et al. 1986, Humble 2006; 24 – Morewood, Lange 1997; Giuggiola et al. 2010; 25 - La Spina et al. 2010; 26 - Tauber et al. 1986, Roualt et al 2006; 27 – Rundle, Hoffman 2003, Langer, Hance 2000; 28 - Humble 2006, Tauber et al. 1986, Green 1962; 29 - Humble 2006, Tauber et al. 1986; 30 - Green 1962, Leather et al. 1995; 31 – Wiesmann, Gasser 1950, Jovanovic et al. 2006; 32 – Han et al. 2008, Singh, Choudhary 2003; 33 – Singh, Choudhary 2003; Jovanovic et al. 2006; 34 – Sformo 2009, Tauber et al. 1986; 35 - Leather et al. 1995; 36 - Denlinger et al. 2005, Tauber et al. 1986; 37 - Jianrong 2005, Tauber et al. 1986, Grinnan et al 2013; 38 – Ma et al 2006, Tauber et al. 1986, Grinnan et al 2013; 39 - Ma et al 2006, Tauber et al. 1986, Grinnan et al 2013; 41 – Coleman, Seybold 2011, Venette, Abrahamson 2011; 42 – Nazemi et al. 2008, Grinnan et al 2013; 43 – Hoch et al. 2009, Grinnan et al 2013, Leather et al. 1995; 44 – Han et al. 2008, Grinnan et al 2013, Leather et al. 1995, Rundle, Hoffman 2003.

## **VI Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi un bioloģisko daudzveidību izpēte.**

### **Kopsavilkums**

Pētījuma virziena “Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi un bioloģisko daudzveidību izpēte” trešajā etapā darbi tika īstenoti sešās aktivitātēs: aizsargjoslu efektivitātes novērtējums un barības vielu aprīte pēc kailcirtes, mežsaimniecisko darbību ietekme uz augsnes struktūru un kvalitāti, ekoloģisko koku saglabāšanas ietekmes uz vidi vērtējums, erozijas risku izvērtēšana, meža meliorācijas sistēmu novadgrāvju sedimentācijas dīķu efekta ietekmes novērtējums ūdens kvalitātes kontekstā un preventīvo pasākumu – filtrācijas platību pirms meliorācijas sistēmas ievadīšanas ūdenstecē efekta novērtējums ūdens kvalitātes kontekstā.

Aizsargjoslu efektivitātes un barības vielu aprītes novērtējuma aktivitātē objektos, kur 2013.gada sākumā veikta kailcirte, no maija līdz oktobrim (ieskaitot) tika ievākti un analizēti augsnes ūdens, nokrišņu, gruntsūdens un nobiru paraugi, 2013.gada dati salīdzināti ar 2012.gada datiem pirms saimnieciskās darbības veikšanas.

Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz augsnes struktūru un kvalitāti novērtējuma aktivitātē 59 meža nogabalos veikts augsnes sablīvējuma un kokaudzes dabiskās atjaunošanās rādītāju novērtējums uz tehnoloģiskajiem koridoriem un pārējā mežaudzes daļā pēc galvenās cirtes.

Ekoloģisko koku saglabāšanas ietekmes uz vidi vērtējuma aktivitātē analizēta ekoloģisko koku saglabāšanās un atmiršanas dinamika, ekoloģisko koku ietekme uz mežaudzes atjaunošanos, veikts ekoloģisko koku epifītiskās veģetācijas salīdzinošs novērtējums objektos, kur pirmā uzskaitē tikusi veikta 1999.gadā, kā arī analizēta ekoloģisko koku ietekme uz kukaiņu daudzveidību.

Erozijas risku izvērtēšanas aktivitātē veikta erozijas risku modelēšana ar datorprogrammu WEPP, identificētas un dabā apsektas teritorijas ar maksimālu erozijas risku, precizēta erozijas novērtēšanas metodika.

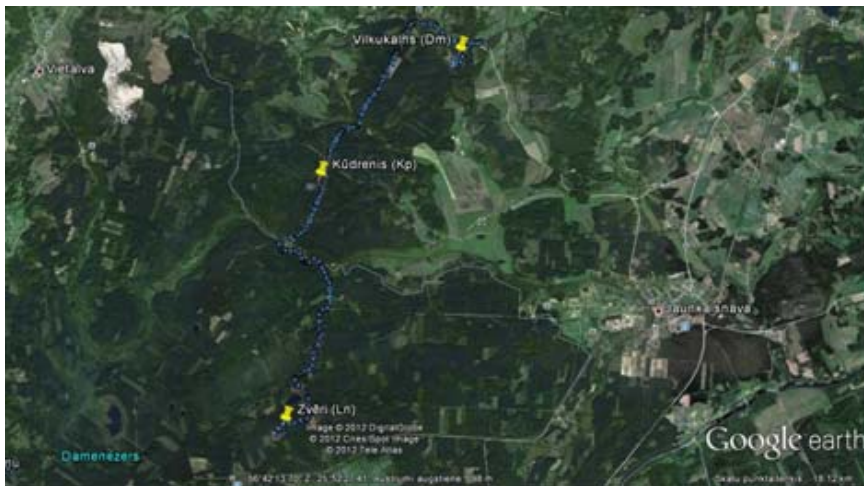
Sedimentācijas dīķu efekta novērtēšanas aktivitātē trijos 2012.gadā ierīkotos pētījuma objektos uz renovētām meža meliorācijas sistēmām no maija līdz oktobrim ieskaitot ņemti ūdens paraugi, veikti ūdens profila mērījumi maģistrālajā grāvī un turpināts meliorācijas sistēmu renovācijas ietekmes uz ūdens kvalitāti izvērtējums.

Filtrācijas platību pirms meliorācijas sistēmas ievadīšanas ūdenstecē efekta novērtējuma aktivitātē izvēlēts un ar gruntsūdens akām aprīkots pētījuma objekts Madonas novadā. Pirms meliorācijas sistēmas renovācijas no gruntsūdens akām ievākti ūdens paraugi fona datiem.

### **Aizsargjoslu efektivitātes novērtējums un vielu aprīte pēc kailcirtes**

#### **1.1. Objekti**

Pētījums tiek īstenots trijos 2011. gadā ierīkotos objektos Zinātniskās izpētes mežu Kalsnavas meža novadā dažādas auglības meža tipos: lānā (180.kv., 8., 12.nog.), objekts Zvēri; damaksnī (15.kvartāls, 1.nog.), objekts Vilkukalns; un platlapju kūdrenī (96.kvartāls, 10., 11.nog.), objekts Kūdrenis (Attēls 0.1 un Tabula 0.1). Objekts lānā pārstāv oligomezotrofas augsnes, objekts damaksnī – mezotrofas un objekts platlapju kūdrenī – eitrofas augsnes. Objekti lānā un damaksnī ir ar izteiktu zemes virsmas slīpumu, bet objekts platlapju kūdrenī – ar nelielu zemes virsmas slīpumu. Damaksnī un platlapju kūdrenī ierīkotajos objektos nogāzes lejasdaļā atrodas ūdensteces – attiecīgi, strauts un grāvis.



Attēls 0.1. Pētījuma objektu ģeogrāfiskā atrašanās vieta

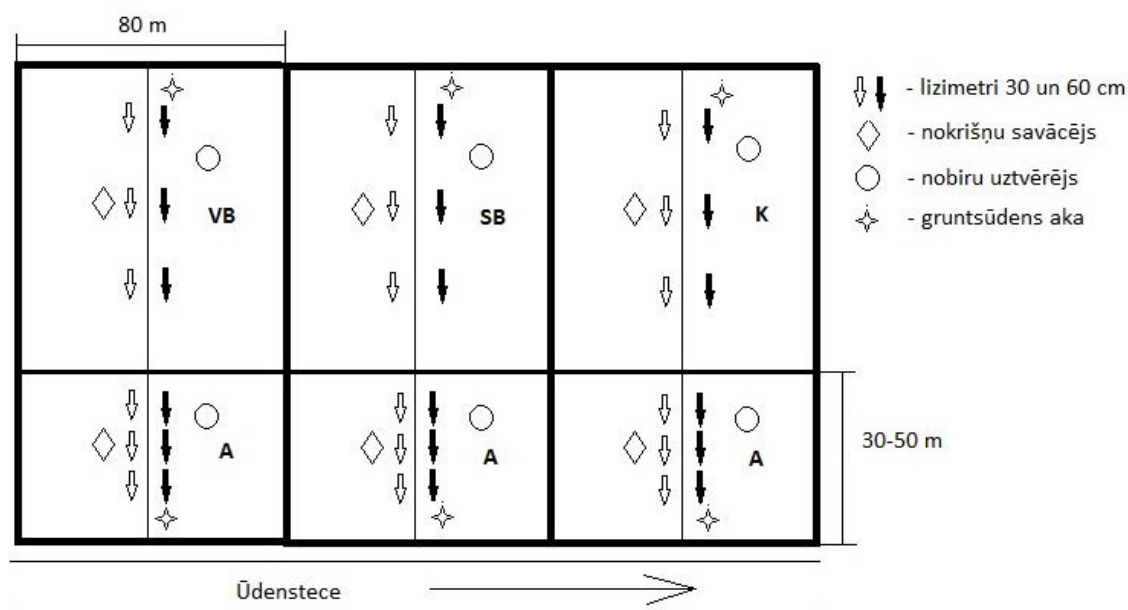
Tabula 0.1

Pētījuma objektu raksturojums

Objekts	Meža tips	Bonitāte	Valdošā suga	Valdošās sugas D, cm	Valdošās sugas H, m	Sastāva formula	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
Vilkukalns	Dm	I	Priede	33,8	30,9	10P115	35,3	541,3
Kūdrenis	Kp	II	Egļe	31,4	24,5	5E5B93	17,4	315,0
Zvēri	Ln	II	Priede	31,1	25,5	10P81	21,2	270,9

Katrā pētījumu objektā paralēli nogāzes slīpumam nospraustas 3 vienāda platuma slejas (80 m), no kurām vienā 2012./2013.gada ziemā veikta kailcirte, izvēcot arī ciršanas atliekas (turpmāk tekstā parauglaukums VB), otrā izvēkti tikai stumbri (turpmāk tekstā parauglaukums SB), trešā josla ir kontroles platība (turpmāk tekstā variants K). Visos objektos lejasdaļā atstāta 30-50 m plata aizsargjosla, kur ciršana netika veikta (Attēls 0.2).





Attēls 0.2. Pētījumu objekta vispārīga shēma (A - aizsargjosla; VB - kailcirte ar visas biomasas izvākšanu; SB - kailcirte ar stumbra biomasas izvākšanu; K - kontrole)

Infiltrējošā ūdens kvantitātes un kvalitātes mērījumiem katrā slejā nogāzes garumā ierīkoti spiediena lizimetri augšnes ūdens paraugu ievākšanai pēc sekojoša principa: seši vienmērīgi izvietoti lizimetri tajā slejas daļā, kur veikta ciršana, seši vienmērīgi izvietoti lizimetri aizsargjoslā. Lizimetru dziļums – 30 cm un 60 cm. Atšķirīga dziļuma lizimetri izvietoti pa divi kopā, to atrašanās vieta marķēta ar metāla stieni. Lizimetrs sastāv no poraina, keramiska materiāla uzgaļa, cilindriska rezervuāra parauga uzkrāšanai un gumijas korķa ar caurulīti vakuuma radīšanai un parauga izsūkņēšanai.

Katrā slejā uzstādīti divi nokrišņu savācēji ar uztverošo laukumu  $500 \text{ cm}^2$  (pa vienam nogāzes augšdaļā un apakšdaļā). Katrā objektā ir uzstādīti seši nobiru uztvērēji ar fiksētu uztverošo virsmu ( $0.25 \text{ m}^2$  katrs). Visos trijos objektos nogāzes augšdaļā un lejasdaļā atrodas arī gruntsūdens novērošanas akas, kas ierīkotas 2006.gadā (Indriksons, 2006). Objektā Vilkukalns gruntsūdens aku novietojums atbilst vispārīgajai shēmai, tomēr kontroles joslas augšdaļā ierīkotā aka ir pārāk sekla, un no tās nav iespējams iegūt gruntsūdens paraugus. Nogabala un cirsmu konfigurācijas dēļ objektā Kūdrēnis neviena no gruntsūdens akām neatrodas izcirtumā, bet gan mežā nogāzes augšdaļā. Objektā Zvēri ir piecas gruntsūdens akas, akas trūkst vidējās slejas augšdaļā, izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasas.

## 1.2. Metodika

### 1.2.1. Ūdens

Paraugu ievākšana, uzglabāšana un analīzes veiktas saskaņā ar starptautiski pieņemtu metodiku (ICP Forests Manual 2010). Ūdens paraugu ņemšana 2013.gadā tika uzsākta maijā un veikta reizi divās nedēļās līdz novembrim, pēdējais paraugs ņemts oktobra beigās. Ūdens paraugi no lizimetriem tika izsūkņēti ar rokas sūkni. Atsūkņējot lizimetrus, tika uzskaitīts katra lizimetra ūdens tilpums, tā iegūstot kalendārā mēneša faktiskos augšnes ūdens tilpumus attiecīgajos augšnes slāņos. Dažkārt meteoroloģisku apstākļu dēļ paraugu daudzums kādā no slāņiem ķīmisko analīžu veikšanai nebija pietiekams, tāpēc tika apvienoti vairāku mēnešu paraugi. Ievāktie paraugi aukstuma kastē transportēti uz LVMI „Silava” Meža vides laboratoriju, paraugi netika uzglabāti ilgāk par 2 mēnešiem. Paraugu konservēšanai izmantots atdzesēšanas paņēmiens no  $1^\circ\text{C}$  līdz  $5^\circ\text{C}$  atbilstoši LVS EN ISO 5667-3:2004 standartam. Nokrišņu ūdens paraugi no nokrišņu savācējiem tika ievākti reizē ar augšnes ūdens paraugu ņemšanu no lizimetriem. Katrā nokrišņu savācējā tika izmērīts nokrišņu ūdens tilpums (mL) un 1000 mL ūdens nogādāti LVMI Silava Meža vides laboratorijā analīzēm. Pēc paraugu nogādāšanas laboratorijā, izveidots katra

objekta mēneša vidējais paraugs proporcionāli nokrišņu daudzumam. Gruntsūdeņu paraugi tika ievākti ar īpaši šim nolūkam konstruētu nerūsējošā tērauda smeļamo trauku, katrā reizē paņemot 750-1000 mL ūdens no katras akas. Visi ūdens paraugi tika iepildīti plastmasas pudelēs un aukstumkastēs transportēti uz laboratoriju.

Ūdens paraugos noteikti šādi ķīmiskie parametri:  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N_{kop}$ ,  $P-PO_4^{3-}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  saturs, pH. Analīzes veiktas, savācot 320 mL parauga; gadījumā, ja sasniegts parauga maksimālais uzglabāšanas laiks – 2 mēneši, analīzes veic prioritārā secībā neatkarīgi no tā, vai savāki 320 mL.

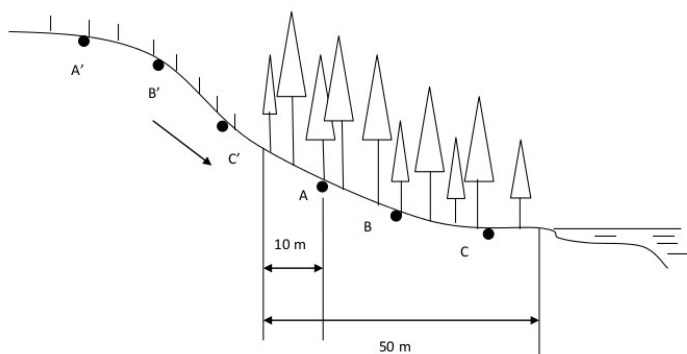
Ūdens paraugu pH noteikts atbilstoši LVS ISO 10523 standartam, elektrovadītspēja noteikta, izmantojot konduktometru, atbilstoši LVS EN 27888:1993 standartam. Kalcija ( $Ca^{2+}$ ) un magnija ( $Mg^{2+}$ ) saturs noteikts, izmantojot liesmas atomu absorbcijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS EN ISO 7980 standartam. Kālija ( $K^+$ ) saturs noteikts, izmantojot liesmas emisijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS ISO 9964-3:2000 standartam. Amonija jonu ( $N-NH_4^+$ ) saturs ūdens paraugos noteikts atbilstoši LVS ISO 7150/1:1984 standartam, izmantojot spektrofotometrisko metodi. Nitrātu jonu ( $N-NO_3^-$ ) saturs noteikts, izmantojot Machenery Nagel PF11 fotometru un nitrātu noteikšanas testa komplektu Visocolor ECO 5-41. Fosfātjonu ( $P-PO_4^{3-}$ ) saturs noteikts atbilstoši LVS EN ISO 6878 standartam, izmantojot amonija molibdāta spektrofotometrisko metodi. Kopējais slāpekļa ( $N_{kop}$ ) saturs noteikts atbilstoši LVS EN 12260 standartam, metodes pamatā ir saistītā slāpekļa oksidēšana līdz slāpekļa oksīdiem un infrasarkanā detektēšana.

Augsnes ūdens paraugos salīdzinātas barības vielu koncentrāciju vidējās vērtības 2012. un 2013. gada novērojumu periodā, kā arī koncentrāciju izmaiņas 2013. gada novērojumu perioda laikā sešos paraugos:

1. paraugs - maija beigās;
2. paraugs - jūnija beigās;
3. paraugs - jūlija beigās;
4. paraugs - augusta beigās;
5. paraugs - septembra beigās;
6. paraugs - oktobra beigās.

Salīdzinātas arī biogēno elementu koncentrāciju atšķirības 2012. un 2013. gadā pēdējā oktobra beigās ņemtajās augsnes ūdens paraugā (6. paraugā). Analizētas biogēno elementu koncentrāciju atšķirības tajās gruntsūdens akās, kur aku izvietojuma dēļ ir lietderīgi to darīt, respektīvi, atšķirības starp izcirtumu ar visas biomasas izvākšanu un izcirtumu ar stumbra biomasas izvākšanu objektā Vilkukalns un izcirtumu ar visas biomasas izvākšanu un kontroles platību objektā damaksnis.

Aizsargjoslas efektivitāte analizēta, salīdzinot biogēno elementu koncentrāciju atšķirības izcirtumā un dažādos attālumos no izcirtuma malas, ņemot vērā references perioda datus. Pirmais lizimetru pāris (A) katrā objektā atrodas 10 m no izcirtuma malas (Attēls 0.3), tātad no informācijas, ko iegūst par vielu koncentrācijas atšķirībām starp šo un nākamo punktu aizsargjoslā, iespējams izdarīt secinājumus par 10 m platas aizsargjoslas efektivitāti. Lai secinājumi būtu pamatoti, salīdzinājums veikts ne vien saimnieciskās darbības ietekmētajā objekta daļā, bet arī kontroles platībā.



Attēls 0.3. Lizimetru izvietojums aizsargjoslā

Datu atbilstība normālajam sadalījumam pārbaudīta ar Kolmogorova-Smirnova testu, atšķirību būtiskums starp gradācijas klasēm pārbaudīts ar Manna-Vitneja testu. Datu statistiskā analīze veikta datorprogrammā IBM SPSS Statistics 20.

### 1.2.2. Nobiras

Nobiru paraugu ievākšanai katrā pētījuma objektā uzstādīti seši nobiru uztvērēji ar uzverošo virsmu  $0.25 \text{ m}^2$  katrs. Nobiru paraugi no nobiru uztvērējiem ņemti reizi mēnesī, transportēti uz laboratoriju, nosvērti, žāvēti, šķiroti sekojošās frakcijās: 1) zari, mizas, 2) valdošās koku sugas skuju vai lapas, 3) citu koku sugu skuju vai lapas, 4) augļi, 5) citas nobiras. Nobiru paraugos pa frakcijām noteikti sekojoši ķīmiskie parametri: kopējais N, kopējais P, kopējais K, kopējais Ca, kopējais Mg.

Kopējais N noteikts izmantojot Kjeldāla metodi, atbilstoši LVS ISO 11261 standartam. Paraugu sagatavošana K, Ca, Mg un kopējā P noteikšanai notiek atbilstoši standartam ISO 11466. Kalcija ( $\text{Ca}^{2+}$ ) un magnija ( $\text{Mg}^{2+}$ ) saturs noteikts, izmantojot liesmas atomu absorbcijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS EN ISO 7980 standartam. Kālija ( $\text{K}^+$ ) saturs noteikts, izmantojot liesmas emisijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS ISO 9964-3:2000 standartam., savukārt kopējā fosfora ( $\text{P}_{\text{kop.}}$ ) saturs noteikts atbilstoši LVS EN ISO 6878 standartam, izmantojot amonija molibdāta spektrofotometrisko metodi.

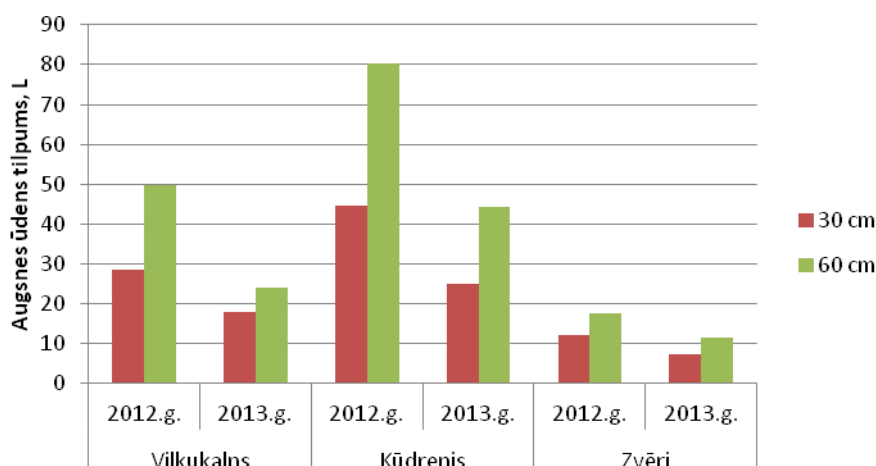
### 1.3. 2013.gada rezultāti

#### 1.3.1. Augsnes ūdens

2013.gadā augsnes ūdens paraugi ņemti no maija līdz oktobra beigām, kopā 12 reizes. Pavisam uz laboratoriju transportēti 1185 augsnes ūdens paraugi. Ķīmiskās analīzes veiktas 449 paraugiem.

Augsnes ūdens ķīmiskais sastāvs ir tieši saistīts ar augsnes fizikāli ķīmisko sastāvu (augšnes ģenētisko horizontu izvietojumu augsnes profilā), kā arī zināmā mērā ar uzsūcošo sakņu lokalizācijas vietu. Atmosfēras nokrišņi, notekot pa augsnes virsmu vai arī iefiltrējoties caur augsnes slāņiem, bagātinās ar izšķīdušajām minerālajām, organiskajām vai arī organominerālajām augsni veidojošām daļiņām, vielām un joniem. Līdz ar to augsnes īpašības būtiski ietekmē gruntsūdeņu un virszemes ūdeņu ķīmisko sastāvu (Nikodemus et al. 2008). Augsnes ūdens ķīmiskā sastāva atšķirības 30 un 60 cm dziļumā ietekmē augsnes ģenētiskais horizonts, kurā ir ievietots lizimetrs un līdz ar to arī augsnes ģenētiskam horizontam raksturīgie augsnes procesi (vielu sadalīšanās, kūdras veidošanās, ūdens uzkrāšanās, trūdvielu akumulēšanās, augu barības vielu uzkrāšanās, izskalošanās vai podzolēšanās, minerālu dēdēšana un citi).

Savstarpēji salīdzinot pētījuma objektus, vislielākā augsnes ūdens pieplūde gan 2012., gan 2013.gadā konstatēta objektā Kūdrenis, bet vismazākā - objektā Zvēri (Attēls 0.4). Visos gadījumos lielāka augsnes ūdens pieplūde konstatēta dziļākajā augsnes slānī. 2012.gadā kopējais no lizimetriem izsūknētā augsnes ūdens daudzums visos objektos bija lielāks nekā 2013.gadā, tas visticamāk saistīts ar ievērojamām nokrišņu daudzuma atšķirībām 2012. un 2013. gadā.



Attēls 0.4. Kopējais augsnes ūdens daudzums lizimetros 2012.un 2013.gadā

References periodā pirms saimnieciskās darbības veikšanas (2012.gadā) abos pētījuma objektos sausieņu mežos konstatēta vidēji cieša līdz cieša lineārā sakarība starp konkrētajā vietā konstatēto nokrišņu daudzumu un augsnes ūdens tilpumu paraugā (

Tabula 0.2).Objektā Kūdrenis korelācija ir ievērojami vājāka, kas vistīcāmāk saistīts ar šī objekta hidroģeoloģiskajām īpatnībām - pazemes spiedes ūdeņu pieplūdi šajā teritorijā. 2013.gadā korelācija starp šiem lielumiem objektos Vilkkalns un Zvēri ir ievērojami vājāka nekā pirms saimnieciskās darbības veikšanas, tomēr korelācijas koeficienta r vērtības ir samazinājušās ne vien izcirtumu platībās, bet arī kontroles platībās, kas liek domāt par vēl citu faktoru ietekmi uz augsnes ūdens apjomu.

Tabula 0.2

Korelācijas koeficients r starp nokrišņu daudzumu (mm) un augsnes ūdens apjomu (mL) 2012. un 2013. gadā dažādās pētījuma objektu vietās (VB - platība, kur 2013.gadā veikta kailcirte ar visas biomasas izvākšanu; SB - platība, kur 2013.gadā veikta kailcirte ar stubra biomasas izvākšanu)

Pētījuma objekts	Korelācija	Augsnes ūdens (30 cm), mL		Augsnes ūdens (60 cm), mL	
		2012.g.	2013.g.	2012.g.	2013.g.
Vilkkalns	Nokrišņi mežā, mL	0,58	-0,14	0,69	0,04
	Nokrišņi VB, mL	0,89	0,47	0,77	0,19
	Nokrišņi SB, mL	0,85	0,35	0,35	0,18
Kūdrenis	Nokrišņi mežā, mL	0,13	-0,33	0,26	-0,45
	Nokrišņi VB, mL	0,30	0,53	0,50	0,06
	Nokrišņi SB, mL	-0,05	0,08	0,20	-0,09
Zvēri	Nokrišņi mežā, mL	0,33	0,17	0,79	-0,30
	Nokrišņi VB, mL	0,61	0,13	0,49	-0,28
	Nokrišņi SB, mL	0,72	0,27	0,72	-0,44

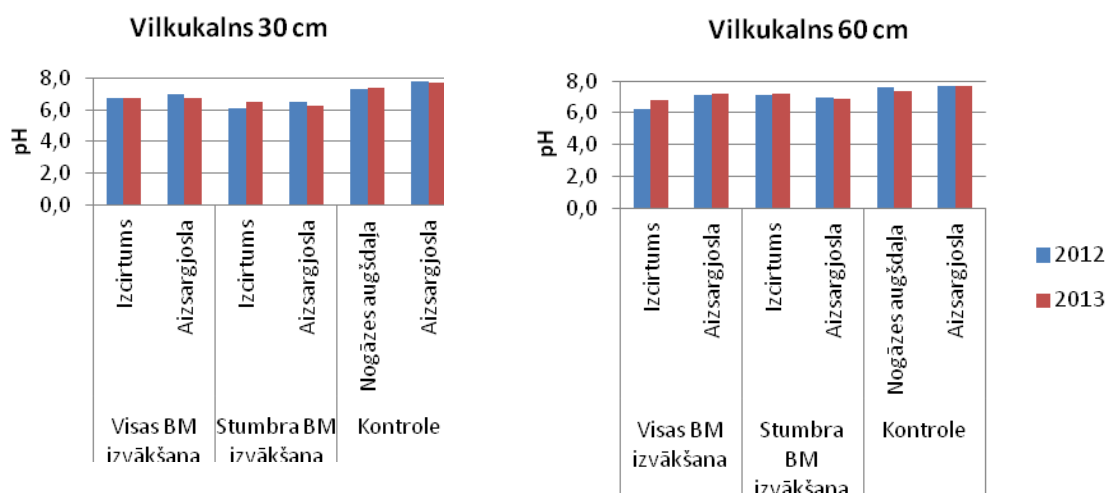
#### 1.3.1.1. Augsnes ūdens pH

Atkarībā no jonu sastāva un koncentrācijas augsnes šķīdumā, vide var būt skāba vai bāziska. Augsnes reakcija ir viena no būtiskākajām īpašībām, kas ietekmē augu augšanu. To raksturo ar pH skaitli, kas ir ūdeņraža jonu negatīvais logaritms ( $pH = -\lg[H^+]$ ). Ja pH vērtība ir lielāka par 7, reakcija ir bāziska, bet, ja mazāka - reakcija ir skāba. Latvijā augšņu pH ir no 3 līdz 7. Intervāls no pH 6 līdz 8 ir vislabvēlīgākais augsnes mikroorganismiem, kas noārda organiskās vielas un atbrīvo slāpekli (Nikodemus et al. 2008). Augsnes ūdens pH, palielinoties dziļumam, pieaug, tas saistīts ar buferizācijas un neitralizācijas procesiem, ko izraisa citu katjonu koncentrācijas palielināšanās. Ūdeņraža jonu koncentrācijas izmaiņas cieši saistītas ar pārējo barības elementu apriti.

2013.gadā objektā Vilkkalns augsnes ūdens pH 30 cm dziļumā svārstījās no 4.7 līdz 8.2 (vidēji 6.9), bet 60 cm dziļumā - 6.0 līdz 8.3 (vidēji 7.2) (Tabula 0.3). Rezultāti ir salīdzināmi ar

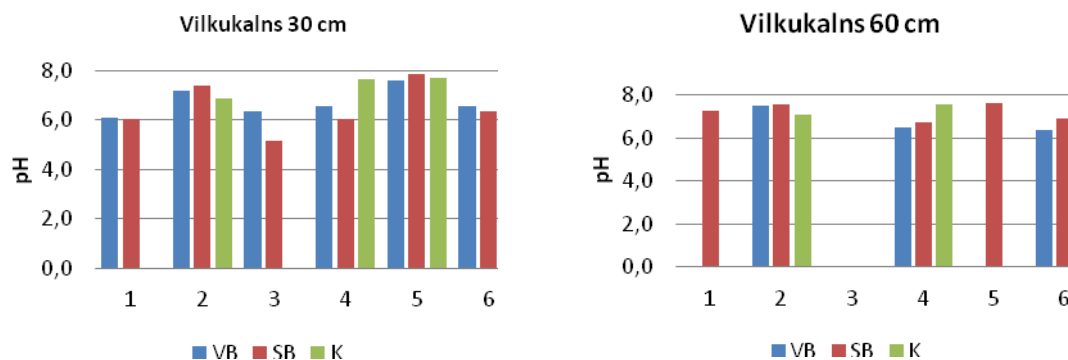
Integrālā monitoringa parauglaukumos konstatētajām augsnes ūdens pH vērtībām. Mūsu pētījuma objektā augsnes ūdens pH vērtības bija ievērojami augstākas nekā Zviedrijā, kur augsnes ūdens pH vērtības priežu audzēs A un B horizontā (16-50 cm dziļumā) svārstījās no 4.3-4.7 (Fröberg et al. 2011).

Salīdzinot 2013.gada rezultātus ar 2012.gada rezultātiem, konstatēts, ka objektā Vilkukalns izcirtumā, kur veikta kailcirte ar visas biomasas izvākšanu, augsnes ūdens pH 30 cm dziļumā saglabājies iepriekšējā gada līmenī, bet 60 cm dziļumā - nedaudz palielinājies. Savukārt izcirtumā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, augsnes ūdens pH vērtība gan 30, gan 60 cm dziļumā ir nedaudz augstāka nekā 2012.gadā (Attēls 0.5). Tomēr augsnes ūdens pH atšķirības pirms un pēc kailcirtes šajā objektā nav būtiskas.



Attēls 0.5. Augsnes ūdens pH vidējās vērtības 2012.un 2013.gadā objektā Vilkukalns

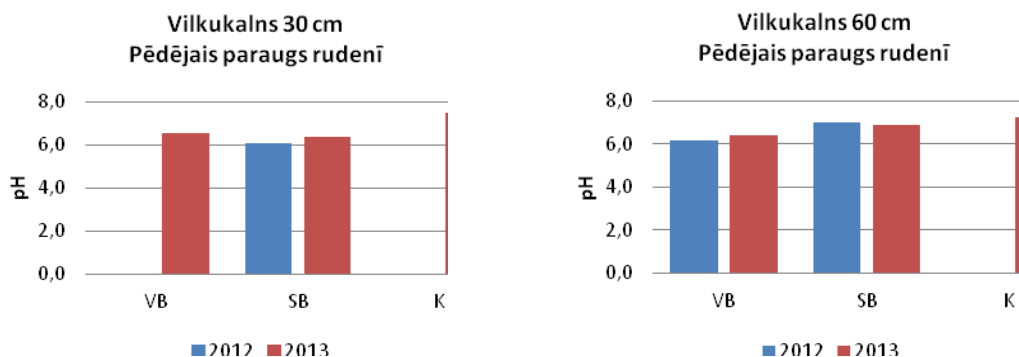
Augsnes un augsnes ūdens pH sezonāli var mainīties par vairākām pH skaitļa desmitdaļām. To ietekmē virkne procesu, tai skaitā periodiskas izmaiņas organiskās vielas mineralizācijas tempos, mikroorganismu aktivitāte, nitrifikācija, neorganisko jonu un organisko skābju koncentrācija, kā arī barības vielu uzņemšana (Binkley and Richter 1987). Šie procesi savukārt saistīti gan ar mežsaimnieciskajām darbībām, kas izmaina barības vielu apriti, gan ar nokrišņu dinamiku, kuras rezultātā notiek atbrīvojušos minerālvielu ieskalošanās augsnē. Augsnes ūdens pH izmaiņas novērojumu periodā parādītas 1.6.attēlā (Attēls 0.6). Šeit un turpmāk uz x ass - parauga numurs (1 - maija beigas; 6 - oktobra beigas). Vismazākās pH svārstības konstatētas kontroles platībā, bet vislielākās - 30 cm dziļumā platībā, kur izvākta stumbru biomasa. Tas vistīcāmāk izskaidrojams ar izcirtumā atstāto ciršanas atlieku pakāpenisku mineralizēšanos un slāpekļa formu atbrīvošanos.



Attēls 0.6. Augsnes ūdens pH izmaiņas novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Vilkukalns (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

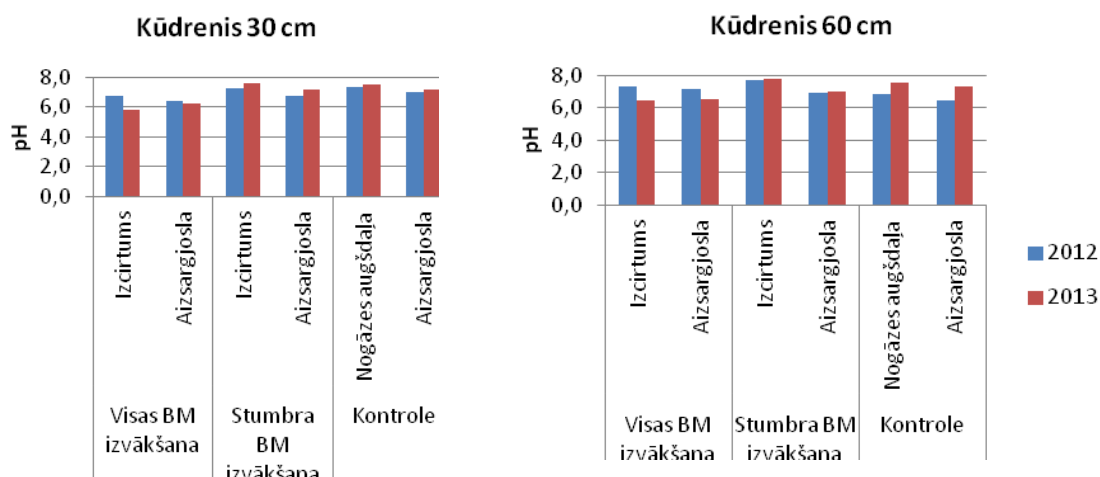
Augsnes ūdens pH vērtības pēdējos rudenī ņemtajos paraugos nedaudz palielinājušās 30 cm dziļumā platībā, kur izvākta stumbru biomasa un 60 cm dziļumā - platībā, kur izvākta visa

biomasa. 60 cm dziļumā platībā, kur izvākta stumbru biomasa, augsnes ūdens pH vērtības 2012.un 2013.gada rudenī bija vienādas (Attēls 0.7). Par augsnes ūdens pH atšķirībām 2012.un 2013.gada rudenī izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, un kontroles platībā abos dziļumos secinājumus nav iespējams izdarīt, jo par 2012.gada rudenī nav datu. Datu trūkums par kāda elementa koncentrāciju konkrētā vietā šeit un turpmāk saistīts ar nepietiekamu augsnes ūdens parauga tilpumu visu analīžu veikšanai.



Attēls 0.7. Augsnes ūdens pH vērtības 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Vilkkalns (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

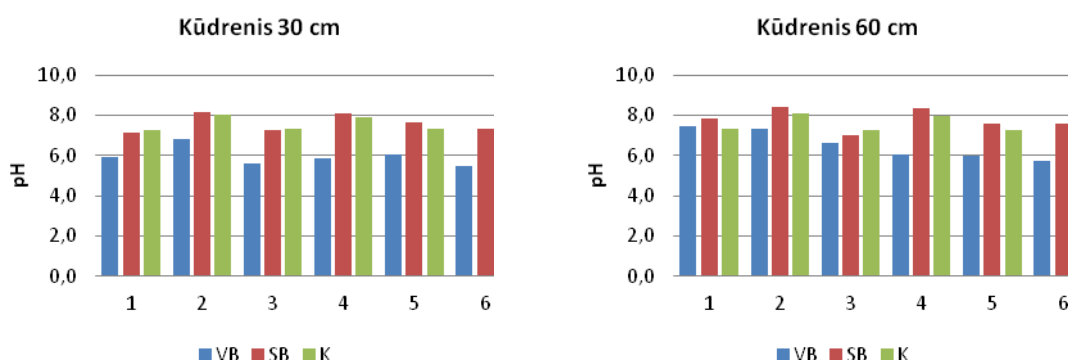
Kūdrēnī augsnes ūdens pH 2013.gadā variēja no 4.4 līdz 8.4 30 cm dziļumā (vidēji 7.0) un no 5.0 līdz 8.5 60 cm dziļumā (vidēji 7.2) (Tabula 0.4). Vidēji mūsu objektā augsnes pH vērtības bija augstākas nekā konstatēts eksperimentā Zviedrijā, kur augsnes ūdens pH vērtība, egļu audzēs 16-50 cm dziļumā svārstījies no 4.4-4.6(Fröberg et al. 2011). Objektā Kūdrēnī augsnes ūdens reakcija izcirtumā pēc kailcirtes ar visas biomasas izvākšanu kļuvusi nedaudz skābāka gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā, savukārt izcirtumā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, augsnes ūdens reakcija abos vērtētajos dziļumos kļuvusi nedaudz bāziskāka, pH vērtības palielināšanās vērojama arī kontroles slejā (Attēls 0.8). Atšķirības gan ir būtiskas tikai izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasa 30 cm dziļumā ( $p = 0.013$ ). Objekts atrodas pazemes spiedes ūdeņu izķīlēšanās rajonā, tādēļ augsnes ūdens ķīmisko sastāvu ietekmē ne vien organiskās vielas pārveidošanās procesi ekosistēmā saimnieciskās darbības rezultātā, bet arī pieplūstošo spiedes ūdeņu ķīmiskais sastāvs.



Attēls 0.8. Augsnes ūdens pH vidējās vērtības 2012.un 2013.gadā objektā Kūdrēnis

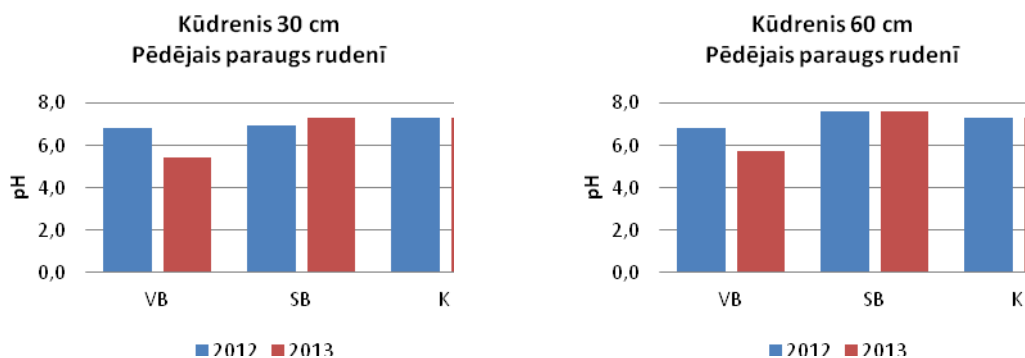
Līdzīgi kā Vilkkalnā, vismazākās augsnes ūdens pH svārstības Kūdrēnī 2013.gada novērojumu periodā konstatētas kontroles platībā (Attēls 0.9). Izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, augsnes ūdens reakcija visā novērojumu periodā bija zemāka nekā izcirtumā, kur izvākta tikai stumbru

biomasa, un kontroles platībā. Augsnes ūdens pH vērtības platībā, kur izvākta stumbru biomasa, abos dziļumos svārstījās aptuveni līdzīgi, un novērojumu perioda laikā nesamazinājās zem 7.



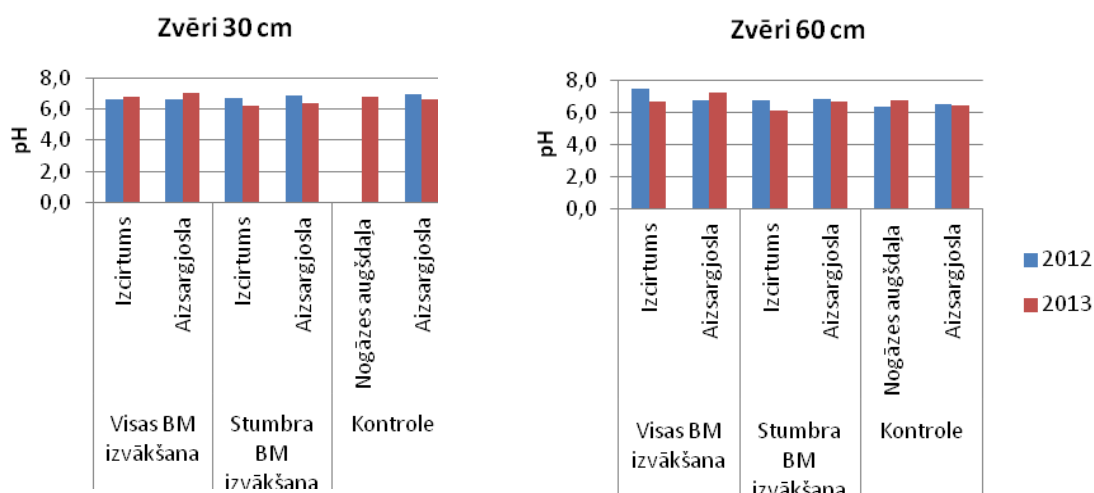
Attēls 0.9. Augsnes ūdens pH izmaiņas novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Kūdrenis (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Kontroles platībā un platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, augsnes ūdens pH vērtību atšķirības 2012.un 2013.gada rudenī bija nelielas, toties izcirtumā, kur 2012./2013.gada ziemā izvākta visa biomasa, augsnes ūdens reakcija gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā 2013.gada rudenī bija skābāka nekā 2012.gada rudenī (Attēls 0.10). Mežsaimnieciskā darbība maina ūdeņraža jonu koncentrāciju augsnes ūdenī, pārsvarā izmainot citu barības vielu aprites ciklus. Literatūrā atrodami dati, ka, izvācot kailcirtes laikā arī ciršanas atliekas, ūdeņraža jonu koncentrācija augsnē var pieaugt pat divkārt, salīdzinot ar parastu kailcirti (Sollins 1980, Binkley and Richter 1987). Viens no iemesliem ir bāzisko katjonu koncentrācijas samazināšanās. Bāzisko katjonu galvenie avoti ir minerālu dēdēšana un organisko vielu mineralizācija, attiecīgi platībā, kur izvākta visa biomasa, ir mazāks organiskās vielas apjoms un līdz ar to samazinās arī bāzisko katjonu koncentrācija.



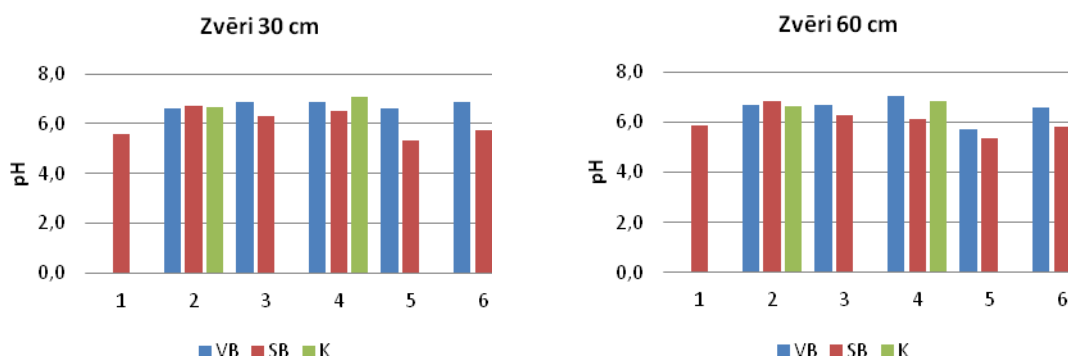
Attēls 0.10. Augsnes ūdens pH vērtības 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Kūdrenis (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Objektā Zvēri augsnes ūdens pH vērtības 30 cm dziļumā svārstījās no 5.3 līdz 7.6 (vidēji 6.6), bet 60 cm dziļumā - no 5.1 līdz 7.8 (vidēji 6.6)(Tabula 0.5). Salīdzinot ar 2012.gadu, augsnes ūdens pH vērtība pēc kailcirtes ar visas biomasas izvākšanu augsnes virsējā slānī bija nedaudz palielinājusies, taču 60 cm dziļumā - samazinājusies, abos gadījumos starpības starp gadiem bija būtiskas (p-vērtības attiecīgi ir 0.033 virsējam augsnes slānim un 0.013 zemākajam augsnes slānim). Platībā, kur veikta kailcirte ar stumbru biomasas izvākšanu, augsnes ūdens pH vērtības abos dziļumos bija samazinājušās (Attēls 0.11). Dziļākajā augsnes slānī samazināšanās bija būtiska (p=0.004). Kontroles platībā savukārt augsnes ūdens pH vērtība 60 cm dziļumā, salīdzinot ar 2012.gadu, bija būtiski palielinājusies (p=0.009).



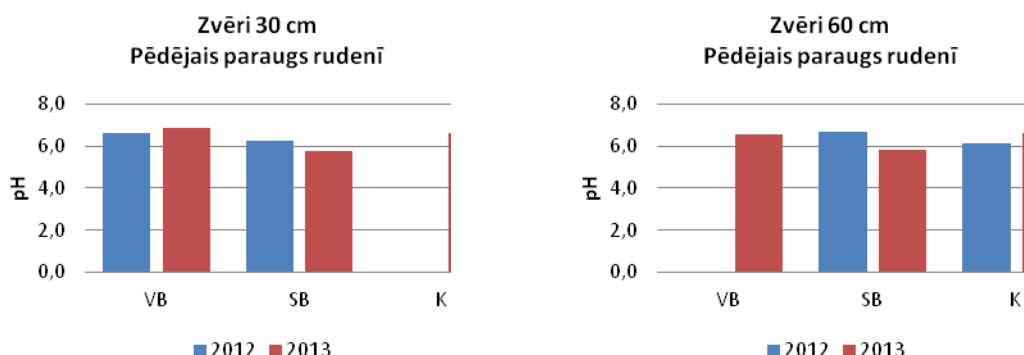
Attēls 0.11. Augsnes ūdens pH vidējās vērtības 2012. un 2013. gadā objektā Zvēri

Līdzīgi kā abos pārējos pētījuma objektos, vismazākās augsnes ūdens pH svārstības objektā Zvēri 2013. gada novērojumu periodā konstatētas kontroles platībā. Gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā vislielākās sezonālās augsnes ūdens reakcijas izmaiņas konstatētas platībā, kur veikta kailcirte, izvēcot stumbra biomasu (Attēls 0.12). Dziļākajos augsnes slāņos sezonālas atšķirības bija vērojamas arī platībā, kur kailcirtē izvēkta visa biomasu.



Attēls 0.12. Augsnes ūdens pH izmaiņas novērojumu perioda laikā 2013. gadā objektā Zvēri (VB - visa biomasu; SB - stumbra biomasu; K - kontrole)

Salīdzinot augsnes ūdens pH vērtības 2012. un 2013. gada rudenī, konstatēta augsnes ūdens paskābināšanās platībā, kur kailcirtē izvēkta stumbra biomasu (Attēls 0.13). Platībā, kur izvēkta visa biomasu, augsnes ūdens pH vērtība 30 cm dziļumā 2013. gadā bija nedaudz lielāka nekā 2012. gadā. Līdzīga likumsakarība vērojama kontroles platībā 60 cm dziļumā. Kontroles platību 30 cm dziļumā un kailcirtes platību ar visas biomasas izvēkšanu 60 cm dziļumā nav iespējams salīdzināt, jo par 2012. gadu nav datu.



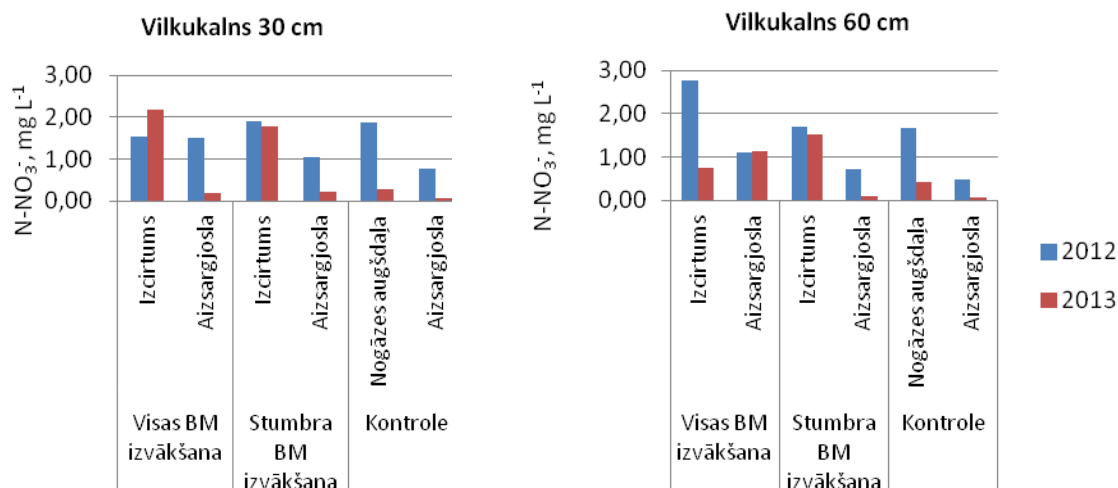


Attēls 0.13. Augsnes ūdens pH vērtības 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Zvēri (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

### 1.3.1.2. N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

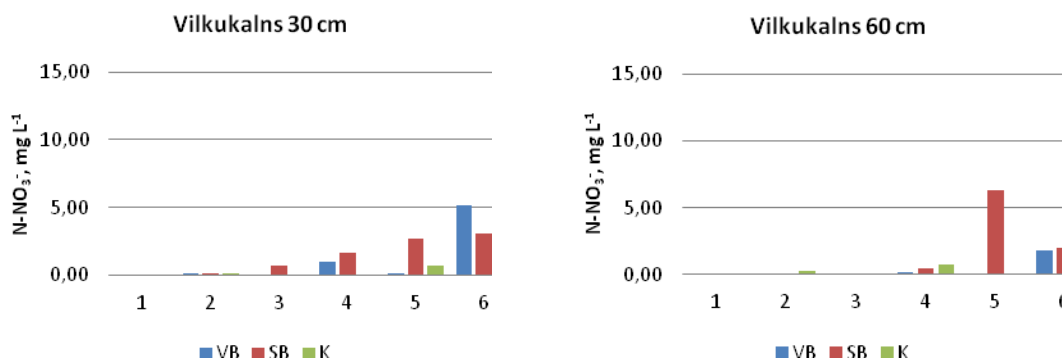
Augiem pieejamās slāpekļa formas ir amonija joni (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) un nitrāti (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), kas veidojas slāpekļa mobilizācijas - organisko vielu bioķīmisko un ķīmisko transformācijas procesu rezultātā. Izcirtumos straujāk notiek organiskās vielas mineralizācija, taču atbrīvojušies biogēnie elementi netiek uzņemti tādā apjomā kā pirms kailcirtes. Tas var būt par cēloni slāpekļa iznesei no ekosistēmas, ko apstiprinājuši vairāku pētījumu rezultāti gan Eiropā (Adamson and Hornung 1990, Wiklander et al. 1991, Ahtiainen 1992, Rosén et al. 1996, Ahtiainen and Huttunen 1999), gan ASV (Dahlgren and Driscoll 1994, Pardo et al. 1995). Pētījumā Zviedrijā konstatēts, ka skujkoku mežā slāpekļa iznese savu maksimumu sasniedz 2 gadus pēc kailcirtes un piecus gadus pēc kailcirtes vairs gandrīz nav konstatēta (Westling et al. 2004). Zviedrijā veiktu pētījumu rezultāti apliecina, ka pastāv pozitīva korelācija starp pašreizējo slāpekļa depoziciju un nitrātu koncentrāciju augsnes ūdenī izcirtumos, attiecīgi lielāks N izskalošanās risks ir platībās ar augstāku N depoziciju, savukārt citos literatūras avotos norādīts, ka tieša lineāra sakarība nepastāv (Gundersen 1995). Atbilstoši ICP Forests datiem, lielākajā daļā Latvijas teritorijas iespējama paaugstināta slāpekļa uzkrāšanās meža ekosistēmās (The Condition of Forests in Europe 2011). Šī iemesla dēļ pētījumi par meža ekosistēmu vielu aprites cikla izmaiņām saimnieciskās darbības rezultātā ir ļoti nozīmīgi.

Vilkukalnā nitrātu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.002 līdz 5.457 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.775 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.002 līdz 7.770 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.549 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.3). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, nitrātu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā, salīdzinot ar 2012.gadu, palielinājusies, taču 60 cm dziļumā - samazinājusies, samazinājums bija būtisks (p=0.033). Platībā, kur izvākta stumbru biomasa, nitrātu koncentrācija augsnes ūdenī bija nedaudz samazinājusies gan 30, gan 60 cm dziļumā (Attēls 0.14). Nitrātu koncentrācija abos dziļumos bija samazinājusies arī kontroles slejā, pie tam samazinājums bija būtisks (p-vērtības attiecīgi 0.004 30 cm dziļumā un 0.017 60 cm dziļumā).



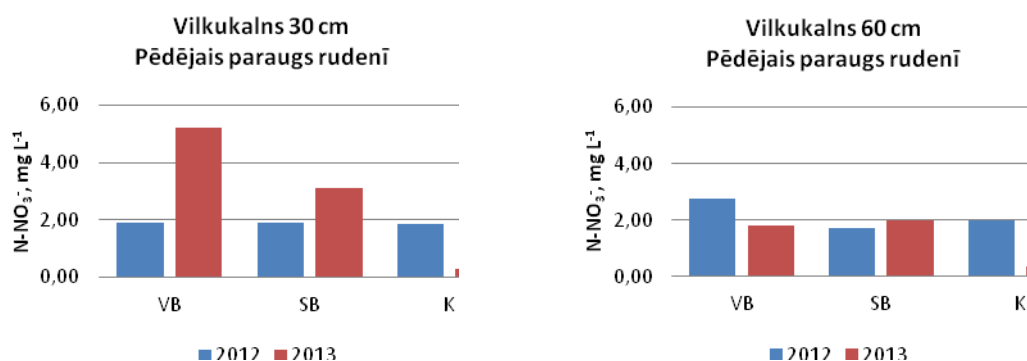
Attēls 0.14. Nitrātu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā objektā Vilkukalns

Kontroles platībā 2013.gada novērojumu periodā nitrātu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā saglabājās zemāka par 1 mg L<sup>-1</sup> (Attēls 0.15). Platībās, kur veikta mežsaimnieciskā darbība, konstatētas augstākas nitrātu koncentrācijas, kaut arī ne visos paraugos. Skaidri pieaugoša tendence bija vērojama 30 cm dziļumā platībā, kur izvākta stumbru biomasa. Augsnes ūdens nitrātu koncentrācija tur pakāpeniski palielinājusies no 0.0 novērojumu perioda sākumā līdz 3.1 mg L<sup>-1</sup> novērojumu perioda beigās.



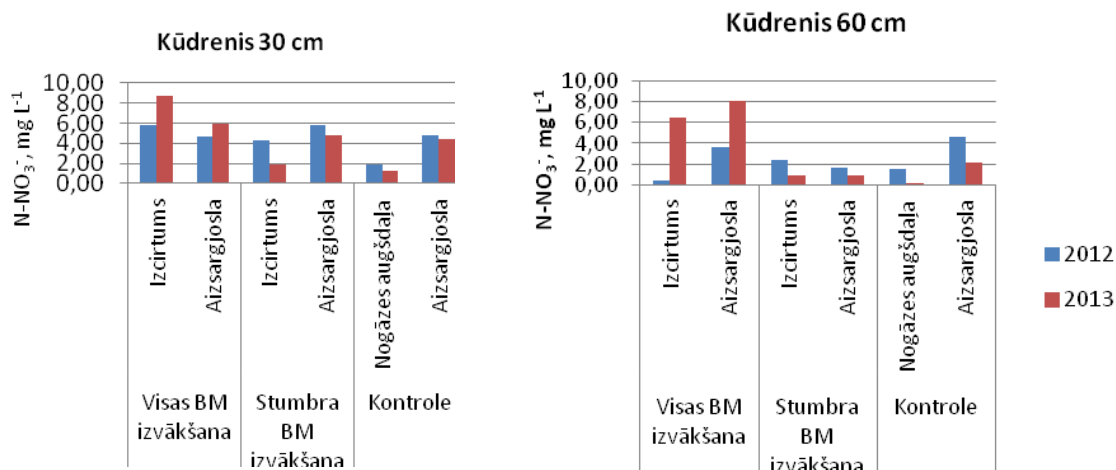
Attēls 0.15. Nitrātjonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Vilkukalns (VB - visa biomasa; SB - stumbra biomasa; K - kontrole)

Kontroles platībā augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija 2013.gada rudenī bija ievērojami mazāka nekā 2012. gada rudenī, pie tam abos dziļumos koncentrācija bija ļoti līdzīga (Attēls 0.16). Savukārt platībās, kur veikta saimnieciskā darbība, augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija 30 cm dziļumā 2013.gada rudenī pieaugusi, salīdzinot ar 2012.gada rudenī, turklāt izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, pieaugums bija gandrīz divas reizes lielāks. Augsnes dziļākajā slānī tik ievērojamas nitrātjonu koncentrācijas atšķirības augsnes ūdenī 2012. un 2013.gadā netika konstatētas.



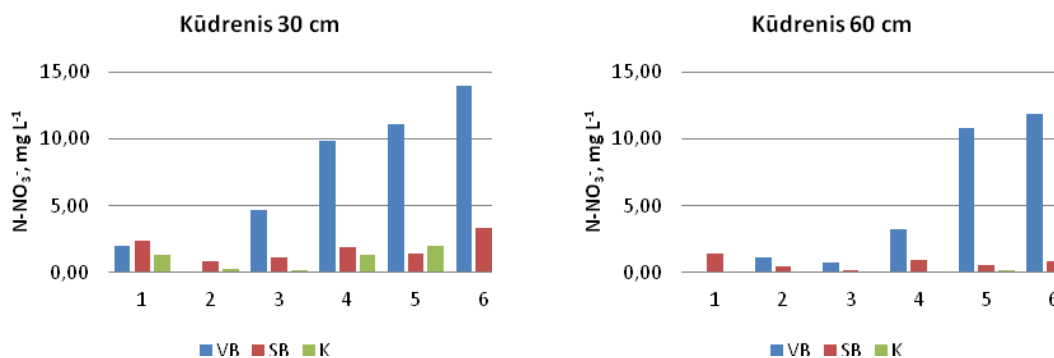
Attēls 0.16. Nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Vilkukalns (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Kūdrēnī nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.019 līdz 18.355 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 4.023 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.002 līdz 20.281 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 2.902 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.4). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā, salīdzinot ar 2012.gadu, nebūtiski palielinājusies (Attēls 0.17). Platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī būtiski samazinājusies gan 30, gan 60 cm dziļumā p-vērtības attiecīgi 0.010 un 0.001), būtisks samazinājums tika fiksēts arī kontroles slejā 60 cm dziļumā (p=0.020).



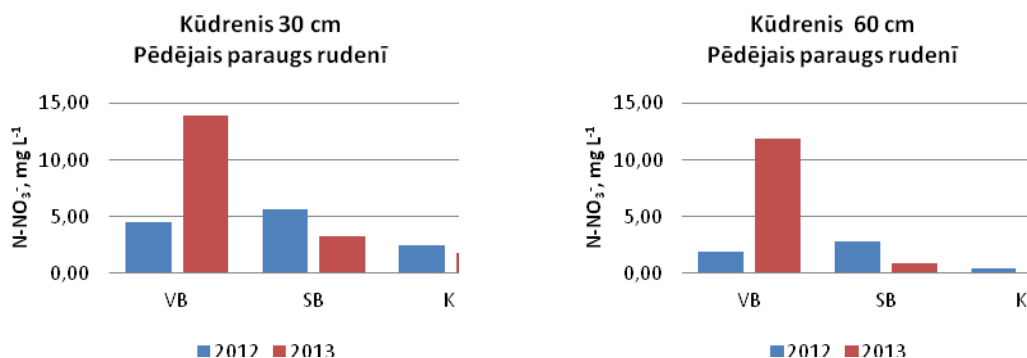
Attēls 0.17. Nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā objektā Kūdrēnis

Gan kontroles platībā, gan izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasa, 30 cm dziļumā konstatētas nelielas augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācijas svārstības novērojumu perioda laikā (Attēls 0.18). Savukārt platībā, kur izvākta visa biomasa, nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī novērojumu perioda gaitā palielinājusies, attiecīgi līdz 13.98 mg L<sup>-1</sup> 30 cm dziļumā un līdz 11.88 mg L<sup>-1</sup> 60 cm dziļumā.



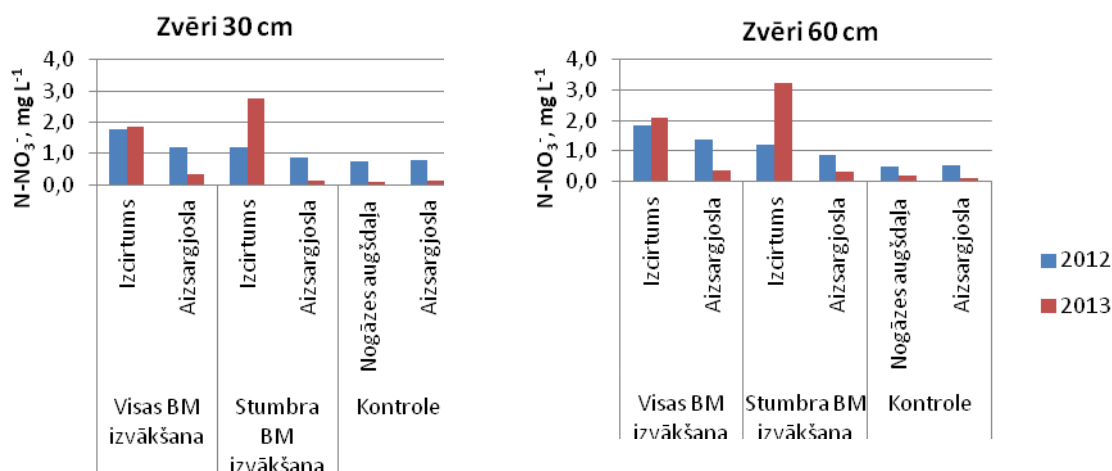
Attēls 0.18. Nitrātjonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Kūdrēnis (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrolle)

Kontroles platībā un platībā, kur veikta kailcirte ar stumbru biomasas izvākšanu, 2013.gada rudenī nitrātjonu koncentrācijas augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā bija mazākas nekā 2012.gada rudenī (Attēls 0.19). Savukārt izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija 2013.gada rudenī, salīdzinot ar 2012.gada rudenī, vairākas reizes palielinājusies.



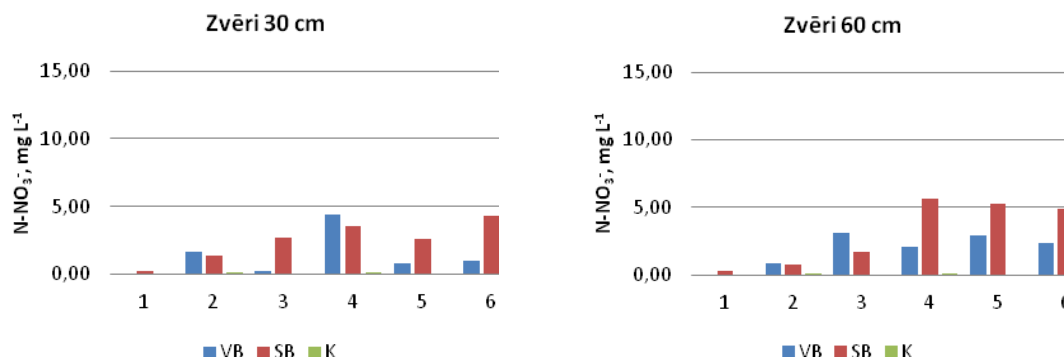
Attēls 0.19. Nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Kūdreņis (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Objektā Zvēri nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.002 līdz 5.730 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 1.232 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.011 līdz 8.311 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 1.164 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.5). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā, salīdzinot ar 2012.gadu, nedaudz palielinājusies (Attēls 0.20). Platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30, gan 60 cm dziļumā palielinājusies ievērojami vairāk, augsnes virsējā slānī palielinājums bija būtisks (p=0.012). Taču kontroles slejā nitrātjonu koncentrācija, salīdzinot ar 2012.gadu, būtiski samazinājusies (30 cm dziļumā p=0.003 un 60 cm dziļumā p=0.000) .



Attēls 0.20. Nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā objektā Zvēri

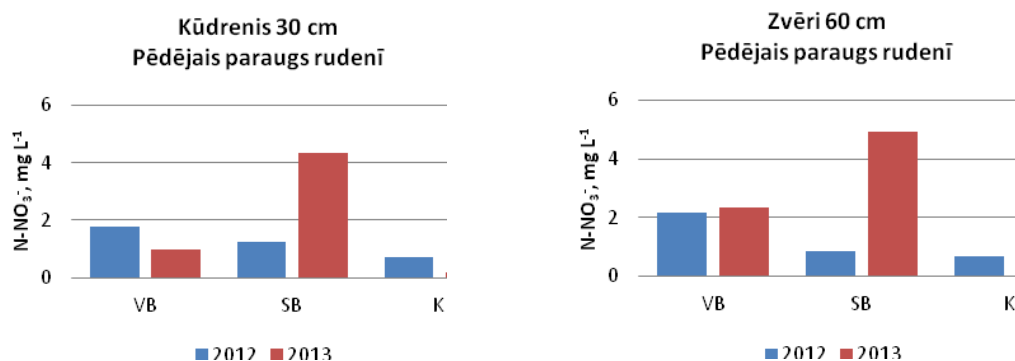
Objektā Zvēri kontroles platībā nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā visā novērojumu periodā nepārsniedza 0.2 mg L<sup>-1</sup> (Attēls 0.21). Izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, 30 cm dziļumā augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija krasi palielinājusies augustā, bet pēc tam atkal samazinājusies, savukārt 60 cm dziļumā tā palielinājusies jūlijā, un pēc tam saglabājusies aptuveni līdzīgā apjomā. Izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasa, augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija 30 cm dziļumā svārstījies mazāk nekā izcirtumā, kur izvākta visa biomasa. 60 cm dziļumā platībā, kur izvākta stumbru biomasa, nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī krasi palielinājusies augustā un saglabājusies 4.9-5.6 mg L<sup>-1</sup> robežās līdz pat novērojumu perioda beigām.



Attēls 0.21. Nitrātjonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Zvēri (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Līdzīgi kā abos pārējos pētījuma objektos, nitrātjonu koncentrācija kontroles platībā 2013.gada rudenī abos dziļumos bija ievērojami mazāka nekā 2012.gada rudenī (Attēls 0.22). Platībā, kur

izvākta visa biomasa, 30 cm dziļumā augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija samazinājusies, salīdzinot ar 2012.gada rudenī, bet 60 cm dziļumā - nedaudz palielinājusies. Platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija 2013.gada rudenī, salīdzinot ar 2012.gada rudenī, ievērojami pieaugusi.

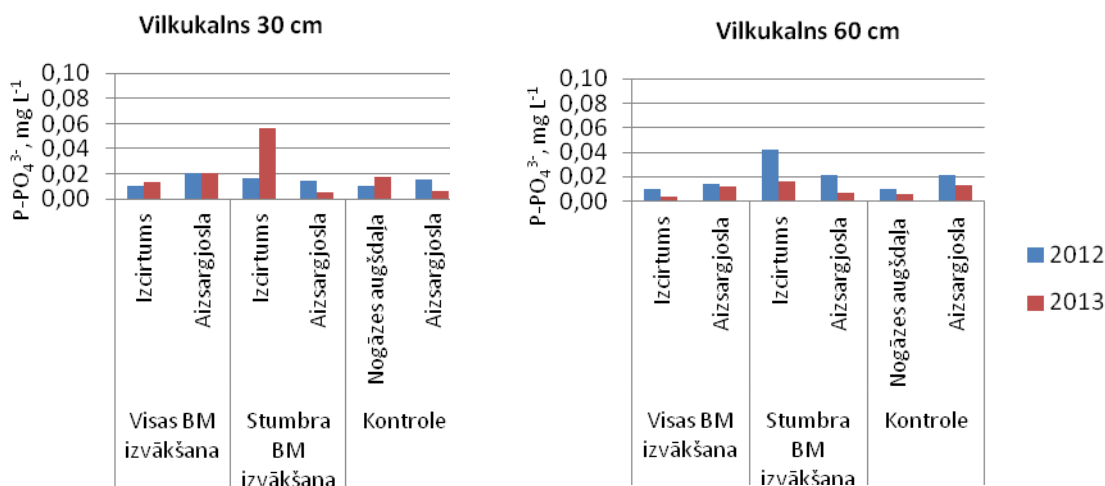


Attēls 0.22. Nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Zvēri (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Vidējā 2013.gada novērojumu perioda nitrātjonu koncentrācija objektā Vilkukalns bija no 0.3 mg L<sup>-1</sup> kontroles platībā līdz 2.2 mg L<sup>-1</sup> platībā, kur veikta kailcirte ar visas biomasas izvākšanu. Objektā Zvēri nitrātjonu vidējā koncentrācija mainījies no 0.01 mg L<sup>-1</sup> kontroles platībā līdz 3.2 mg L<sup>-1</sup> platībā ar visas biomasas izvākšanu. Vidējās nitrātjonu koncentrācijas mūsu pētījuma objektos sausieņu mežos bija zemākas nekā minēts literatūrā saistībā ar pētījumiem Zviedrijā un Somijā. Zviedrijā, apkopojot informāciju par vairākiem eksperimentiem minerālaugsnes, konstatēts, ka lielākajā daļā gadījumu nitrātu koncentrācijas palielināšanās maksimums augsnes ūdenī novērojams pirmajā gadā pēc kailcirtes, kad vidējā gada koncentrācija sasniedz 6-7 mg L<sup>-1</sup>, un paaugstināta nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī saglabājas 5-6 gadus pēc kailcirtes (Futter et al. 2010). Mūsu pētījuma objektos minerālaugsnes nitrātjonu koncentrācijas novērojuma perioda vidējā vērtība augsnes ūdenī izcirtumā maksimāli sasniedza 3.2 mg L<sup>-1</sup>. Somijā veiktā eksperimentā konstatēts, ka egļu audzē pirms kailcirtes nitrātu koncentrācija augsnes ūdenī bija 2.9 mg L<sup>-1</sup>, un pēc kailcirtes tā būtiski neizmainījās. Pēc kailcirtes veikšanas kontroles platībā augsnes ūdens nitrātu koncentrācija bija 1.88 mg L<sup>-1</sup>, izcirtumā zem ciršanas atliekām 0.16 mg L<sup>-1</sup> un izcirtumā bez ciršanas atliekām - 1.12 mg L<sup>-1</sup> (Nieminen 1998). Mūsu pētījumā objektā Kūdrenis novērojumu perioda vidējā nitrātjonu koncentrācija 30 cm dziļumā kontroles platībā bija 1.2 mg L<sup>-1</sup>, izcirtumā bez ciršanas atliekām - 8.7 mg L<sup>-1</sup> un izcirtumā zem ciršanas atliekām - 1.8 mg L<sup>-1</sup>. Svarīgi atzīmēt, ka visos trijos mūsu objektos augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācijas, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, uzrāda tendenci samazināties nevis palielināties, pie tam koncentrāciju samazināšanās vērojama ne vien saimnieciskās darbības ietekmētajās, bet arī kontroles platībās

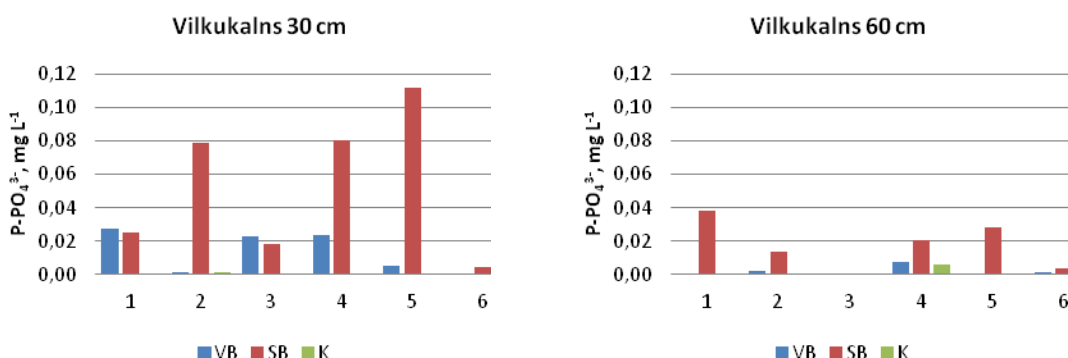
### 1.3.1.3. P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

Vilkukalnā fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.000 līdz 0.214 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.018 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.000 līdz 0.054 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.010 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.3). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā nedaudz pieaugusi, bet 60 cm dziļumā, salīdzinot ar 2012.gadu, nedaudz samazinājusies. Platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, vērojama līdzīga tendence - 30 cm dziļumā fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī ir palielinājusies, bet 60 cm dziļumā - samazinājusies, šis samazinājums ir būtisks (p=0.043) (Attēls 0.23).



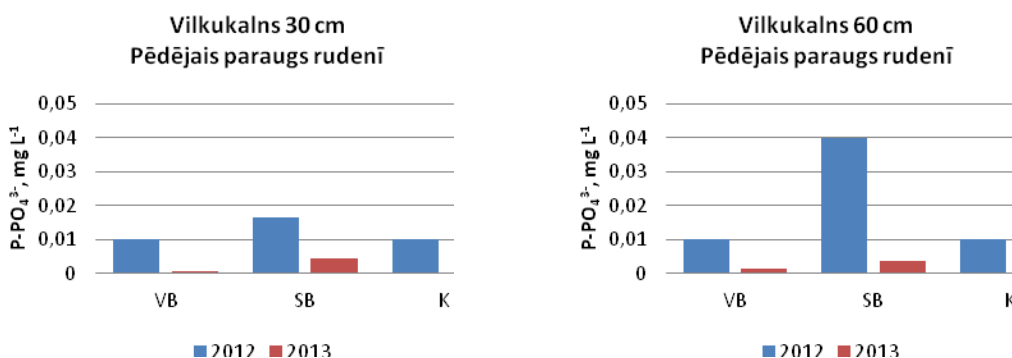
Attēls 0.23. Fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā objektā Vilkukalns

Vilkukalnā kontroles platībā fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī visā novērojumu perioda laikā saglabājusies neliela un tikai augustā 60 cm dziļumā palielinājusies līdz 0.01 mg L<sup>-1</sup> (Attēls 0.24). Vislielākās augsnes ūdens fosfātjonu koncentrācijas svārstības konstatētas izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasa.



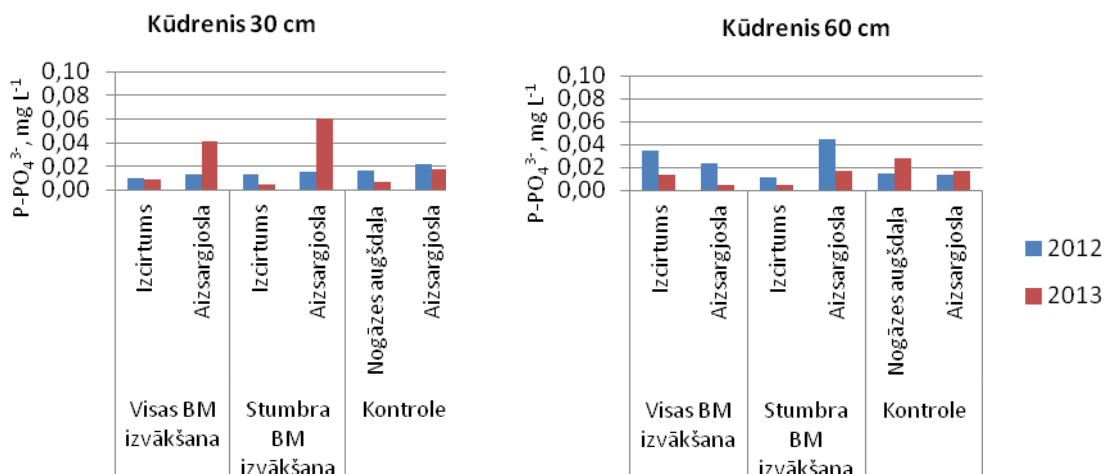
Attēls 0.24. Fosfātjonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Vilkukalns (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Gan izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, gan izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasa, augsnes ūdens fosfātjonu koncentrācija 2013.gada rudenī bija zemāka nekā 2012. gada rudenī (Attēls 0.25). 60 cm dziļumā arī kontroles platībā vērojama līdzīga tendence, par paraugu 30 cm dziļumā secinājumu nevar izdarīt, jo par 2013.gadu nav datu.



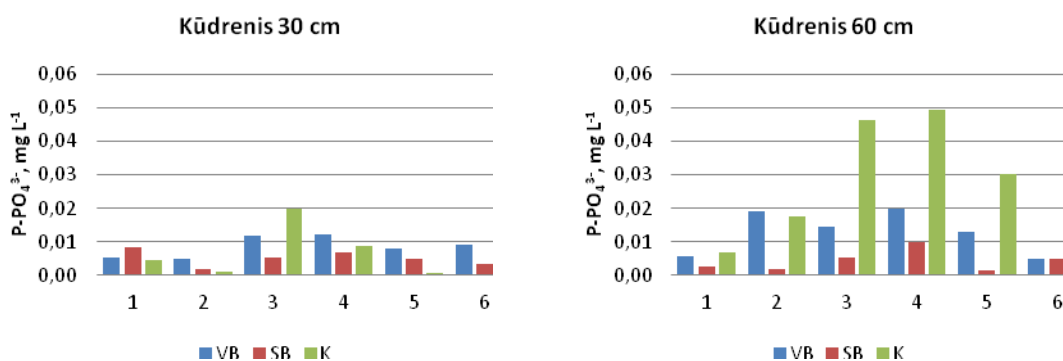
Attēls 0.25. Fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Zvēri (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Kūdrēnī fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.000 līdz 0.372 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.017 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.000 līdz 0.087 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.015 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.4). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā, salīdzinot ar 2012.gadu, ir samazinājusies, taču nebūtiski. Platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasas, fosfātjonu koncentrācijas samazinājums, salīdzinot ar periodu pirms kailcirtes, ir būtisks (30 cm dziļumā p=0.023, 60 cm dziļumā p=0.012). Arī kontroles slejā augsnes virsējā slānī fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī ir būtiski samazinājusies (p=0.025) (Attēls 0.26).



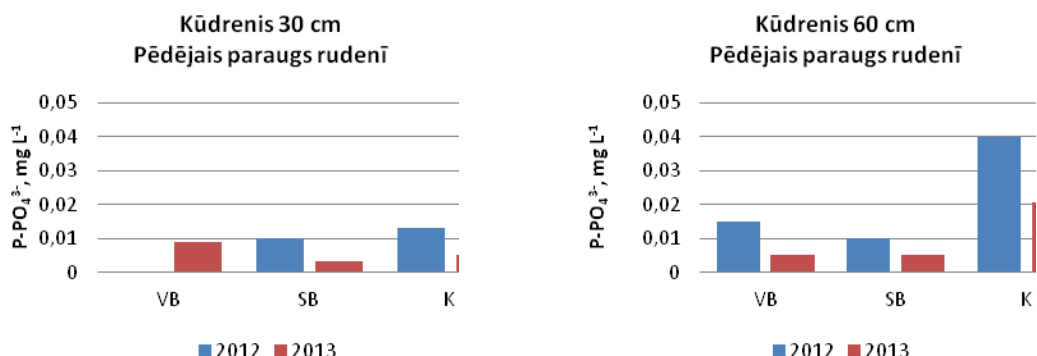
Attēls 0.26. Fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012. un 2013. gadā objektā Kūdrēnis

Interesanti, ka Kūdrēnī vislielākās augsnes ūdens fosfātjonu koncentrācijas svārstības tika konstatētas tieši kontroles platībā; abos dziļumos jūlijā-augustā vērojams krass koncentrācijas palielinājums, taču 60 cm dziļumā koncentrācijas bija augstākas (Attēls 0.27). Zināmas fosfātjonu koncentrācijas svārstības novērojamas arī platībā, kur izvākta visa biomasas, turklāt 60 cm dziļumā koncentrācijas bija augstākas un svārstības izteiktākas. Vismazākā fosfātjonu koncentrācija bija izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasas, šajā platībā konstatētas arī vismazākās sezonālās svārstības un vislīdzīgākās vērtības abos dziļumos.



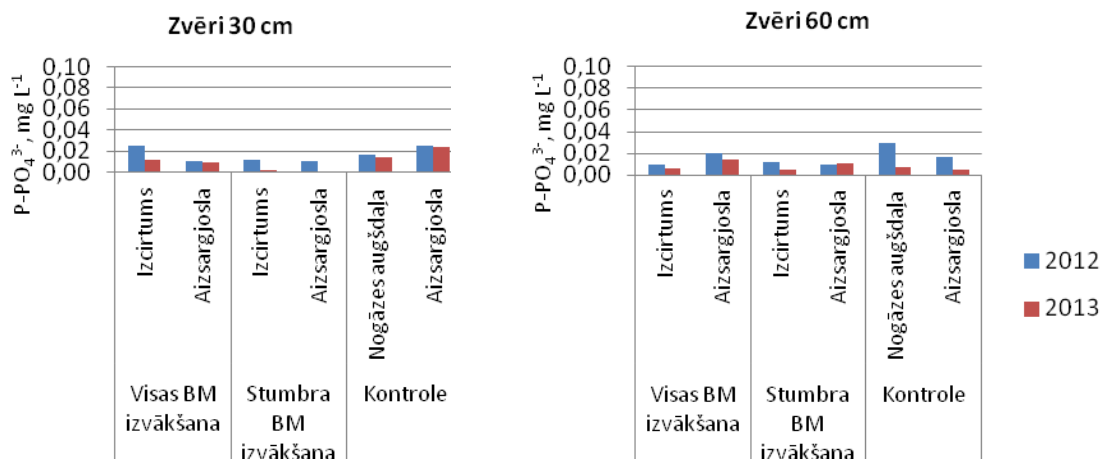
Attēls 0.27. Fosfātjonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Kūdrēnis (VB - visa biomasas; SB - stumbru biomasas; K - kontrols)

Visās platībās (izņemot izcirtumu, kur izvākta visa biomasas, ko nevarēja salīdzināt, jo par 2012.gadu nav datu) augsnes ūdens fosfātjonu koncentrācija 2013.gada rudenī bija zemāka nekā 2012. gada rudenī (Attēls 0.28). Izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasas, 30 cm dziļumā konstatētas fosfātjonu koncentrāciju atšķirības bija izteiktākas nekā 60 cm dziļumā.



Attēls 0.28. Fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Kūdrenis (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

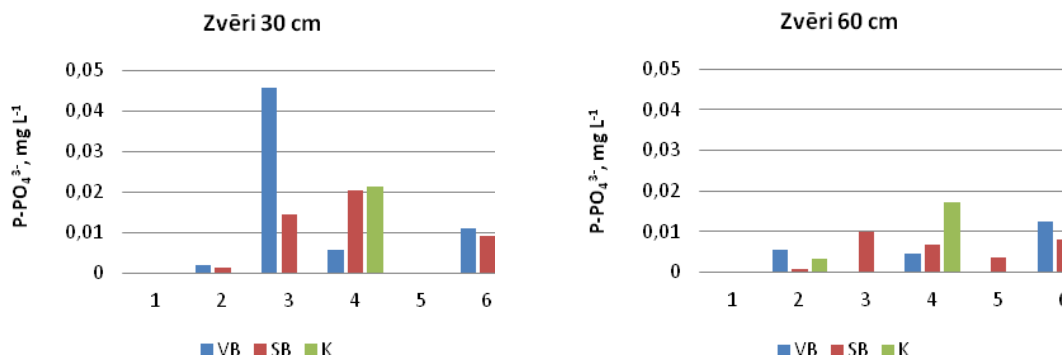
Objektā Zvēri fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.000 līdz 0.071 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.012 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.000 līdz 0.043 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.007 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.5). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā, salīdzinot ar 2012.gadu, ir samazinājusies, 30 cm dziļumā samazinājums ir būtisks (p=0.036). Fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī samazinājusies arī platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, arī šajā gadījumā samazinājums ir būtisks augsnes virsējā slānī (p=0.013). Kontroles slejā fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī ir nedaudz samazinājusies, taču nebūtiski (Attēls 0.29).



Attēls 0.29. Fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā objektā Zvēri

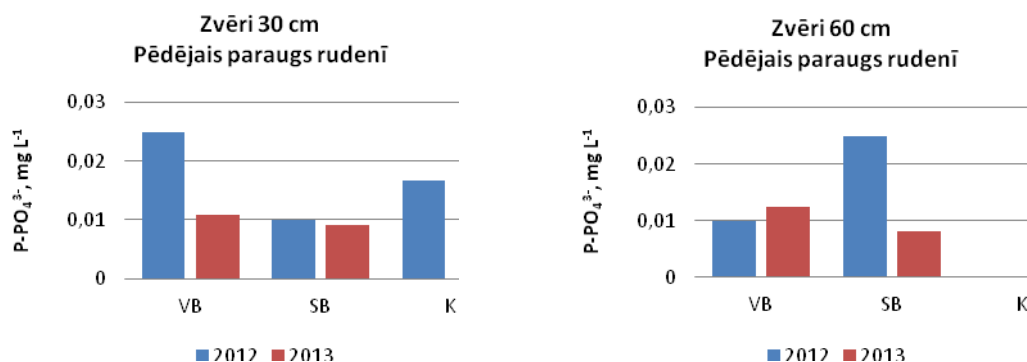
Objektā Zvēri augsnes ūdens fosfātjonu koncentrācijas visās platībās novērojumu perioda laikā svārstījās visai ievērojami, taču konkrētas tendences ir grūti konstatēt paraugu trūkuma dēļ vairākos periodos (Attēls 0.30). Platībā, kur izvākta visa biomasa, 30 cm dziļumā jūlijā konstatēta ievērojama augsnes ūdens fosfātjonu koncentrācijas paaugstināšanās no 0.002 līdz 0.046 mg L<sup>-1</sup>, bet nākamajā periodā - strauja samazināšanās līdz 0.006 mg L<sup>-1</sup>. 60 cm dziļumā tik krāsas svārstības netika konstatētas.





Attēls 0.30. Fosfātjonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Zvēri (VB - visa biomasa; SB - stumbra biomasa; K - kontrolē)

Platībā, kur izvākta visa biomasa, augsnes ūdens fosfātjonu koncentrācija 2013.gada rudenī 30 cm dziļumā bija divreiz mazāka nekā 2012.gada rudenī, bet 60 cm dziļumā tā nedaudz palielinājusies, salīdzinot ar iepriekšējo gadu (Attēls 0.31). Pretēja situācija vērojama izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasas, šajā gadījumā 30 cm dziļumā 2012.un 2013.gada rudenī konstatētās augsnes ūdens fosfātjonu koncentrācijas bija visai līdzīgas, bet 60 cm dziļumā vērojams samazinājums.



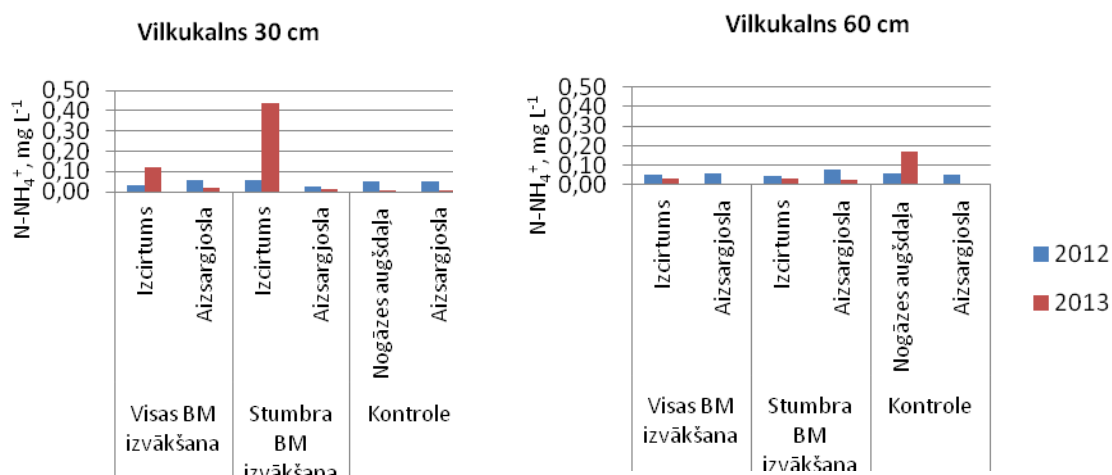
Attēls 0.31. Fosfātjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Zvēri (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrolē)

Fosfātjonu vidējā koncentrācija objektā Vilkukalns 2013.gada novērojumu periodā mainījās no 0.01 mg L<sup>-1</sup> kontroles platībā līdz 0.06 mg L<sup>-1</sup> platībā, kur veikta kailcirte ar stumbra biomasas izvākšanu. Otrajā objektā sausieņu mežos fosfātjonu koncentrācija visos parauglaukumos bija visai līdzīga - ap 0.01 mg L<sup>-1</sup>. Arī Kūdrenī ierīkotajos parauglaukumos tā bija visai līdzīga - 0.01 līdz 0.03 mg L<sup>-1</sup>. Līdzīgi kā nitrātjonu koncentrācijai, arī fosfātjonu koncentrācijai mūsu pētījuma objektos pirmajā gadā pēc kailcirtes vidēji ir tendence samazināties. Šajā gadījumā gan nav novērojama izteikta fosfātjonu koncentrācijas samazināšanās kontroles platībā, tādēļ varam pieļaut, ka izmaiņas varētu būt izraisījusi saimnieciskā darbība.

#### 1.3.1.4. N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

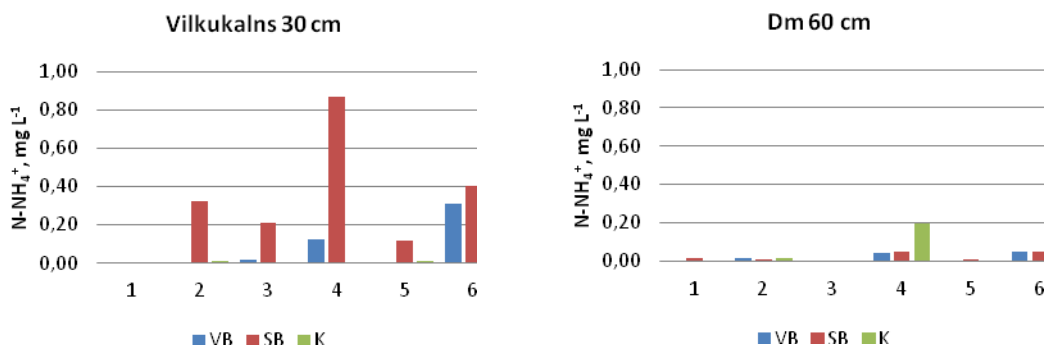
Vilkukalnā amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.000 līdz 2.028 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.100 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.000 līdz 0.840 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.035 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.3). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā nedaudz palielinājusies, bet 60 cm dziļumā - samazinājusies. Būtisks amonija jonu koncentrācijas palielinājums augsnes ūdenī konstatēts izcirtumā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, 30 cm dziļumā (p=0.021). 60 cm dziļumā šajā pašā platībā amonija jonu koncentrācija ir samazinājusies, taču nebūtiski (Attēls

0.32). Kontroles platībā 30 cm dziļumā amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī ir būtiski samazinājusies ( $p=0.008$ ).



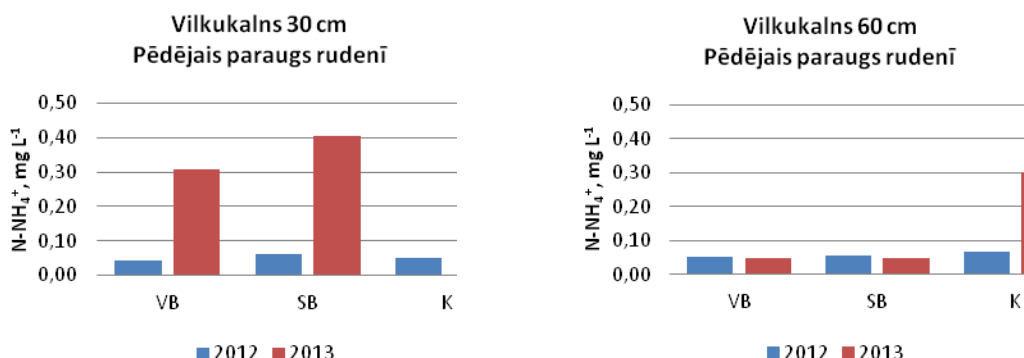
Attēls 0.32. Amonija jonu vidējā koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā objektā Vilkukalns

Kontroles platībā 30 cm dziļumā amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī visa novērojumu perioda laikā saglabājās ļoti zema un nepārsniedza  $0.007 \text{ mg L}^{-1}$  (Attēls 0.33). 60 cm dziļumā augustā un oktobrī kontroles platībā bija novērojama amonija jonu koncentrācijas paaugstināšanās attiecīgi līdz  $0.2$  un  $0.3 \text{ mg L}^{-1}$ . Vislielākās augsnes ūdens amonija koncentrācijas svārstības konstatētas 30 cm dziļumā platībā, kur kailcirtes laikā izvākta stumbru biomasa, savukārt 60 cm dziļumā šīs svārstības bija nelielas. Izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, amonija jonu koncentrāciju vērtības bija zemākas un arī sezonālās svārstības mazāk izteiktas.



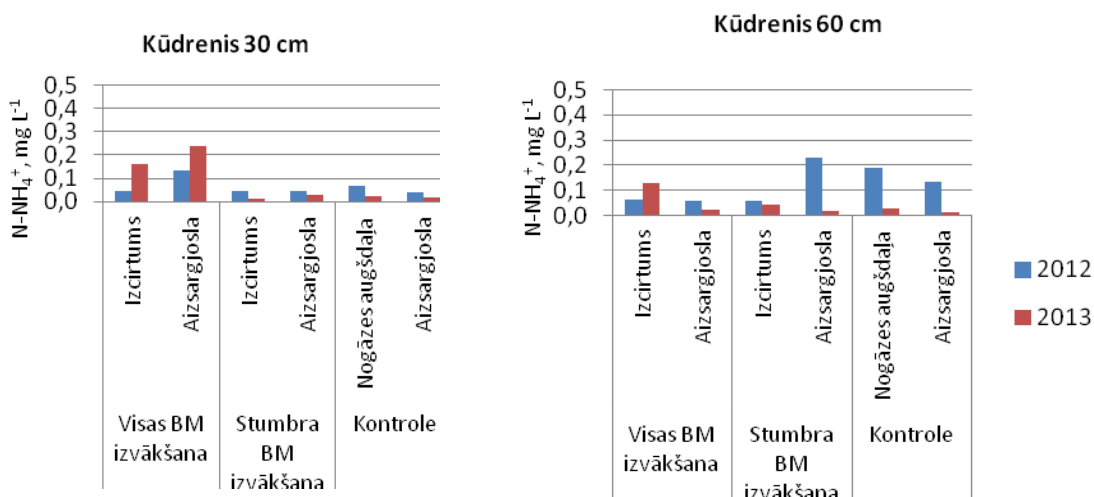
Attēls 0.33. Amonija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Vilkukalns (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Gan platībā, kur izvākta visa biomasa, gan platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, 30 cm dziļumā 2013.gada rudenī augsnes ūdens amonija jonu koncentrācijas bija ievērojami augstākas nekā 2012.gada rudenī, savukārt 60 cm dziļumā tās tikpat kā nebija izmainījušās (Attēls 0.34). Toties 60 cm dziļumā, salīdzinot ar 2012.gadu, pieaugusi amonija jonu koncentrācija kontroles platībā.



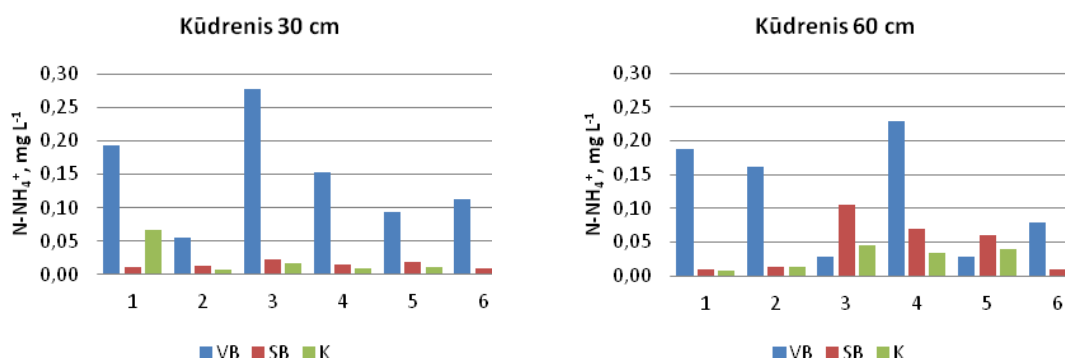
Attēls 0.34. Amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Vilkkukalns (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Kūdrēnī amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.003 līdz 1.059 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.065 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.001 līdz 0.493 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.040 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.4). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā nedaudz palielinājusies. Izcirtumā, kur izvākta stumbra biomasa, amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī būtiski samazinājusies gan 30, gan 60 cm dziļumā (attiecīgi p=0.000 un p=0.006), līdzīgi arī kontroles slejā (30 cm dziļumā p=0.000, 60 cm dziļumā p=0.001). (Attēls 0.35).



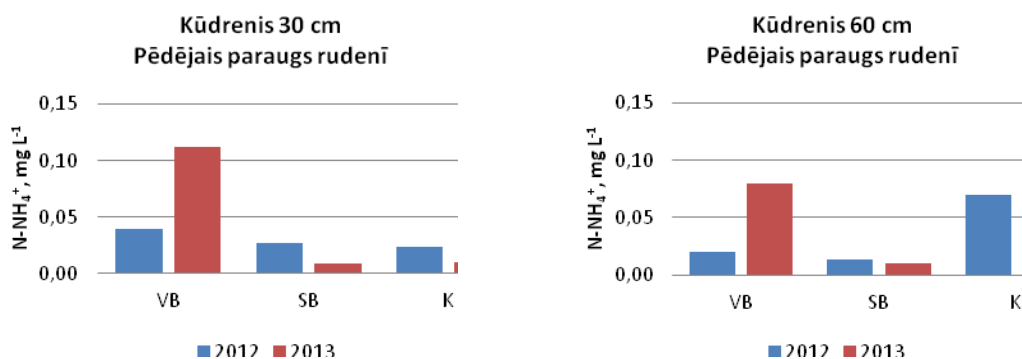
Attēls 0.35. Amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā objektā Kūdrēnis

Kūdrēnī vismazākās sezonālās amonija jonu koncentrācijas svārstības augsnes ūdenī novērojamas kontroles platībā (abos dziļumos) un platībā, kur izvākta stumbru biomasa (30 cm dziļumā) (Attēls 0.36). Visaugstākās amonija jonu koncentrācijas abos dziļumos konstatētas izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, turklāt novērojumu perioda beigās tās bija zemākas nekā novērojumu perioda sākumā.



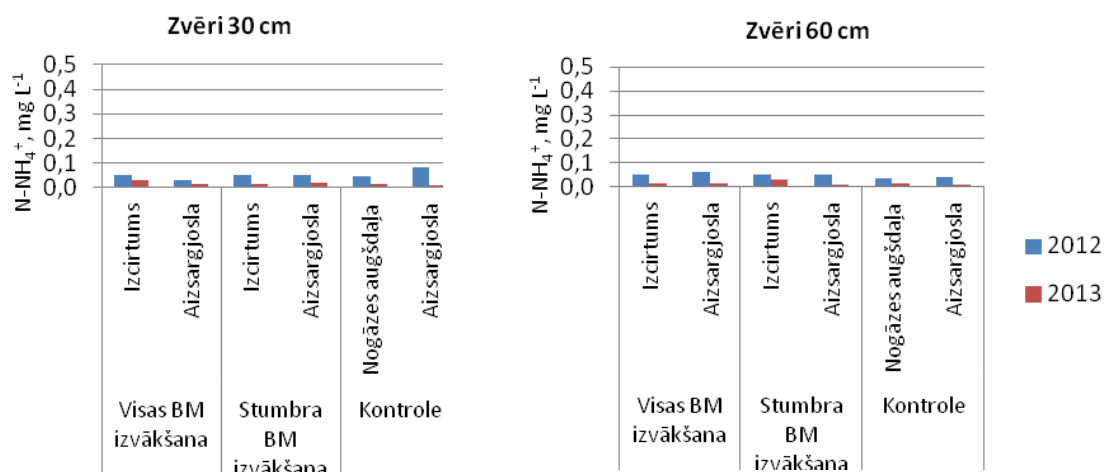
Attēls 0.36. Amonija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Kūdrenis (VB - visa biomasa; SB - stumbra biomasa; K - kontrole)

Platībā, kur izvēkta visa biomasa, 2013. gada rudenī konstatētās augsnes ūdens amonija jonu koncentrācijas gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā bija augstākas nekā 2012.gada rudenī (Attēls 0.37). Savukārt izcirtumā, kur izvēkta tikai stumbru biomasa, kā arī kontroles platībā vērojama preteja aina - amonija jonu koncentrācijas augsnes ūdenī, salīdzinot ar 2012.gada rudenī, samazinājušās.



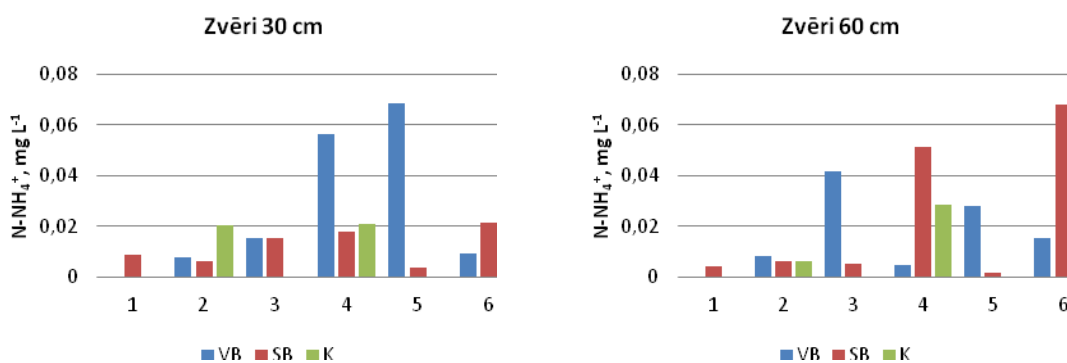
Attēls 0.37. Amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Kūdrenis (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Objektā Zvēri amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.002 līdz 0.068 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.017 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.001 līdz 0.156 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.017 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.5). Visā pētījuma objektā gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī, salīdzinot ar 2012.gadu, samazinājusies (Attēls 0.38). Samazinājums ir būtisks izcirtumā, kur izvēkta visa biomasa, 60 cm dziļumā (p=0.006), izcirtumā, kur izvēkta stumbru biomasa (30 cm dziļumā p=0.000, 60 cm dziļumā p=0.019) un kontroles platībā (30 cm dziļumā p=0.027, 60 cm dziļumā p=0.002).



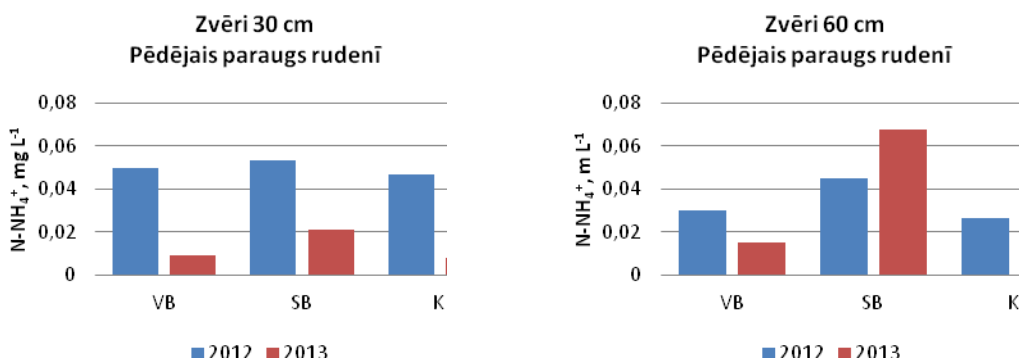
Attēls 0.38. Amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012. un 2013. gadā objektā Zvēri

Objektā Zvēri vismazākās sezonālās amonija jonu koncentrāciju svārstības vērojamas kontroles platībā (Attēls 0.39). 30 cm dziļumā vislielākās augsnes ūdens amonija jonu koncentrāciju svārstības konstatētas izcirtumā, kur izvēkta visa biomasa, bet 60 cm dziļumā - izcirtumā, kur izvēkta stumbru biomasa.



Attēls 0.39. Amonija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013. gadā objektā Zvēri (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrolle)

30 cm dziļumā visā pētījumu objektā augsnes ūdens amonija jonu koncentrācijas 2013. gada rudenī bija zemākas nekā 2012. gada rudenī, bet 60 cm dziļumā platībā, kur izvēkta stumbru biomasa, konstatēta amonija jonu koncentrācijas palielināšanās (Attēls 0.40).



Attēls 0.40. Amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012. un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Zvēri (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrolle)

Mūsu pētījuma objektos amonija jonu koncentrācijas vidējie rādītāji 2013. gada novērojumu periodā objektā Vilkukalns svārstījās no 0.01 mg L<sup>-1</sup> kontroles platībā līdz 0.4 mg L<sup>-1</sup> platībā, kur

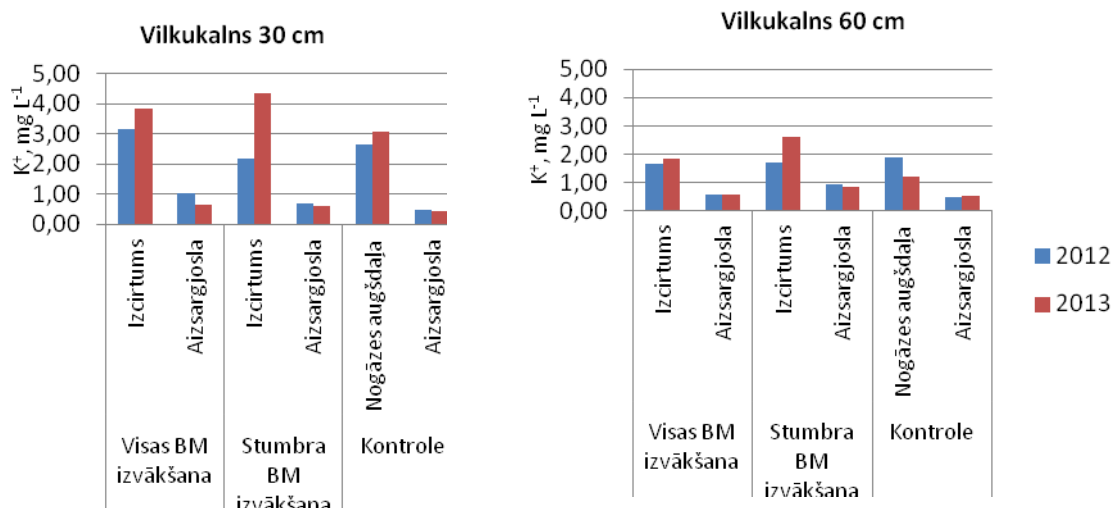
veikta kailcirte ar stumbra biomasas izvākšanu. Objektā Zvēri atšķirības bija ievērojami mazākas - no 0.02 mg L<sup>-1</sup> kontroles platībā līdz 0.03 mg L<sup>-1</sup> izcirtumos. Objektā Kūdrenis savukārt atšķirības bija mazākas nekā objektā Zvēri, bet lielākas nekā objektā Kūdrenis - no 0.02 mg L<sup>-1</sup> kontroles platībā līdz 0.2 mg L<sup>-1</sup> platībā, kur izvākta visa biomas. Somijā veiktā pētījumā konstatēts, ka egļu audzē pirms kailcirtes amonija jonu koncentrācija augsnes ūdenī bija 0.6 mg L<sup>-1</sup>, pēc kailcirtes tā palielinājusies. Pēc kailcirtes veikšanas amonija koncentrācija kontroles platībā bija 0.11 mg L<sup>-1</sup>, izcirtumā zem ciršanas atliekām 1.50 mg L<sup>-1</sup> un izcirtumā bez ciršanas atliekām 0.33 mg L<sup>-1</sup>. (Nieminen 1998) Mūsu objektos amonija jonu koncentrācija, salīdzinot ar 2012.gadu, pārsvarā uzrāda tendenci samazināties, samazināšanās novērojama arī kontroles parauglaukumos.

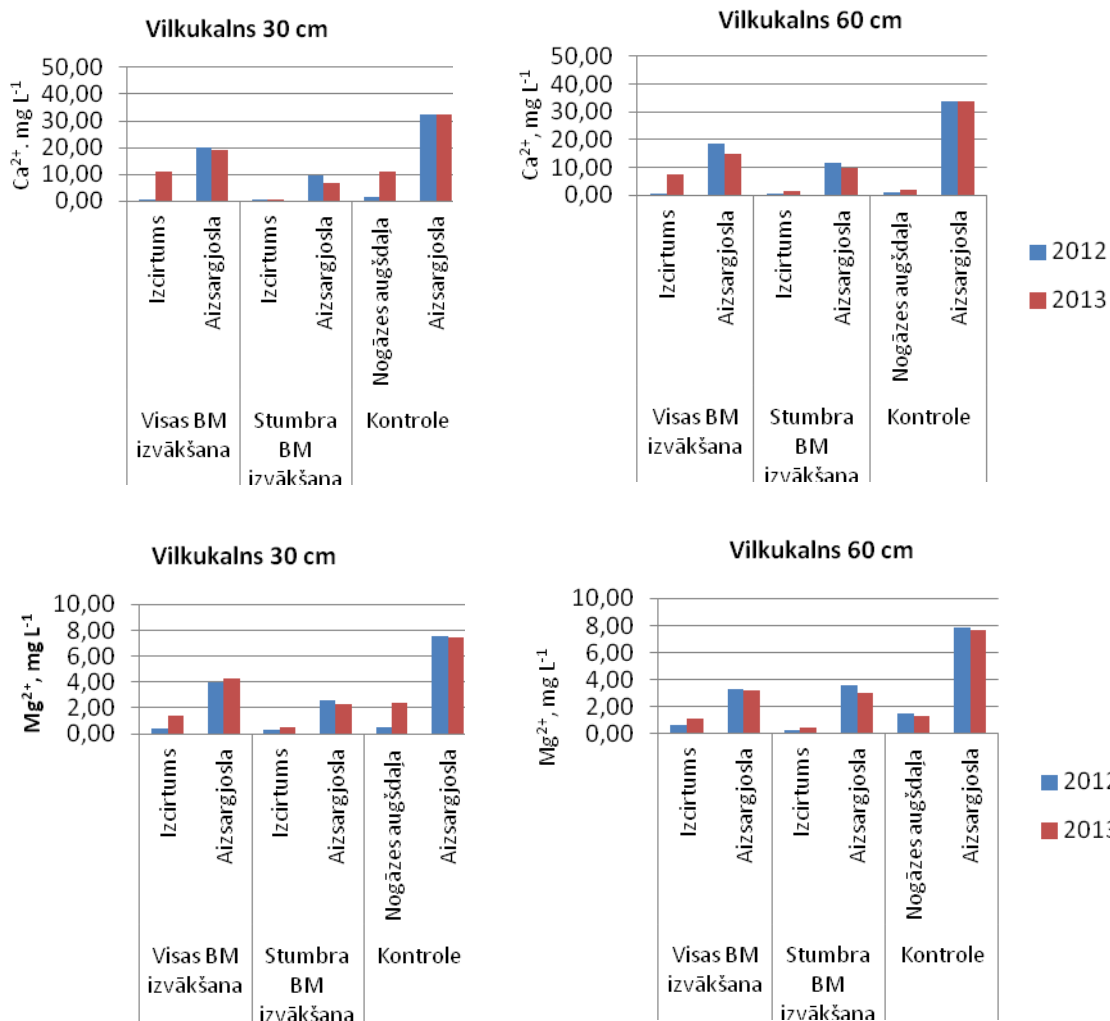
#### 1.3.1.5. K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> un Mg<sup>2+</sup>

Vilkukalnā kālija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.142 līdz 7.550 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 1.847 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.173 līdz 4.523 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 1.046 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.3). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, kālija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā nedaudz palielinājusies, savukārt izcirtumā, kur izvākta stumbra biomas, koncentrācijas palielinājums ir būtisks (p=0.016). Aizsargjoslās pie abiem izcirtumiem kālija jonu koncentrācija nedaudz samazinājusies vai palikusi iepriekšējā gada līmenī (Attēls 0.41).

Kalcija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.141 līdz 45.050 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 16.506 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.000 līdz 41.555 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 16.097 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.3). Platībā, kur veikta kailcirte ar visas biomasas izvākšanu, kalcija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā palielinājusies, palielinājums ir būtisks 60 cm dziļumā (p=0.034). Izcirtumā, kur izvākta stumbra biomas, kalcija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā saglabājusies iepriekšējā gada līmenī, bet aizsargjoslās pie abiem izcirtumiem gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā - samazinājusies. Kontroles slejas augšdaļā kalcija koncentrācija augsnes ūdenī abos dziļumos nebūtiski palielinājusies, bet kontroles slejas apakšdaļā - palikusi iepriekšējā gada līmenī (Attēls 0.41).

Vilkukalnā magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.303 līdz 9.815 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 3.881 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.162 līdz 9.355 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 4.061 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.3). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā palielinājusies, taču nebūtiski. Arī izcirtumā, kur izvākta stumbra biomas, magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā palielinājusies, 30 cm dziļumā palielinājums ir būtisks (p=0.027). Visās slejās nogāzes augšdaļā magnija jonu koncentrācija bija zemāka nekā nogāzes apakšdaļā (Attēls 0.41).



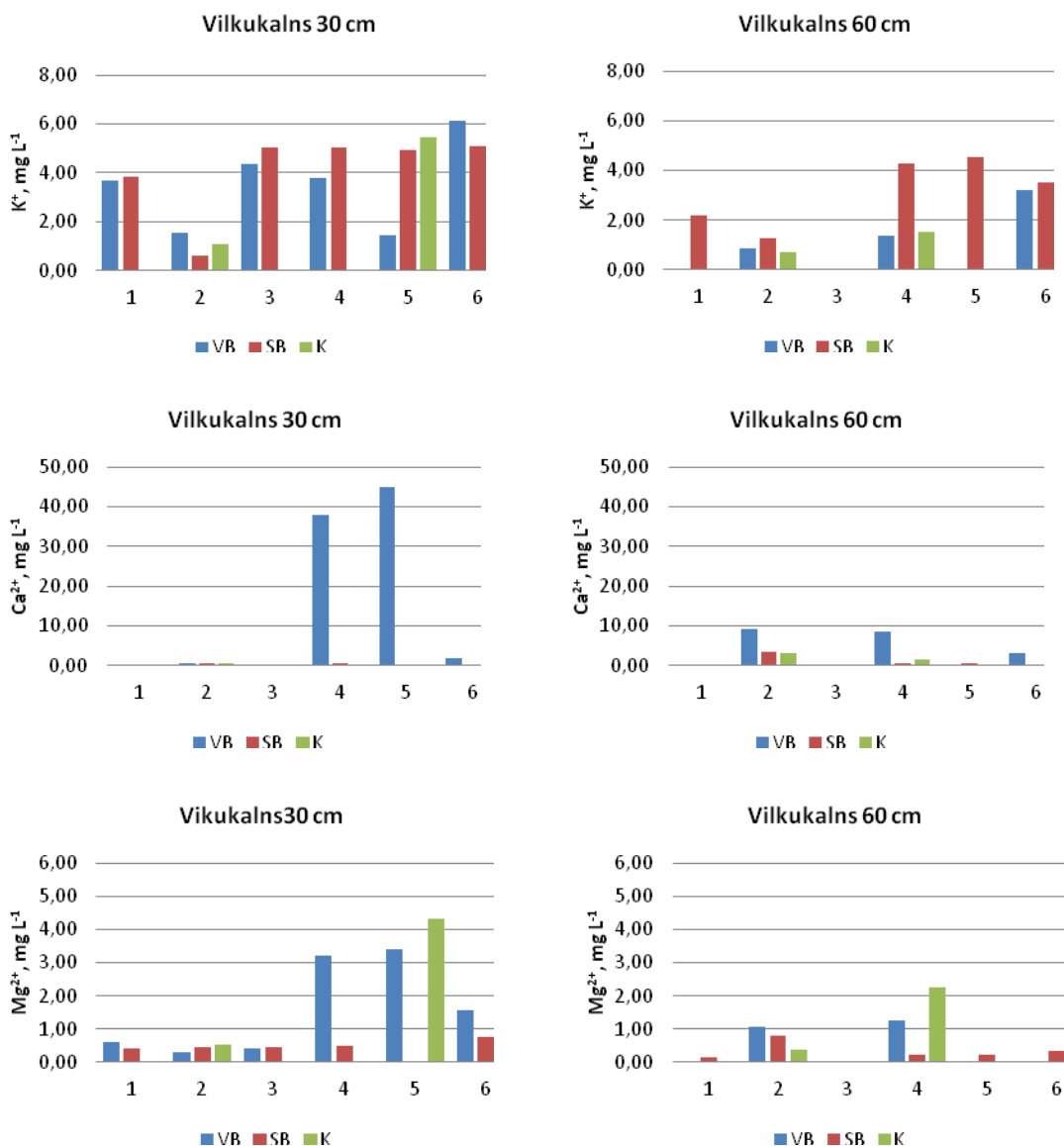


Attēls 0.41. Kālija, kalcijs un magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012. un 2013. gadā objektā Vilkukalns

Vilkukalnā augsnes ūdens kālija jonu koncentrācija novērojumu perioda gaitā visizteiktāk svārstījās 30 cm dziļumā platībā, kur izvākta visa biomasa (Attēls 0.42). Izcirtumā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, kālija jonu koncentrācija novērojumu periodā saglabājusies visai līdzīga, izņemot krasu samazinājumu jūnijā (30 cm dziļumā).

Augsta augsnes ūdens kalcijs jonu koncentrācija konstatēta augustā un septembrī izcirtumā, kur izvākta visa biomasa (30 cm dziļumā), kā arī šajā pašā dziļumā kontroles platībā (Attēls 0.42). Arī 60 cm dziļumā kalcijs jonu koncentrācija vairākos periodos visaugstākā bija tieši šajā platībā.

Līdzīga tendence vērojama, aplūkojot magnijs jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī. Arī šajā gadījumā visizteiktākās svārstības novērojamas izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, pie tam 30 cm dziļumā (Attēls 0.42). Kontroles platībā 30 cm dziļumā septembrī un oktobrī konstatēts augsnes ūdens magnijs jonu koncentrācijas pieaugums.



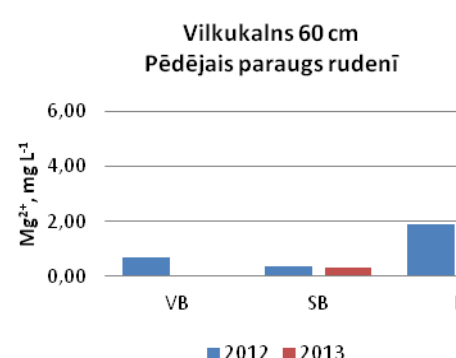
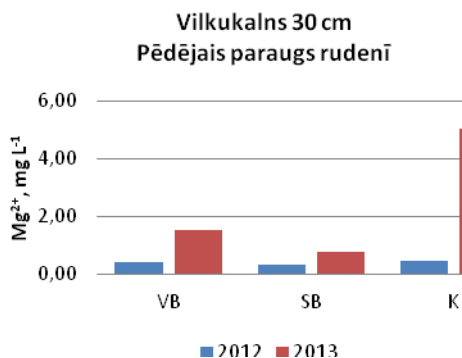
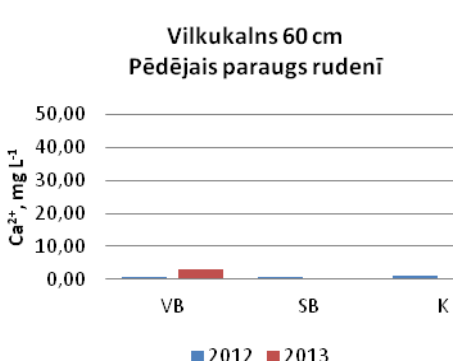
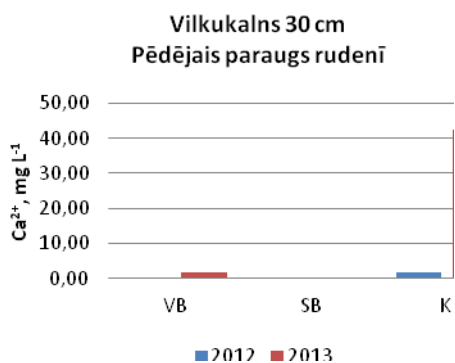
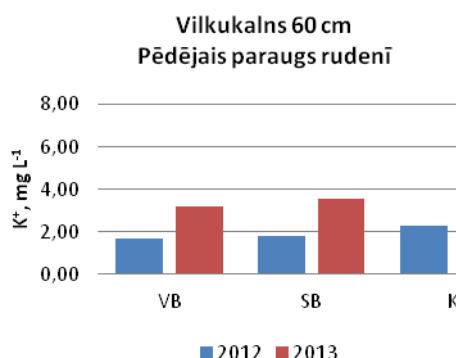
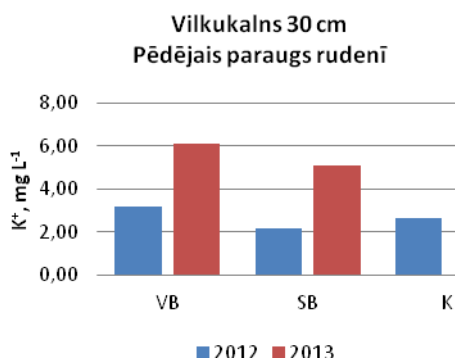
Attēls 0.42. Kālija, kalcija un magnija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Vilkukalns (VB - visa biomasa; SB - stumbra biomasa; K - kontrole)

Kālija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2013.gada rudenī platībās, kur veikta saimnieciskā darbība, gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā bija augstāka nekā 2012.gada rudenī, bet kontroles platībā 60 cm dziļumā - nedaudz zemāka (Attēls 0.43). Salīdzināt paraugus kontroles platībā 30 cm dziļumā nav iespējams, jo nav datu par 2013.gadu.

Kalcija jonu koncentrācija augsnes ūdenī platībā, kur veikta kailcirte ar visas biomasas izvākšanu, 2013.gada rudenī abos dziļumos bija nedaudz augstāka nekā 2012.gada rudenī (Attēls 0.43). Platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, kalcija jonu koncentrācijas 2012.un 2013.gada bija visai līdzīgas, tāpat arī kontroles platībā 60 cm dziļumā. Kontroles platībā 30 cm dziļumā, savukārt 2013.gada rudenī novērota patlaban neizskaidrojama vairākkārtēja kalcija jonu koncentrācijas paaugstināšanās, salīdzinot ar iepriekšējā gada rudenī.

30 cm dziļumā ievāktajos augsnes ūdens paraugos gan saimnieciskās darbības ietekmētajās platībās, gan kontroles platībā 2013.gada rudenī magnija jonu koncentrācija bijusi augstāka nekā 2012.gada rudenī (Attēls 0.43). 60 cm dziļumā platībā, kur izvākta stumbru biomasa, augsnes ūdens magnija jonu koncentrācija 2013.gada ir līdzīga 2012.gadā konstatētajai, savukārt kontroles platībā tā ir samazinājusies.





Attēls 0.43. Kālija, kalcija un magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Vilkukalns (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Kūdrēnī kālija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.067 līdz 6.320 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.660 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.060 līdz 5.577 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 0.438 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.4). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, kālija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā nedaudz palielinājusies. Būtisks kālija jonu koncentrācijas samazinājums konstatēts izcirtumā, kur izvākta stumbra biomasa, 30 cm dziļumā ( $p=0.024$ ). (Attēls 0.44).

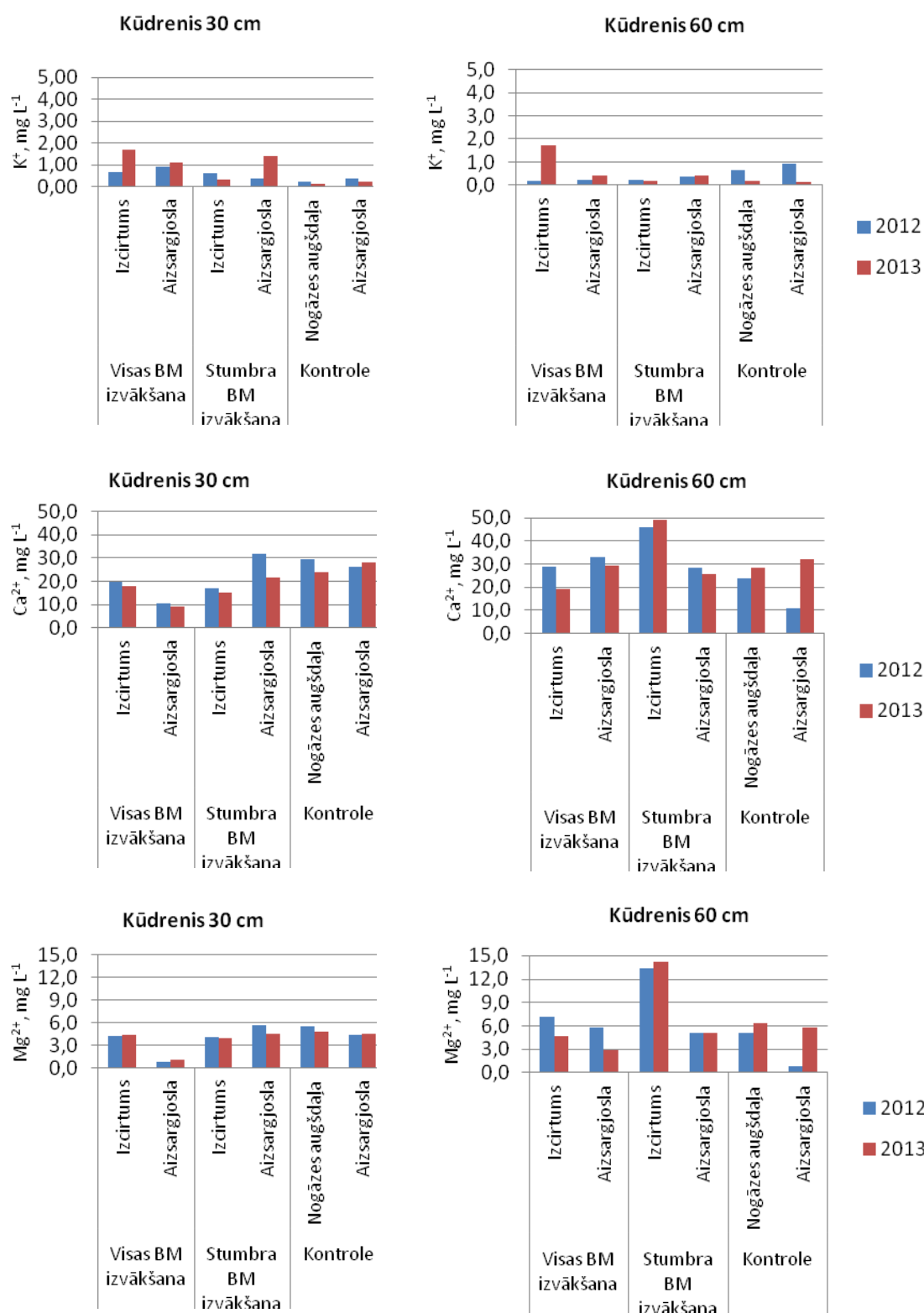
Kalcija jonu koncentrācija augsnes ūdenī šajā objektā 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.263 līdz 54.175 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 20.458 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.528 līdz 75.590 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 31.387 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.4). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, kalcija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā nedaudz samazinājusies. Platībā, kur izvākta stumbra biomasa, kalcija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā samazinājusies, bet 60 cm dziļumā - palielinājusies, taču abos gadījumos nebūtiski (Attēls 0.44). Būtiskas kalcija koncentrācijas izmaiņas šajā objektā vērojamas tikai kontroles platībā, kur koncentrācija samazinājusies ( $p=0.003$ ).

Kūdrēnī magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.397 līdz 11.360 mg L<sup>-1</sup> (vidēji 4.186 mg L<sup>-1</sup>), bet 60 cm dziļumā - no 0.000 līdz 22.800 mg

L<sup>-1</sup>

(vidēji

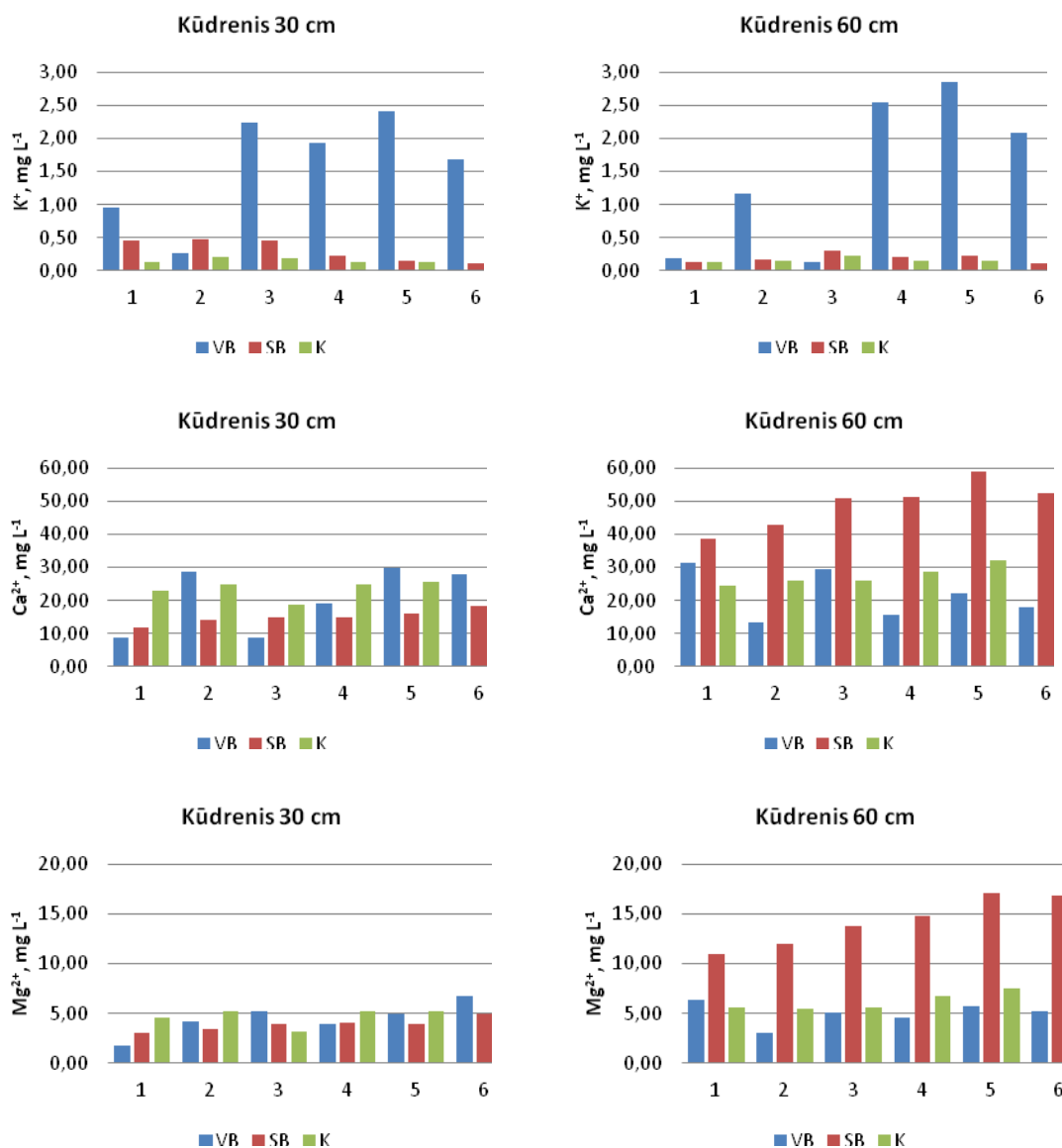
6.980 mg L<sup>-1</sup>) (Tabula 0.4). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā saglabājusies iepriekšējā gada līmenī, bet 60 cm dziļumā nedaudz samazinājusies. Arī izcirtumā, kur izvākta stumbra biomas, magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā bija tāda pati kā 2012.gadā, bet 60 cm dziļumā tā nedaudz palielinājusies. (Attēls 0.44). Izmaiņas nevienā gadījumā nav būtiskas.



Attēls 0.44. Kālija, kalcijs un magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012. un 2013. gadā objektā Kūdrenis

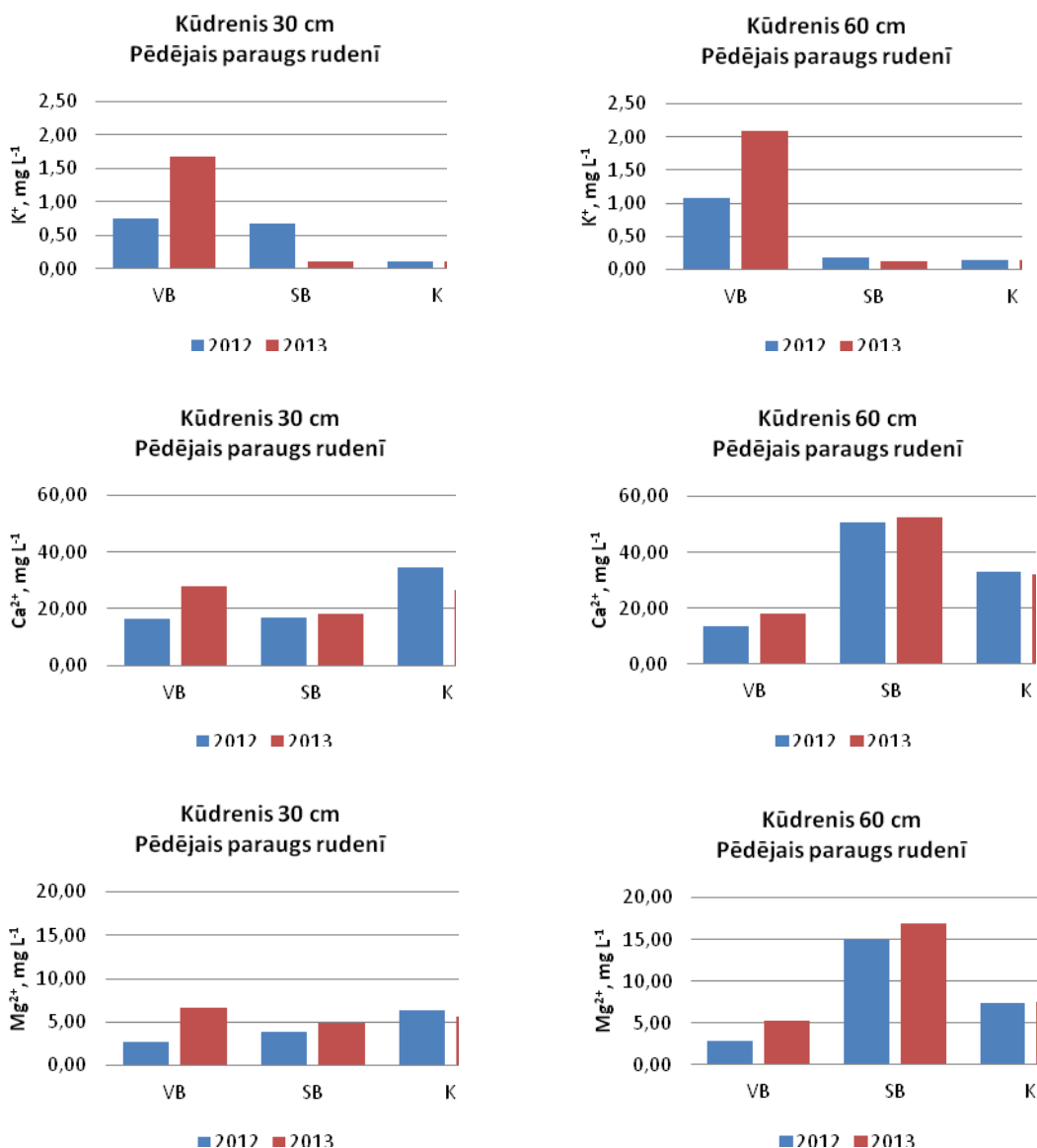
Kūdrenī vismazākās augsnes ūdens kālija jonu koncentrācijas sezonālās izmaiņas vērojamas kontroles platībā (Attēls 0.45). Platībā, kur izvēta stumbru biomasa, 30 cm dziļumā novērojumu perioda gaitā kālija jonu koncentrācija augsnes ūdenī pakāpeniski samazinājusies. Visaugstākās augsnes ūdens kālija jonu koncentrācijas un arī visizteiktākās sezonālās svārstības vērojamas izcirtumā, kur izvēta visa biomasa.

Šajā pašā platībā konstatētas arī visizteiktākās kalcijs un magnija jonu koncentrācijas sezonālās svārstības augsnes ūdenī (Attēls 0.45). 30 cm dziļumā vismazākās sezonālās kalcijs un magnija jonu koncentrācijas atšķirības konstatētas platībā, kur izvēta tikai stumbru biomasa. Savukārt 60 cm dziļumā visa novērojumu perioda gaitā šajā platībā vērojama paaugstināta  $Ca^{2+}$  un  $Mg^{2+}$  koncentrācija ar tendenci pieaugt pēdējos paraugu ņemšanas mēnešos. Papildus ietekmējošs faktors bez saimnieciskās darbības ietekmes varētu būt arī pētījuma objekta lokalizācija un ar bāziskajiem katjoniem bagāto pazemes spiedes ūdeņu izķīlēšanās. Kontroles platībā abos dziļumos augsnes ūdens kalcijs un magnija koncentrācijas novērojumu periodā saglabājušās visai stabilas.



Attēls 0.45. Kālija, kalcijs un magnija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Kūdrenis (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Kontroles platībā bāzisko katjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013.gada rudenī bija visai līdzīga, izņemot  $\text{Ca}^{2+}$  un  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrāciju 30 cm dziļumā, kas 2013.gadā bija zemāka nekā 2012.gadā (Attēls 0.46). Platībā, kur izvākta visa biomasa, augsnes ūdens kālija, kalcija un magnija jonu koncentrācija 2013.gada rudenī bija augstāka nekā 2012.gada rudenī. Platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, kālija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2013.gada rudenī bija zemāka nekā 2012.gada rudenī, pie tam 30 cm dziļumā atšķirība bija ievērojami lielāka. Kalcija koncentrācija augsnes ūdenī šajā platībā 2012.un 2013.gada rudenī bija visai līdzīga, bet magnija koncentrācija 2013.gada rudenī abos dziļumos bija lielāka nekā 2012.gada rudenī.



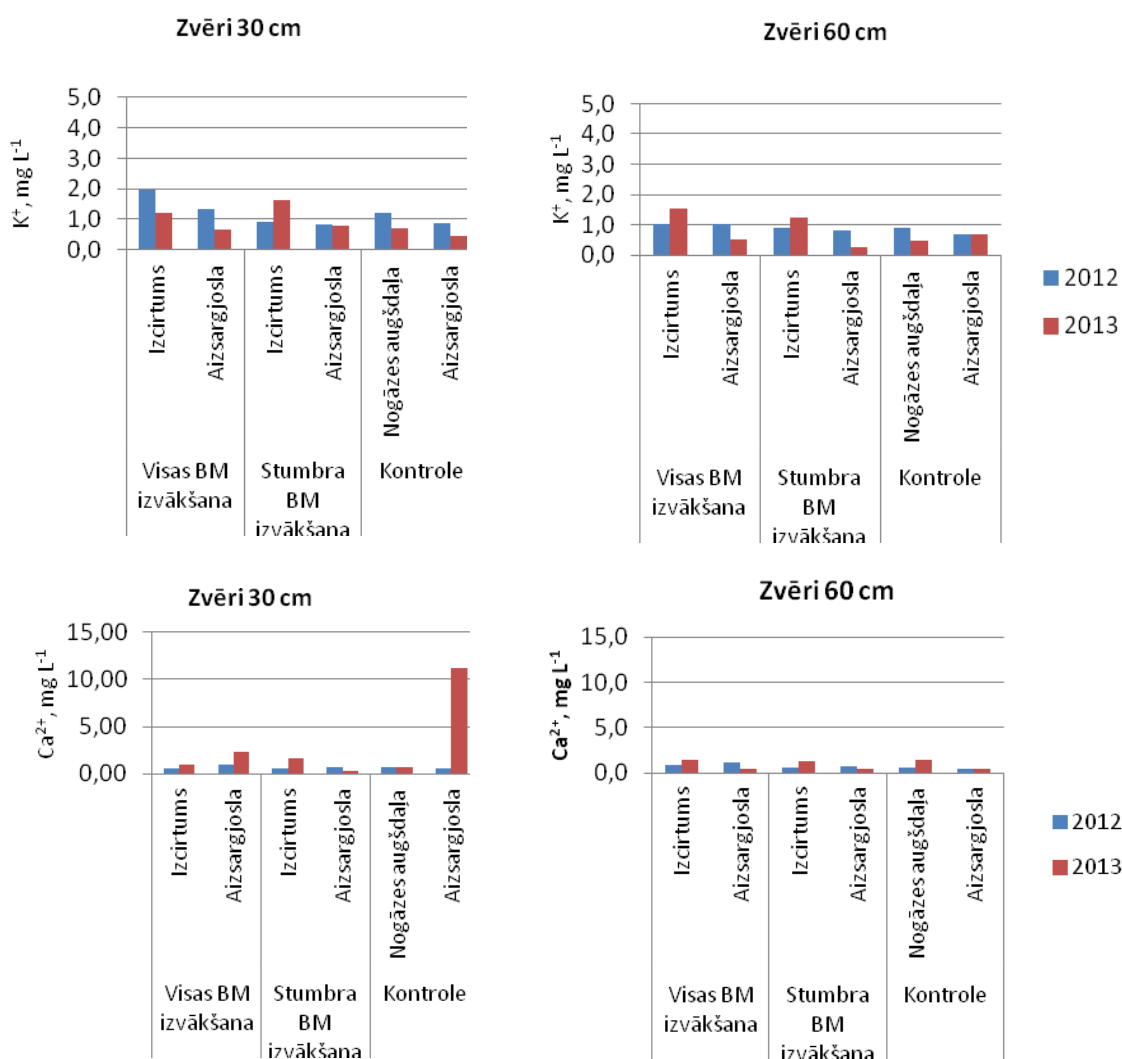
Attēls 0.46. Kālija, kalcija un magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Kūdrenis (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

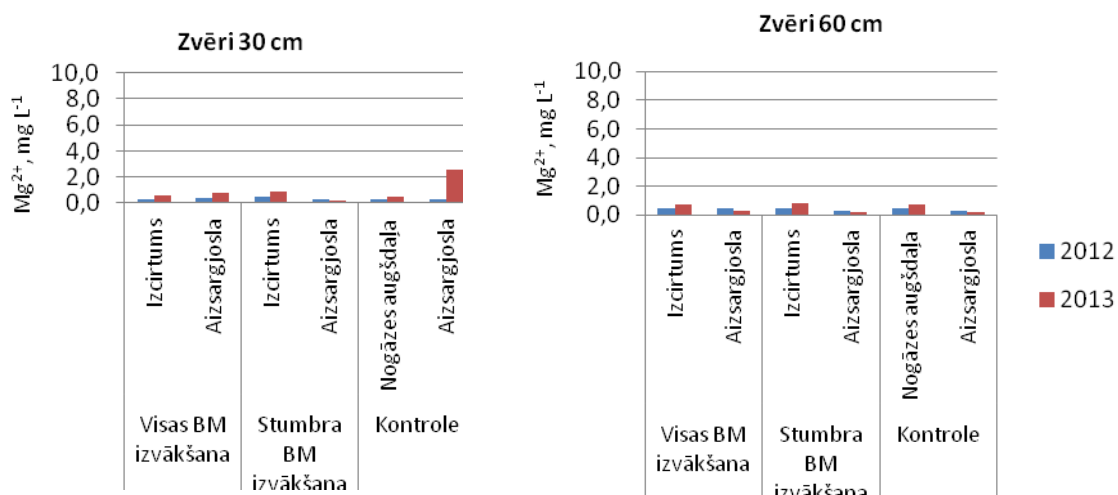
Objektā Zvēri kālija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.182 līdz 4.575  $\text{mg L}^{-1}$  (vidēji 1.148  $\text{mg L}^{-1}$ ), bet 60 cm dziļumā - no 0.210 līdz 3.130  $\text{mg L}^{-1}$  (vidēji 0.984  $\text{mg L}^{-1}$ ) (Tabula 0.5). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, kālija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā nedaudz samazinājusies, bet 60 cm dziļumā - būtiski palielinājusies ( $p=0.009$ ). Izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasa, kālija jonu koncentrācija augsnes ūdenī palielinājusies gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā, taču atšķirības nav būtiskas. Aizsargjoslās, kā arī kontroles slejā kālija jonu koncentrācija samazinājusies vai palikusi

iepriekšējā gada līmenī (Attēls 0.47). Kontroles slejas augšdaļā 60 cm dziļumā kālija koncentrācijas samazinājums ir būtisks ( $p=0.042$ ).

Objektā Zvēri kalcija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.158 līdz 33.100  $\text{mg L}^{-1}$  (vidēji 2.248  $\text{mg L}^{-1}$ ), bet 60 cm dziļumā - no 0.049 līdz 4.675  $\text{mg L}^{-1}$  (vidēji 1.050  $\text{mg L}^{-1}$ ) (Tabula 0.5). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, kalcija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā nebūtiski palielinājusies. Arī izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasas, kalcija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā palielinājusies, pie tam augsnes virsējā slānī - būtiski ( $p=0.020$ ). Kontroles slejas apakšdaļā 30 cm dziļumā konstatēts ievērojams augsnes ūdens kalcija jonu koncentrācijas pieaugums 30 cm dziļumā, salīdzinot ar 2012.gadu (Attēls 0.47).

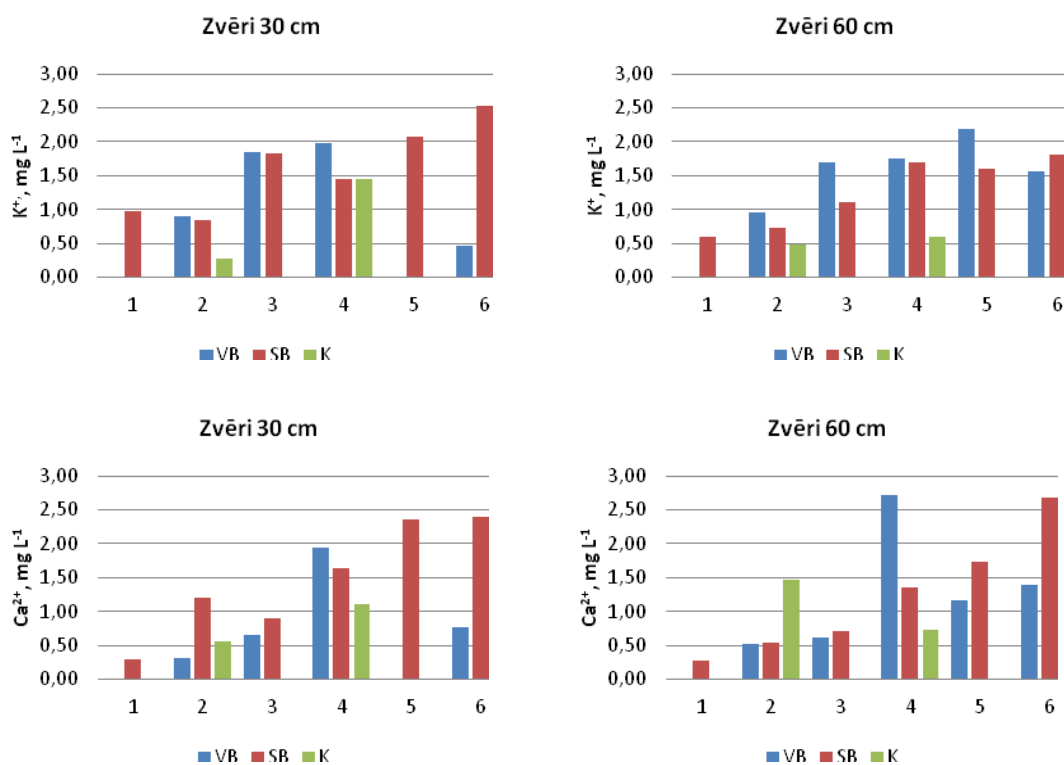
Objektā Zvēri magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 30 cm dziļumā 2013.gadā svārstījās no 0.126 līdz 7.420  $\text{mg L}^{-1}$  (vidēji 0.864  $\text{mg L}^{-1}$ ), bet 60 cm dziļumā - no 0.054 līdz 1.960  $\text{mg L}^{-1}$  (vidēji 0.592  $\text{mg L}^{-1}$ ) (Tabula 0.5). Platībā, kur veikta visas biomasas izvākšana, magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā būtiski palielinājusies (attiecīgi  $p=0.014$  un  $p=0.020$ ). Arī izcirtumā, kur izvākta stumbra biomasas, magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā palielinājusies (attiecīgi  $p=0.015$  un  $p=0.005$ ). (Attēls 0.47). Būtisks magnija jonu koncentrācijas pieaugums vērojams arī kontroles platībā 30 cm dziļumā ( $p=0.042$ ).

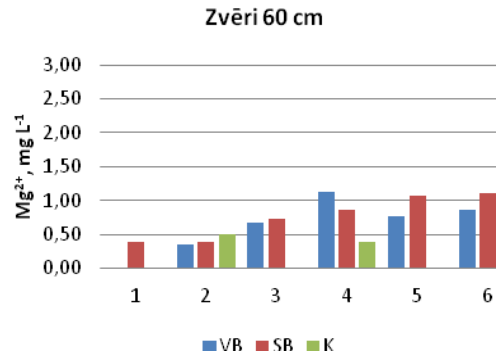
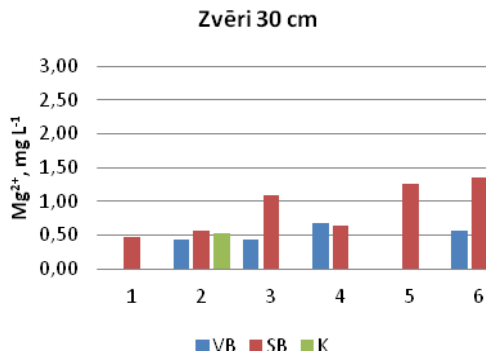




Attēls 0.47. Kālija, kalcija un magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā objektā Zvēri

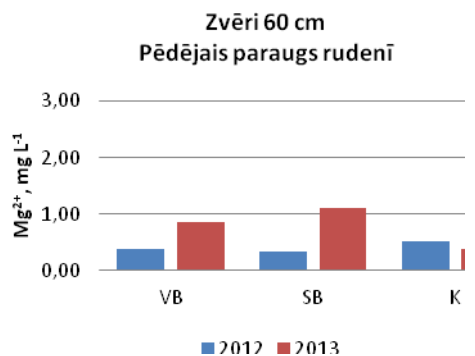
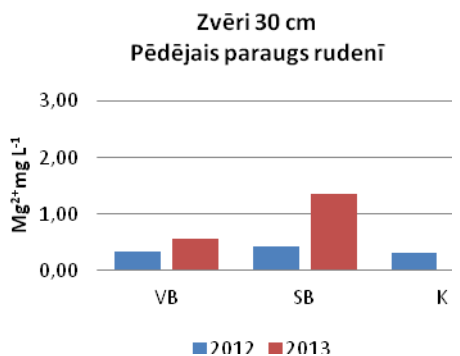
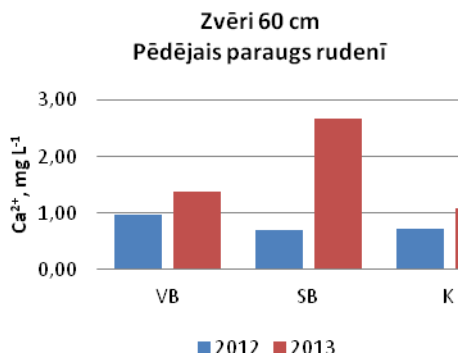
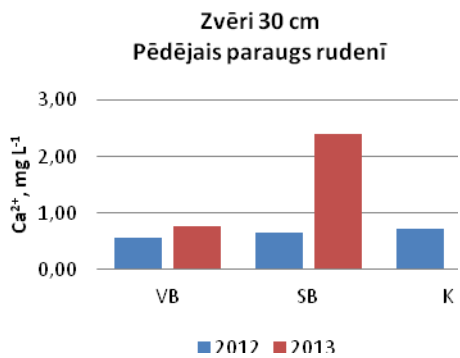
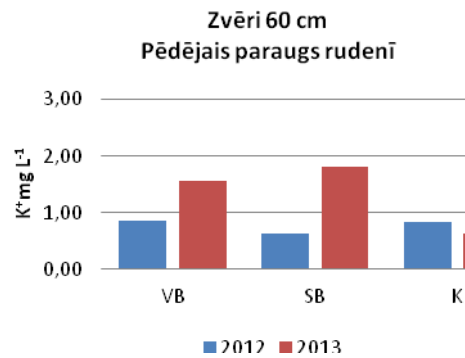
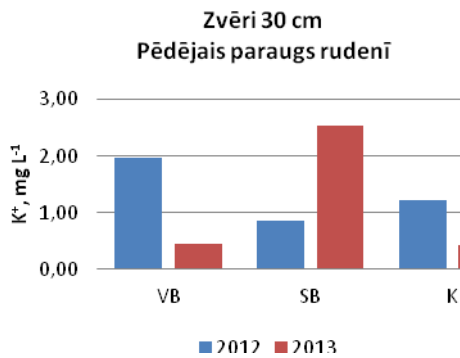
Platībā, kur izvākta stumbru biomasa, novērojumu perioda laikā bāzisko katjonu koncentrācijai augsnes ūdenī bija tendence palielināties abos dziļumos (Attēls 0.48). Visizteiktākās svārstības novērojumu perioda laikā novērojamas K<sup>+</sup> un Ca<sup>2+</sup> jonu koncentrācijai platībā, kur izvākta visa biomasa. Magnija jonu koncentrācija savukārt šajā platībā saglabājusies samērā līdzīga.





Attēls 0.48. Kālija, kalcija un magnija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī novērojumu perioda laikā 2013.gadā objektā Zvēri (VB - visa biomasa; SB - stumbra biomasa; K - kontrole)

Kontroles platībā kālija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2013.gada rudenī abos dziļumos bija zemāka nekā 2012.gada rudenī, tāpat arī magnija jonu koncentrācija 60 cm dziļumā (Attēls 0.49). Platībā, kur izvākta visa biomasa, bāzisko katjonu koncentrācija augsnes ūdenī 2013.gada rudenī gandrīz visos gadījumos bija augstāka nekā 2012.gada rudenī, izņemot K<sup>+</sup> koncentrāciju 30 cm dziļumā, kas samazinājies. Platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasa, bāzisko katjonu koncentrācija visos gadījumos 2013.gada rudenī bija augstāka nekā 2012.gada rudenī.



Attēls 0.49. Kālija, kalcija un magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī 2012.un 2013. gadā pēdējā rudenī ņemtajā paraugā objektā Zvēri (VB - visa biomasa; SB - stumbru biomasa; K - kontrole)

Kālija jonu vidējā koncentrācija augsnes ūdenī objektā Vilkukalns 2013.gada novērojumu periodā mainījās no 1.2 mg L<sup>-1</sup> kontroles platībā līdz 4.3 mg L<sup>-1</sup> platībā, kur izvākta stumbru biomasa. Kūdrēnī kālija jonu koncentrācija mainījās no 0.12 mg L<sup>-1</sup> kontroles platībā līdz 1.7 mg L<sup>-1</sup> platībā, kur izvākta visa biomasa. Objektā Zvēri vidējās koncentrācijas bija no 0.5 mg L<sup>-1</sup> kontroles platībā līdz 1.6 mg L<sup>-1</sup> izcirtumos. Kalcija jonu vidējā koncentrācija objektā Vilkukalns viszemākā bija platībā, kur izvākta stumbru biomasa, - 0.4 mg L<sup>-1</sup>, abos pārējos parauglaukumos tā bija ievērojami augstāka - vidēji 11.0 mg L<sup>-1</sup>. Kūdrēnī vidēji augstākā kalcija jonu koncentrācija konstatēta platībā, kur veikta kailcirte ar stumbra biomasas izvākšanu, - 49.1 mg L<sup>-1</sup>. Objektā Zvēri kalcija jonu vidējā koncentrācija augsnes ūdenī bija ievērojami zemāka un mainījās no 0.7 mg L<sup>-1</sup> kontroles platībā līdz 1.6 mg L<sup>-1</sup> platībā, kur izvākta stumbru biomasa. Objektā Vilkukalns vidēji viszemākā magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī bija platībā, kur izvākta stumbru biomasa, - 0.5 mg L<sup>-1</sup>, bet visaugstākā vidējā magnija jonu koncentrācija šajā objektā konstatēta kontroles platībā - 2.4 mg L<sup>-1</sup>. Kūdrēnī vidēji visaugstākā magnija jonu koncentrācija konstatēta platībā, kur izvākta stumbru biomasa, - 14.3 mg L<sup>-1</sup>. Objektā Zvēri magnija jonu koncentrācija vidēji bija viszemākā un mainījās no 0.5 mg L<sup>-1</sup> kontroles platībā līdz 0.8 mg L<sup>-1</sup> platībā, kur izvākta stumbru biomasa. Objektos sausieņu mežos bāzisko katjonu koncentrācijai augsnes ūdenī pēc kailcirtes ir tendence palielināties, magnija koncentrācija augsnes ūdenī objektā Zvēri palielinājusies arī kontroles platībā.

Tabula 0.3

Ķīmisko rādītāju minimālās, maksimālās un vidējās vērtības augsnes ūdenī objektā Vilkukalns (VB - izcirtums ar visas biomasas izvākšanu, SB - izcirtums ar stumbra biomasas izvākšanu; K - kontrole; VB A - aizsargjosla izcirtumam ar visas biomasas izvākšanu; SB A - aizsargjosla izcirtumam ar stumbra biomasas izvākšanu; K A - aizsargjosla kontroles slejai)

Parametrs	Vērtība	Viss objekts	VB	SB	K	VB A	SB A	KA
pH 30 cm	Min	4,7	5,6	4,7	6,1	5,7	5,0	7,3
	Max	8,2	8,1	7,9	7,9	8,1	7,7	8,2
	Vidēji	6,9	6,7	6,4	7,4	6,8	6,2	7,7
pH 60 cm	Min	6,0	6,3	6,6	6,7	6,7	6,0	7,3
	Max	8,3	7,6	7,9	7,7	8,1	7,9	8,3
	Vidēji	7,2	6,8	7,2	7,4	7,2	6,9	7,7
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 30 cm	Min	0,002	0,002	0,011	0,033	0,061	0,002	0,002
	Max	5,457	5,457	3,661	0,712	0,318	0,541	0,320
	Vidēji	0,775	2,175	1,771	0,286	0,180	0,212	0,072
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 60 cm	Min	0,002	0,029	0,015	0,013	0,040	0,007	0,002
	Max	7,770	3,261	6,277	1,417	7,770	0,249	0,157
	Vidēji	0,549	0,760	1,528	0,431	1,145	0,082	0,059
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 30 cm	Min	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,000	0,000
	Max	0,214	0,066	0,214	0,048	0,035	0,014	0,019
	Vidēji	0,018	0,013	0,056	0,018	0,020	0,005	0,006
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 60 cm	Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
	Max	0,054	0,009	0,054	0,015	0,022	0,015	0,038
	Vidēji	0,010	0,004	0,016	0,006	0,012	0,007	0,012
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 30 cm	Min	0,000	0,001	0,000	0,006	0,001	0,001	0,000
	Max	2,028	0,520	2,028	0,012	0,100	0,099	0,024
	Vidēji	0,100	0,121	0,435	0,010	0,019	0,016	0,007



Parametrs	Vērtība	Viss objekts	VB	SB	K	VB A	SB A	K A
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 60 cm	Min	0,000	0,006	0,006	0,006	0,001	0,000	0,000
	Max	0,840	0,098	0,106	0,840	0,026	0,057	0,020
	Vidēji	0,035	0,035	0,030	0,167	0,007	0,023	0,006
K <sup>+</sup> 30 cm	Min	0,142	0,748	0,629	0,719	0,208	0,142	0,179
	Max	7,550	7,550	6,930	5,450	2,152	1,175	0,709
	Vidēji	1,847	3,848	4,349	3,078	0,637	0,607	0,416
K <sup>+</sup> 60 cm	Min	0,173	0,704	0,369	0,341	0,174	0,295	0,173
	Max	4,523	3,355	4,523	1,872	1,232	1,377	0,898
	Vidēji	1,046	1,817	2,615	1,216	0,577	0,844	0,522
Ca <sup>2+</sup> 30 cm	Min	0,141	0,199	0,178	0,395	0,141	0,342	19,965
	Max	45,050	45,050	1,245	42,315	32,630	17,960	40,670
	Vidēji	16,506	10,999	0,445	11,068	19,305	6,885	32,250
Ca <sup>2+</sup> 60 cm	Min	0,000	3,083	0,000	0,243	0,314	0,353	23,920
	Max	41,555	11,544	9,845	5,942	30,895	24,920	41,555
	Vidēji	16,097	7,613	1,553	1,928	14,715	9,673	33,712
Mg <sup>2+</sup> 30 cm	Min	0,303	0,303	0,436	0,350	0,413	0,368	4,960
	Max	9,815	3,415	0,770	5,055	6,975	5,300	9,815
	Vidēji	3,881	1,421	0,517	2,360	4,289	2,343	7,482
Mg <sup>2+</sup> 60 cm	Min	0,162	1,020	0,162	0,370	0,383	0,223	5,820
	Max	9,355	1,249	1,514	3,335	6,570	8,535	9,355
	Vidēji	4,061	1,138	0,488	1,312	3,197	3,065	7,701
N <sub>kop.</sub> 30 cm	Min	0,080	0,340	0,550	0,300	0,460	0,300	0,080
	Max	7,380	7,380	7,330	1,970	1,770	2,970	1,230
	Vidēji	1,467	2,792	3,412	0,965	0,975	0,906	0,285
N <sub>kop.</sub> 60 cm	Min	0,070	0,390	0,170	0,160	0,300	0,080	0,070
	Max	6,970	3,770	6,970	2,880	0,750	0,950	0,220
	Vidēji	0,851	1,248	2,911	1,080	0,489	0,364	0,130

Tabula 0.4

Ķīmisko rādītāju vērtības augsnes ūdenī objektā Kūdrenis (VB - izcirtums ar visas biomasas izvākšanu, SB - izcirtums ar stumbra biomasas izvākšanu; K - kontrole; VB A - aizsargjosla izcirtumam ar visas biomasas izvākšanu; SB A - aizsargjosla izcirtumam ar stumbra biomasas izvākšanu; K A - aizsargjosla kontroles slejai)

Parametrs	Vērtība	Viss objekts	VB	SB	K	VB A	SB A	K A
pH 30 cm	Min	4,4	4,4	6,7	7,1	4,7	6,6	6,3
	Max	8,4	7,4	8,4	8,2	7,0	8,0	7,9
	Vidēji	7,0	5,8	7,6	7,5	6,2	7,2	7,1
pH 60 cm	Min	5,0	5,0	6,0	7,1	5,5	6,6	6,7
	Max	8,5	7,7	8,5	8,1	7,3	7,9	8,0
	Vidēji	7,2	6,4	7,8	7,5	6,5	7,0	7,3
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 30 cm	Min	0,019	0,622	0,129	0,019	0,200	0,020	0,023
	Max	18,355	18,355	9,423	3,527	14,481	9,333	12,353
	Vidēji	4,023	8,683	1,842	1,235	5,981	4,826	4,370
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 60 cm	Min	0,002	0,252	0,076	0,008	1,903	0,002	0,007
	Max	20,281	16,156	3,037	0,263	20,281	6,062	10,246

Parametrs	Vērtība	Viss objekts	VB	SB	K	VB A	SB A	K A
	Vidēji	2,902	6,466	0,902	0,104	8,089	0,955	2,151
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 30 cm	Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
	Max	0,372	0,020	0,014	0,027	0,202	0,372	0,049
	Vidēji	0,017	0,009	0,005	0,007	0,041	0,061	0,017
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 60 cm	Min	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003
	Max	0,087	0,030	0,017	0,087	0,011	0,030	0,054
	Vidēji	0,015	0,013	0,004	0,028	0,004	0,017	0,017
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 30 cm	Min	0,003	0,006	0,007	0,003	0,006	0,005	0,008
	Max	1,059	0,766	0,030	0,184	1,059	0,102	0,044
	Vidēji	0,065	0,164	0,015	0,021	0,237	0,027	0,016
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 60 cm	Min	0,001	0,001	0,004	0,005	0,002	0,007	0,005
	Max	0,493	0,493	0,277	0,094	0,085	0,080	0,042
	Vidēji	0,040	0,129	0,044	0,026	0,024	0,018	0,014
K <sup>+</sup> 30 cm	Min	0,067	0,113	0,067	0,084	0,174	0,085	0,101
	Max	6,320	4,637	0,915	0,271	3,377	6,320	0,742
	Vidēji	0,660	1,682	0,313	0,150	1,130	1,415	0,244
K <sup>+</sup> 60 cm	Min	0,060	0,096	0,060	0,100	0,099	0,133	0,070
	Max	5,577	5,577	0,461	0,265	0,919	1,515	0,296
	Vidēji	0,438	1,741	0,192	0,161	0,405	0,397	0,150
Ca <sup>2+</sup> 30 cm	Min	0,263	0,263	7,837	12,440	0,800	1,621	21,345
	Max	54,175	54,175	23,130	28,940	26,325	29,110	34,390
	Vidēji	20,458	18,065	14,958	23,951	9,167	21,602	28,013
Ca <sup>2+</sup> 60 cm	Min	0,528	0,528	33,320	22,460	1,244	13,600	24,010
	Max	75,590	37,105	75,590	32,480	63,610	36,485	42,490
	Vidēji	31,387	19,234	49,080	28,242	29,177	25,450	32,105
Mg <sup>2+</sup> 30 cm	Min	0,397	0,397	1,434	0,842	0,570	3,870	2,965
	Max	11,360	11,360	8,175	6,100	2,005	5,535	6,035
	Vidēji	4,186	4,330	3,913	4,838	1,144	4,602	4,510
Mg <sup>2+</sup> 60 cm	Min	0,000	0,424	7,760	5,025	0,000	3,195	3,920
	Max	22,800	7,970	22,800	7,650	5,145	6,970	8,065
	Vidēji	6,980	4,755	14,247	6,404	2,862	5,087	5,726
N <sub>kop.</sub> 30 cm	Min	1,130	1,170	1,130	1,400	2,000	2,250	2,540
	Max	43,610	43,610	9,930	8,390	25,310	17,270	20,040
	Vidēji	8,162	15,082	3,643	3,564	10,479	10,657	10,006
N <sub>kop.</sub> 60 cm	Min	0,630	1,190	0,630	1,060	5,500	1,560	1,400
	Max	34,330	18,950	5,270	1,990	34,330	10,480	18,700
	Vidēji	5,379	9,226	2,092	1,283	14,696	4,259	5,623

Tabula 0.5

Ķīmisko rādītāju vērtības augsnes ūdenī objektā Zvēri (VB - izcirtums ar visas biomasas izvākšanu, SB - izcirtums ar stumbra biomasas izvākšanu; K - kontrole; VB A - aizsargjosla izcirtumam ar visas biomasas izvākšanu; SB A - aizsargjosla izcirtumam ar stumbra biomasas izvākšanu; K A - aizsargjosla kontroles slejai)

Parametrs	Vērtība	Viss objekts	VB	SB	K	VB A	SB A	K A
pH 30 cm	Min	5,3	6,6	5,3	6,6	6,4	5,9	6,3

Parametrs	Vērtība	Viss objekts	VB	SB	K	VB A	SB A	K A
	Max	7,6	7,1	7,1	7,1	7,6	6,9	7,3
	Vidēji	6,6	6,8	6,2	6,8	7,1	6,4	6,6
pH 60 cm	Min	5,1	5,7	5,1	6,5	6,8	6,5	5,9
	Max	7,8	7,4	7,0	7,1	7,8	6,9	7,6
	Vidēji	6,6	6,6	6,1	6,7	7,2	6,6	6,4
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 30 cm	Min	0,002	0,214	0,235	0,002	0,112	0,011	0,020
	Max	5,730	5,730	5,661	0,240	0,518	1,358	0,278
	Vidēji	1,232	1,875	2,774	0,074	0,327	0,121	0,146
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 60 cm	Min	0,011	0,198	0,262	0,108	0,019	0,011	0,015
	Max	8,311	3,061	8,311	0,317	1,021	0,963	0,163
	Vidēji	1,164	2,094	3,215	0,177	0,361	0,301	0,096
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 30 cm	Min	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
	Max	0,071	0,046	0,057	0,028		0,002	0,071
	Vidēji	0,012	0,012	0,009	0,014		0,001	0,023
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 60 cm	Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Max	0,043	0,018	0,011	0,021	0,043	0,025	0,013
	Vidēji	0,007	0,006	0,005	0,008	0,014	0,010	0,005
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 30 cm	Min	0,002	0,006	0,003	0,006	0,002	0,006	0,005
	Max	0,068	0,068	0,036	0,036	0,036	0,050	0,025
	Vidēji	0,017	0,029	0,014	0,017	0,016	0,020	0,010
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 60 cm	Min	0,001	0,002	0,002	0,006	0,001	0,006	0,006
	Max	0,156	0,042	0,156	0,069	0,053	0,017	0,023
	Vidēji	0,017	0,016	0,031	0,015	0,015	0,011	0,010
K <sup>+</sup> 30 cm	Min	0,182	0,361	0,415	0,272	0,668	0,210	0,182
	Max	4,575	2,442	4,575	1,443	0,668	1,767	0,565
	Vidēji	1,148	1,218	1,628	0,716	0,668	0,774	0,430
K <sup>+</sup> 60 cm	Min	0,210	0,734	0,363	0,215	0,490	0,210	0,308
	Max	3,130	2,196	3,130	0,823	0,526	0,312	1,323
	Vidēji	0,984	1,557	1,238	0,498	0,508	0,276	0,673
Ca <sup>2+</sup> 30 cm	Min	0,158	0,257	0,158	0,456	2,273	0,180	0,158
	Max	33,100	3,124	2,846	1,104	2,273	0,296	33,100
	Vidēji	2,248	0,954	1,602	0,743	2,273	0,241	11,146
Ca <sup>2+</sup> 60 cm	Min	0,049	0,231	0,278	0,264	0,364	0,140	0,049
	Max	4,675	3,804	4,675	2,304	0,555	0,613	0,793
	Vidēji	1,050	1,376	1,351	1,455	0,459	0,364	0,420
Mg <sup>2+</sup> 30 cm	Min	0,126	0,335	0,297	0,469	0,778	0,143	0,126
	Max	7,420	0,701	1,728	0,582	0,778	0,232	7,420
	Vidēji	0,864	0,537	0,848	0,525	0,778	0,202	2,602
Mg <sup>2+</sup> 60 cm	Min	0,054	0,227	0,282	0,512	0,285	0,115	0,054
	Max	1,960	1,426	1,960	0,866	0,332	0,201	0,255
	Vidēji	0,592	0,766	0,816	0,689	0,308	0,158	0,155
N <sub>kop.</sub> 30 cm	Min	0,120	0,730	0,600	0,320	0,540	0,220	0,120
	Max	7,290	6,130	7,290	0,560	0,960	0,590	0,270
	Vidēji	1,894	2,243	3,817	0,413	0,750	0,325	0,212
N <sub>kop.</sub> 60 cm	Min	0,120	0,600	0,620	0,140	0,410	0,200	0,120

Parametrs	Vērtība	Viss objekts	VB	SB	K	VB A	SB A	K A
	Max	9,370	3,290	9,370	0,670	1,570	0,980	0,340
	Vidēji	1,424	2,438	3,627	0,352	0,769	0,451	0,220

Objektā Damaksnis, salīdzinot 2012. gada un 2013.gada datus, tendence samazināties novērota nitrātjonu un fosfātjonu koncentrācijām, taču nitrātjonu koncentrācija samazinājusies gan izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, gan arī kontroles platībā. Pieaugošu tendenci uzrādīja kālija, kalcija un magnija jonu saturs, savukārt amonija jonu saturs saimnieciskās darbības skartajā platībā palielinājies, bet kontroles platībā - samazinājies. 2013. gadā šajā objektā tika konstatētas vairākas atšķirības starp atsevišķiem parauglaukumiem. Piemēram, augsnes ūdens pH vērtība 2013.gadā izcirtumā ar stumbru biomasas izvākšanu 60 cm dziļumā bija būtiski augstāka nekā izcirtumā ar visas biomasas izvākšanu ( $p=0.025$ ), arī kontroles parauglaukumā 60 cm dziļumā tā bija augstāka nekā parauglaukumā, kur izvākta visa biomasa ( $p=0.027$ ). Būtiski atšķīrās arī amonija jonu koncentrācija 30 cm dziļumā starp izcirtumu ar stumbru biomasas izvākšanu un kontroles platību, kontroles platībā tā bija zemāka ( $p=0.033$ ). Kalcija jonu koncentrācija platībā, kur izvākta visa biomasa, augsnes dziļākajā slānī bija būtiski augstāka, gan salīdzinot ar platību, kur izvākta tikai stumbru biomasa ( $p=0.027$ ), gan, salīdzinot ar kontroles platību ( $p=0.027$ ).

Objektā Kūdreņis pēc saimnieciskās darbības veikšanas būtiski samazinājušās augsnes ūdens nitrātjonu, fosfātjonu, amonija jonu un kālija jonu koncentrācijas platībā, kur izvākta visa biomasa. Kontroles platībā novērota nitrātjonu, fosfātjonu, amonija jonu un kalcija jonu koncentrācijas samazināšanās, salīdzinot ar 2012.gadu. Izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasa, 30 cm dziļumā konstatēta augsnes ūdens pH vērtības palielināšanās. Salīdzinot augsnes ūdens ķīmisko sastāvu 2013.gadā starp atsevišķiem parauglaukumiem šā objekta ietvaros, secināts, ka pH vērtība platībā, kur izvākta stumbru biomasa, abos dziļumos bija būtiski augstāka nekā izcirtumā ar visas biomasas izvākšanu ( $p$ -vērtība 0.000 abiem dziļumiem) un 60 cm dziļumā arī augstāka nekā kontroles platībā ( $p=0.012$ ). Savukārt izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, augsnes ūdens pH vērtības bija būtiski zemākas nekā kontroles platībā (30 cm dziļumā  $p=0.000$ , 60 cm dziļumā  $p=0.002$ ). Augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija parauglaukumā, kur izvākta visa biomasa, bija būtiski augstāka nekā parauglaukumā, kur izvākta stumbru biomasa (30 cm dziļumā  $p=0.017$ , 60 cm dziļumā  $p=0.014$ ) un arī būtiski augstāka nekā kontroles parauglaukumā (30 cm dziļumā  $p=0.004$ , 60 cm dziļumā  $p=0.000$ ). Parauglaukumā, kur izvākta stumbru biomasa, augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija 60 cm dziļumā bija būtiski augstāka nekā kontroles parauglaukumā ( $p=0.001$ ). Fosfātjonu koncentrācija 60 cm dziļumā gan platībā, kur izvākta visa biomasa, gan kontroles platībā, bija būtiski augstāka nekā platībā, kur izvākta tikai stumbru biomasa ( $p$ -vērtības attiecīgi 0.002 un 0.000). Amonija jonu koncentrācija izcirtumā ar visas biomasas izvākšanu virsējā augsnes slānī bija augstāka nekā izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasa, un kontroles platībā ( $p$ -vērtības attiecīgi 0.010 un 0.009). Kālija jonu koncentrācija izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, 30 cm dziļumā bija būtiski augstāka nekā izcirtumā ar stumbru biomasas izvākšanu ( $p=0.026$ ) un kontroles platībā ( $p=0.001$ ). Kalcija jonu koncentrācija augsnes virsējā slānī izcirtumā ar stumbru biomasas izvākšanu bija zemāka nekā kontroles platībā ( $p=0.000$ ), bet 60 cm dziļumā - augstāka nekā izcirtumā ar visas biomasas izvākšanu un kontroles platībā ( $p$ -vērtības abos gadījumos 0.000). Arī magnija jonu koncentrācija augsnes virsējā slānī izcirtumā ar stumbru biomasas izvākšanu bija zemāka nekā kontroles platībā ( $p=0.044$ ), bet 60 cm dziļumā - augstāka nekā izcirtumā ar visas biomasas izvākšanu un kontroles platībā ( $p$ -vērtības abos gadījumos 0.000).

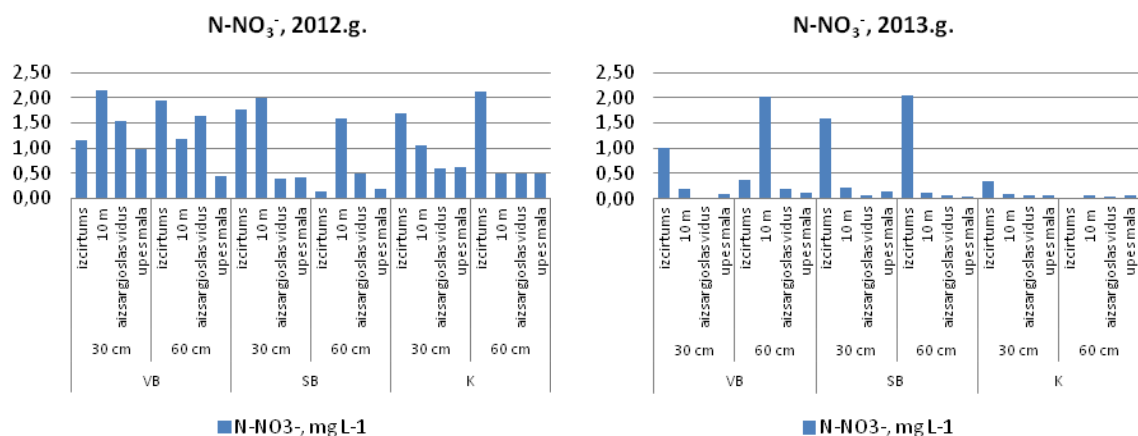
Objektā Zvēri konstatēts visvairāk būtisku atšķirību starp augsnes ūdens ķīmisko sastāvu 2012.un 2013.gadā. Platībās, kur veikta saimnieciskā darbība, augsnes dziļākajos slāņos pH vērtība samazinājusies, bet kontroles platībā - palielinājusies. Kontroles platībā abos augsnes slāņos konstatēta nitrātjonu un amonija jonu koncentrācijas samazināšanās, 60 cm dziļumā - arī kālija koncentrācijas samazināšanās. Šajā objektā visos parauglaukumos konstatēta magnija

koncentrācijas palielināšanās, izņemot kontroles platību 60 cm dziļumā. Apsaimniekotajos parauglaukumos palielinājusies arī kālija un kalcija jonu koncentrācija, tāpat nitrātujonu koncentrācija augsnes virsējā slānī izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasa, un augsnes ūdens pH vērtība izcirtumā, kur izvākta visa biomasa. Salīdzinot 2013.gada datus par augsnes ūdens ķīmisko sastāvu viena objekta ietvaros, konstatēts, ka augsnes ūdens pH gan platībā, kur izvākta visa biomasa (30 cm dziļumā  $p=0.009$ , 60 cm dziļumā  $p=0.040$ ), gan kontroles platībā (30 cm dziļumā  $p=0.028$ , 60 cm dziļumā  $p=0.005$ ) bija augstāks nekā platībā, kur izvākta stumbru biomasa. Savukārt nitrātujonu koncentrācija gan platībā, kur izvākta visa biomasa (30 cm dziļumā  $p=0.002$ , 60 cm dziļumā  $p=0.001$ ), gan platībā, kur izvākta stumbru biomasa (30 cm dziļumā  $p=0.001$ , 60 cm dziļumā  $p=0.000$ ), bija būtiski augstāka nekā kontroles platībā.

### 1.3.1.6. Aizsargjoslas ietekme uz biogēno elementu koncentrāciju

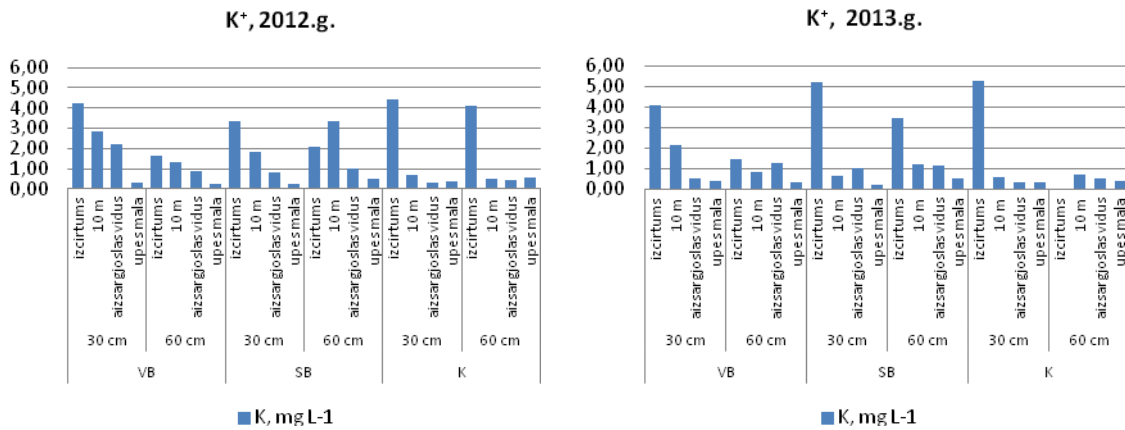
Lai konstatētu, kāda ir aizsargjoslas ietekme uz barības vielu saturu augsnes ūdenī, tika salīdzinātas elementu 2012.un 2013.gada novērojuma periodu vidējās koncentrācijas augsnes ūdenī trijās paraugu ņemšanas vietās aizsargjoslā un aizsargjoslai tuvākajā lizimetru pārī mežaudzē/izcirtumā.

Salīdzinot nitrātujonu koncentrāciju objektā Vilkukalns 2012.un 2013.gadā, aizsargjoslā tā ir samazinājusies visās paraugu ņemšanas vietās, izņemot augsnes dziļāko slāni 60 cm attālumā no izcirtuma malas, kur izvākta visa biomasa (Attēls 0.50). Izcirtumā pie aizsargjoslas malas nitrātujonu koncentrāciju vidējie rādītāji bija salīdzinoši augstāki nekā aizsargjoslā, tomēr atšķirība nevienā gadījumā nebija statistiski būtiska.



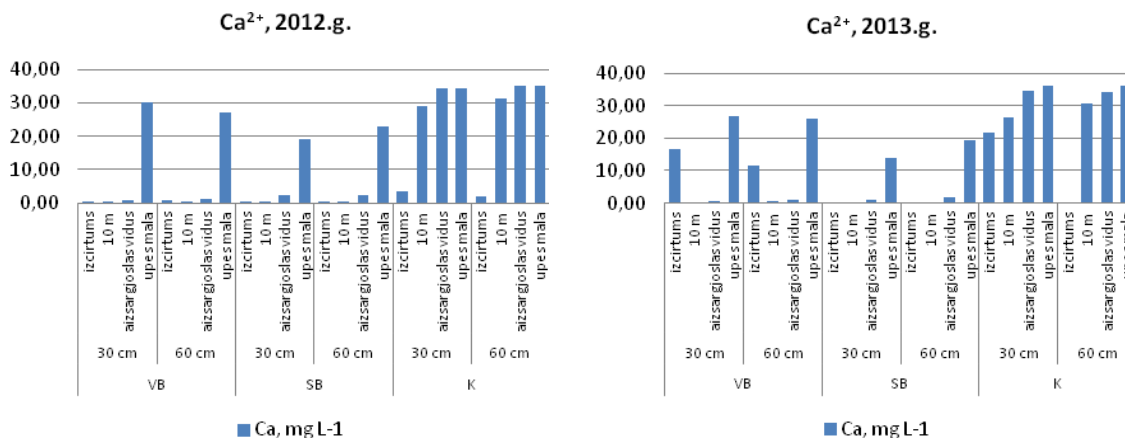
Attēls 0.50. Nitrātujonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Vilkukalns 2012.un 2013.gadā

Kālija jonu koncentrācija gandrīz visos gadījumos 2012.gadā mežaudzē ņemtajos paraugos vidēji bija augstāka nekā aizsargjoslā, turklāt virzienā pa nogāzi uz leju kālija koncentrācijai bija tendence samazināties (Attēls 0.51). Pēc saimnieciskās darbības veikšanas izcirtumā tā saglabājusies iepriekšējā gada līmenī vai nedaudz paaugstinājusies, bet aizsargjoslā, salīdzinot ar periodu pirms kailcirtes, lielākajā daļā gadījumu samazinājusies. Atšķirībām starp atsevišķām paraugu ņemšanas vietām aizsargjoslā leļpus platībām, kur veikta kailcirte, ir tendence samazināties, salīdzinot ar iepriekšējo novērojumu periodu.



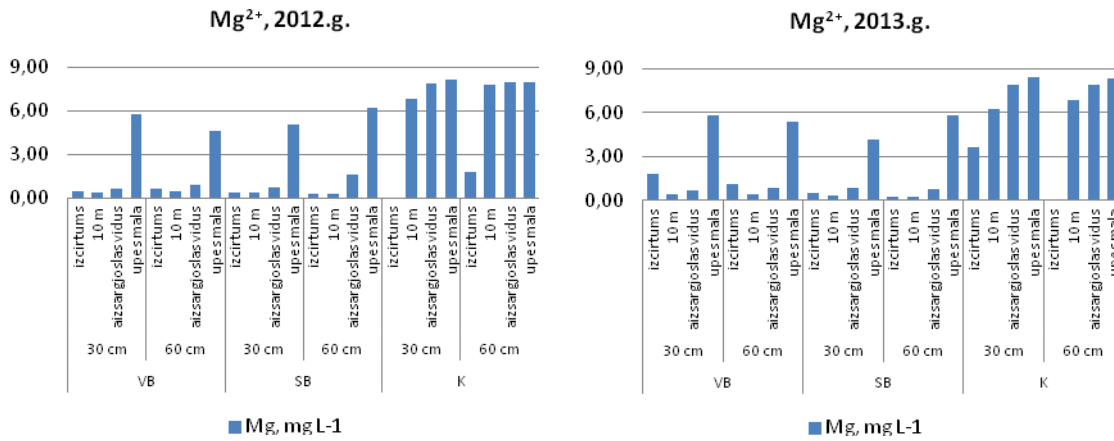
Attēls 0.51. Kālija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Vilkukalns 2012.un 2013.gadā

2012.gadā augsnes ūdens kalcijs jonu koncentrācija abās slejās, kur tika plānota saimnieciskā darbība, visaugstākā bija paraugu ņemšanas vietā vistuvāk upei, bet kontroles slejā augsta kalcijs jonu koncentrācija tika konstatēta visas aizsargjoslas platumā (Attēls 0.52). Salīdzinot 2012.un 2013.gada datus, kalcijs jonu koncentrācija pie upes saglabājusies aptuveni iepriekšējā gada līmenī, taču palielinājusies izcirtumā, kur izvēkta visa biomasa. Kalcijs jonu koncentrācijas paaugstināšanās gan konstatēta arī kontroles slejā mežaudzē virs aizsargjoslas. Arī pēc kailcirtes veikšanas visaugstākās kalcijs jonu koncentrācijas saglabājās paraugu ņemšanas vietās pie upes.



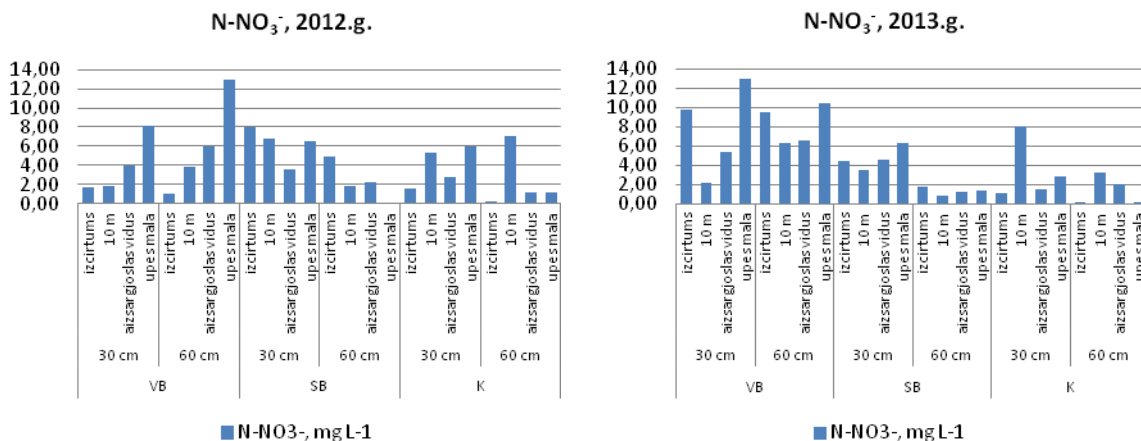
Attēls 0.52. Kalcijs jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Vilkukalns 2012.un 2013.gadā

Līdzīgi kā kalcijs jonu gadījumā, novērojumu periodā pirms saimnieciskās darbības veikšanas visaugstākās magnijs koncentrācijas konstatētas paraugu ņemšanas vietās vistuvāk upei un kontroles platībā visā aizsargjoslas platumā (Attēls 0.53). Pirmajā gadā pēc kailcirtes magnijs koncentrācijas palielinājušās gan izcirtumos, gan arī 10 m attālumā no izcirtuma un aizsargjoslas vidū pie abiem izcirtumiem, taču relatīvi nedaudz. Paraugu ņemšanas vietās pie upes magnijs koncentrācijas saglabājās visaugstākās arī pēc saimnieciskās darbības veikšanas. Augstais bāzisko katjonu saturs šajās paraugu ņemšanas vietās visticamāk skaidrojams ar hidroloģiskajām īpatnībām un upītes krastā esošajiem avotiem.



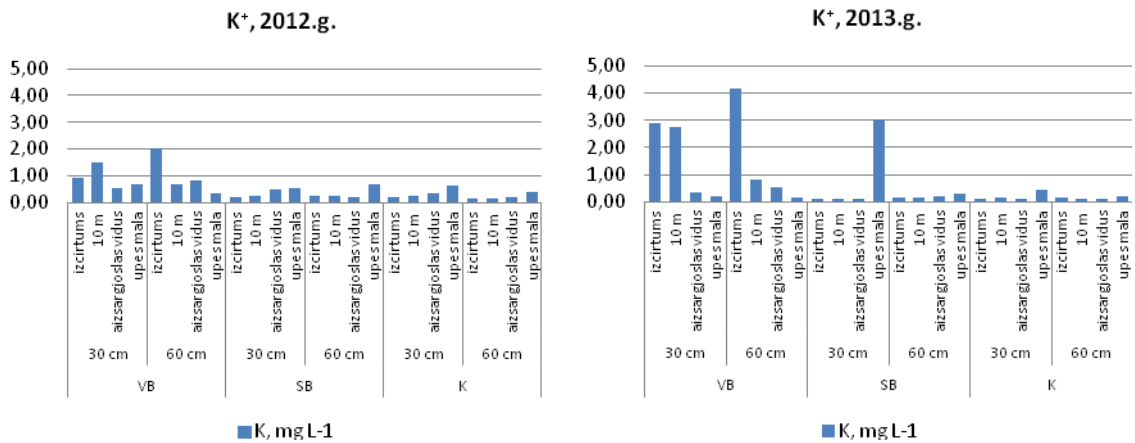
Attēls 0.53. Magnija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Vilkukalns 2012.un 2013.gadā

Objektā Kūdrēnis visaugstākā augsnes ūdens nitrātjonu koncentrācija 2012.gadā pirms saimnieciskās darbības veikšanas konstatēta slejā, kur paredzēta visas biomasas izvākšana, paraugu ņemšanas vietā vistuvāk ūdenstecei (Attēls 0.54). Pēc kailcirtes veikšanas paaugstinājusies nitrātjonu koncentrācija abos izcirtumos, kā arī augsnes dziļākajā slānī aizsargjoslā 10 m no izcirtuma malas blakus platībai, kur izvākta visa biomasa.



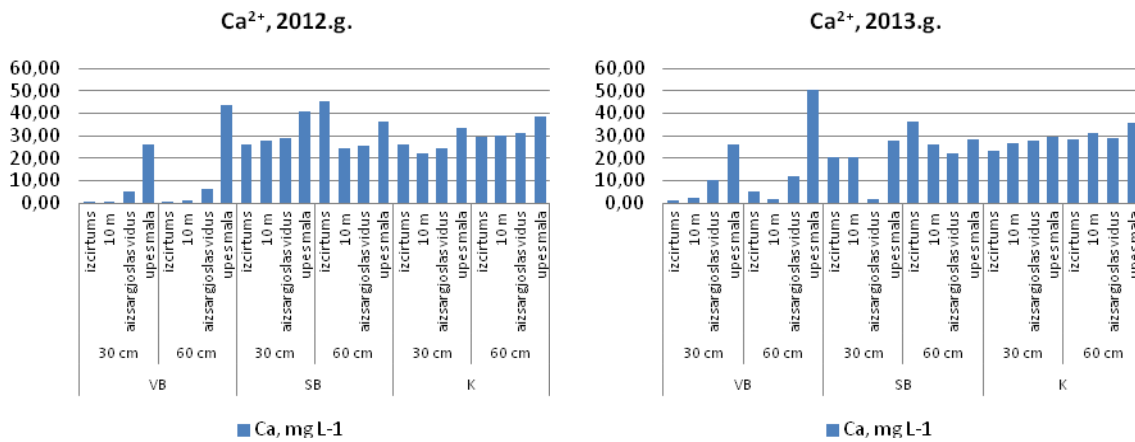
Attēls 0.54. Nitrātjonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Kūdrēnis 2012.un 2013.gadā

Kālija jonu koncentrācija pēc saimnieciskās darbības veikšanas palielinājusies izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, kā arī aizsargjoslā blakus šim izcirtumam, 10 m no izcirtuma malas augsnes virsējā slānī (Attēls 0.55). Kālija jonu koncentrācijas pieaugums konstatēts arī aizsargjoslā pie izcirtuma, kur izvākta stumbru biomasa, paraugos, kas ņemti vistuvāk ūdenstecei. Pārējās paraugu ņemšanas vietās kālija jonu koncentrācijai, salīdzinot ar 2012.gadu, ir tendence samazināties.



Attēls 0.55. Kālija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Kūdrenis 2012.un 2013.gadā

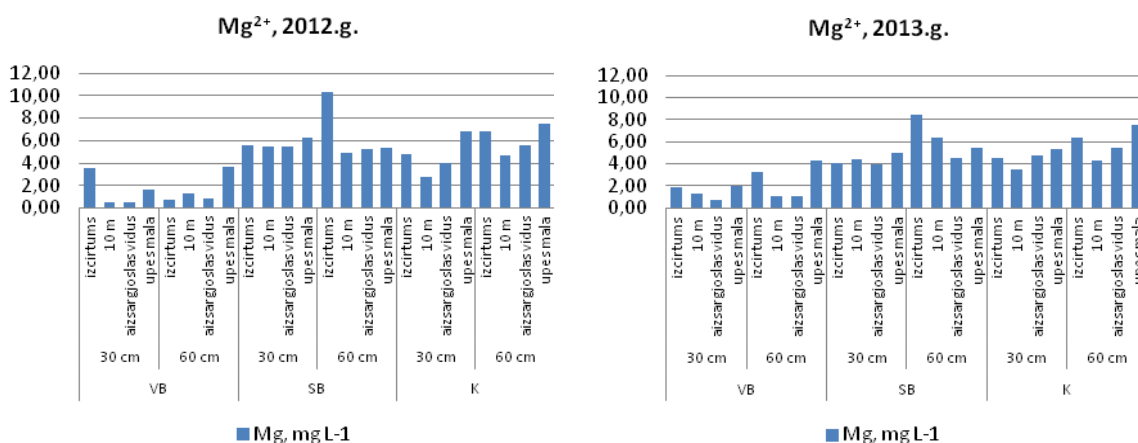
Pirms saimnieciskās darbības veikšanas 2012.gadā visaugstākās augsnes ūdens kalcijs jonu koncentrācijas tika konstatētas paraugu ņemšanas vietās pie ūdensteces, kā arī mežaudzē slejā, kur plānots veikt kailcirti ar stumbra biomasas izvākšanu (Attēls 0.56). Pēc kailcirtes veikšanas kalcijs jonu koncentrācija palielinājusies izcirtumā, kur izvākta visa biomasa, bet samazinājusies izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasa. Aizsargjoslā pie izcirtuma, kur izvākta visa biomasa, augsnes virsējā slānī kalcijs jonu koncentrācija augsnes ūdenī nedaudz palielinājusies, salīdzinot ar 2013.gadu. Palielinājums konstatēts arī kontroles platības aizsargjoslā augsnes virsējā slānī.



Attēls 0.56. Kalcijs jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Kūdrenis 2012.un 2013.gadā

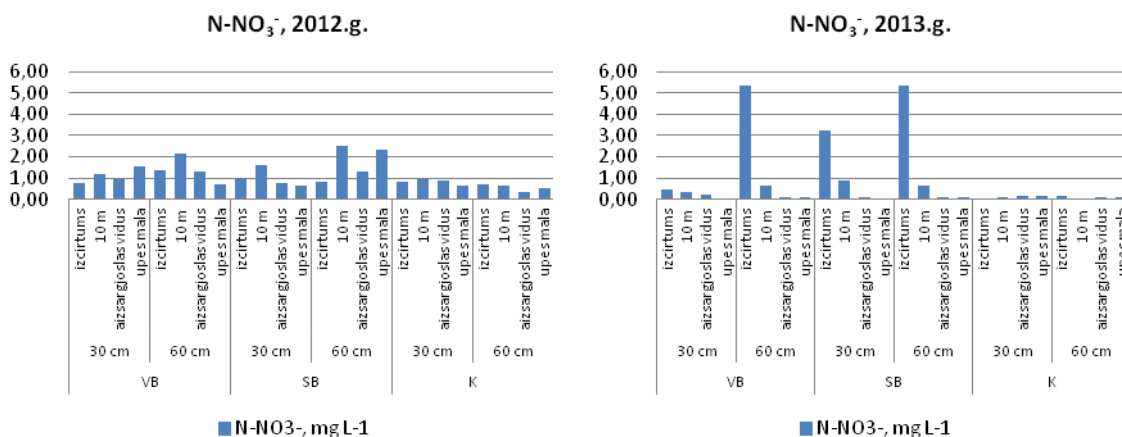
Magnija jonu koncentrācija augsnes ūdenī pēc saimnieciskās darbības veikšanas nedaudz palielinājusies aizsargjoslā pie izcirtuma, kur izvākta visa biomasa (Attēls 0.57). Aizsargjoslā pie platības, kur izvākta stumbru biomasa, augsnes virsējā slānī magnija koncentrācija augsnes ūdenī, salīdzinot ar 2012.gadu, ir samazinājusies, bet augsnes dziļākajā slānī 10 m no izcirtuma malas - nedaudz palielinājusies. Magnija jonu koncentrācija ir palielinājusies arī aizsargjoslā pie kontroles platības, 10 m attālumā no parauglaukuma malas.





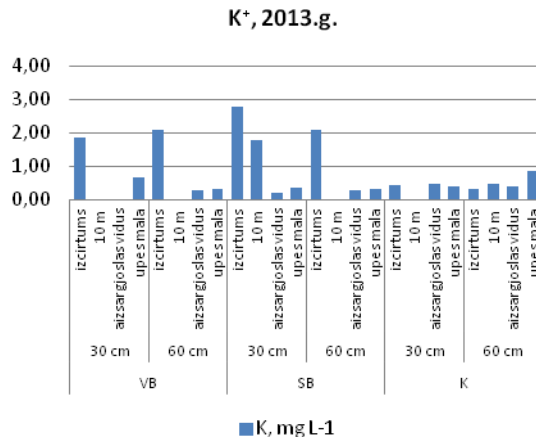
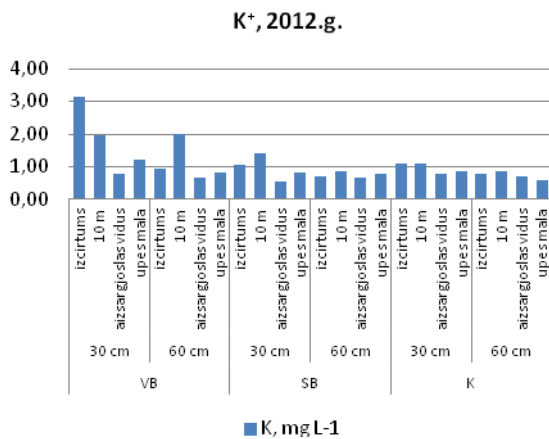
Attēls 0.57. Magnija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Kūdrenis 2012.un 2013.gadā

Objektā Zvēri nitrātjonu koncentrācijas augsnes ūdenī pēc saimnieciskās darbības veikšanas ir palielinājušās abās izcirtumu platībās, izņemot izcirtuma ar visas biomasas izvākšanu virsējo augsnes slāni (Attēls 0.58). Visās pārējās salīdzinātajās paraugu ņemšanas vietās nitrātjonu koncentrācija augsnes ūdenī, salīdzinot ar 2012. gadu, ir samazinājusies.



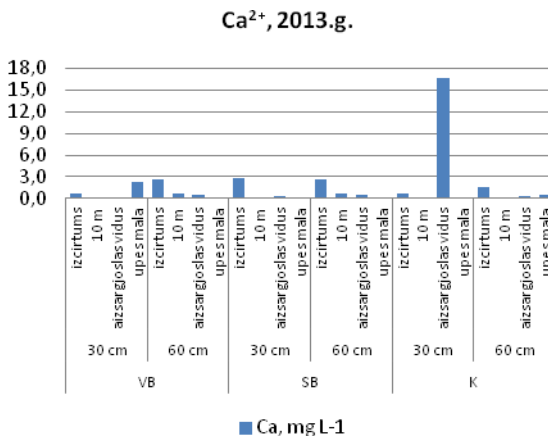
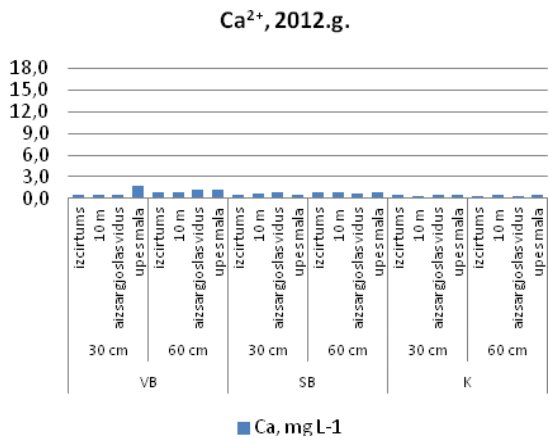
Attēls 0.58. Nitrātjonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Zvēri 2012.un 2013.gadā

Kālija koncentrācija augsnes ūdenī izcirtumā, kur izvākta visa biomas, ir samazinājusies 30 cm dziļumā, bet palielinājusies 60 cm dziļumā, savukārt izcirtumā, kur izvākta stumbru biomas, - palielinājusies abos dziļumos (Attēls 0.59). Aizsargjoslā pie izcirtuma, kur izvākta visa biomas, kālija koncentrācija augsnes ūdenī, salīdzinot ar 2012.gadu, ir samazinājusies, tāpat arī lielākajā daļā paraugu ņemšanas vietu aizsargjoslā pie izcirtuma, kur izvākta stumbru biomas. Izņēmums ir paraugu ņemšanas vieta 10 m no izcirtuma malas augsnes virsējā slānī, kur kālija jonu koncentrācija, salīdzinājumā ar novērojumu periodu pirms saimnieciskās darbības, ir palielinājusies.



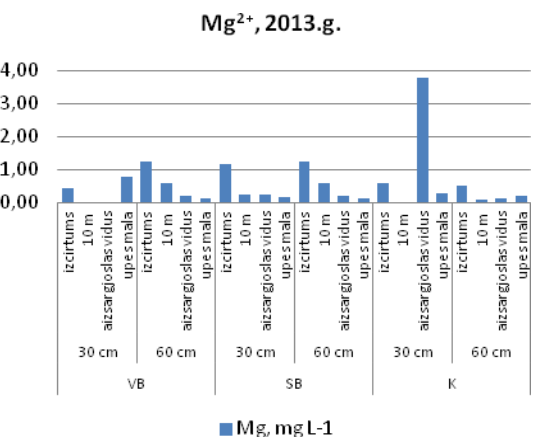
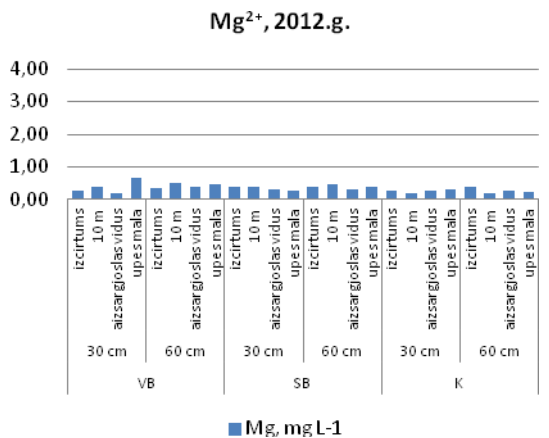
Attēls 0.59. Kālija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Zvēri 2012.un 2013.gadā

Kalcija jonu koncentrācijas augsnes ūdenī pēc saimnieciskās darbības veikšanas ir palielinājušās abās izcirtumu platībās, kā arī aizsargjoslas vidū pie kontroles parauglaukuma un pašā kontroles parauglaukumā (Attēls 0.60). Pārējās platībās kalcijs jonu koncentrācijai augsnes ūdenī ir tendence samazināties, salīdzinot 2012.un 2013.gada datus.



Attēls 0.60. Kalcijs jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Zvēri 2012. un 2013.gadā

Arī augsnes ūdens magnija jonu koncentrācija pēc saimnieciskās darbības ir palielinājusies izcirtumu platībās (Attēls 0.61). Aizsargjoslās magnija jonu koncentrācijas izmaiņas ir nelielas, izņēmums ir aizsargjosla pie kontroles platības, kuras vidū, līdzīgi kā ar kalcijs joniem, ir vērojams arī neizskaidrots magnija jonu koncentrācijas palielinājums augsnes ūdenī 30 cm dziļumā.

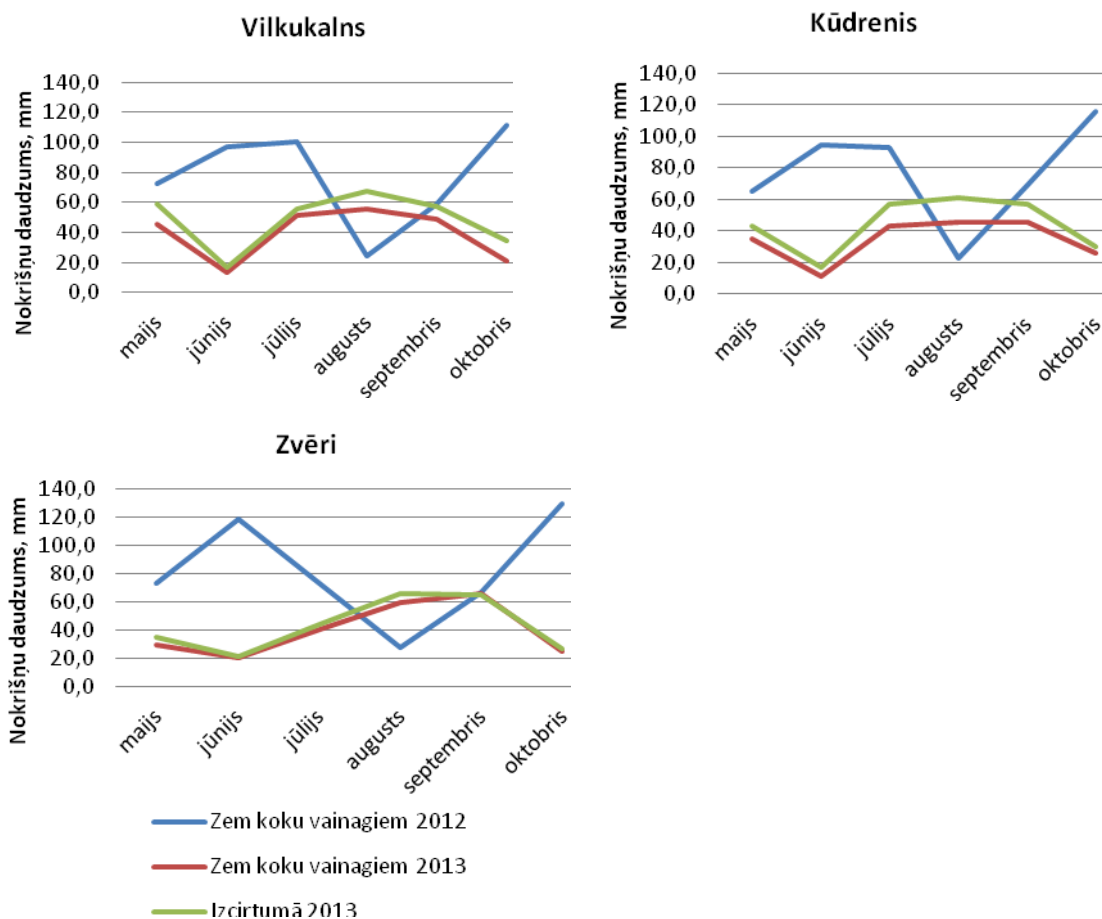


Attēls 0.61. Magnija jonu koncentrācijas izmaiņas augsnes ūdenī aizsargjoslā objektā Zvēri 2012. un 2013. gadā

Kopumā konstatēts, ka pirmajā gadā pēc kailcirtes izcirtumiem piegulošajā aizsargjoslā nav vērojama biogēno elementu koncentrācijas strauja palielināšanās augsnes ūdenī. Vairākos gadījumos fiksēta barības vielu koncentrācijas samazināšanās aizsargjoslā, taču izmaiņas ir nelielas, salīdzinot ar izcirtumā notiekošajām. Pie tam reizē ar biogēno elementu koncentrācijas izmaiņām aizsargjoslā pie izcirtumiem nereti konstatētas arī biogēno elementu koncentrāciju izmaiņas aizsargjoslā pie kontroles platības, kas norāda uz citiem, ar saimniecisko darbību nesaistītiem ietekmes faktoriem. Novērojumi jāturpina, lai iegūtu informāciju par aizsargjoslas nozīmi ilgākā termiņā.

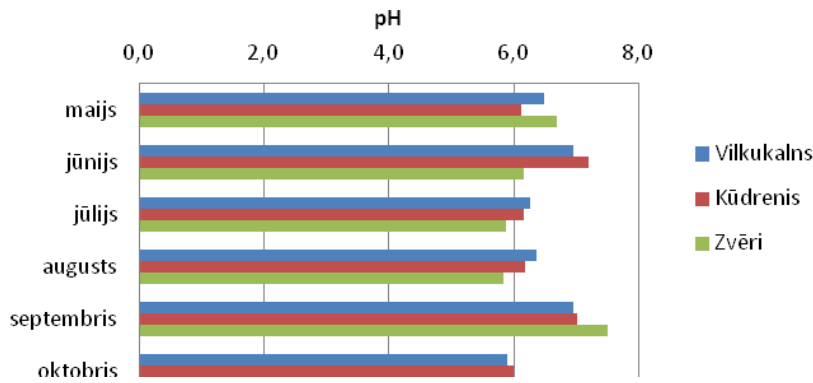
### 1.3.2. Nokrišņi

Kopējais nokrišņu daudzums pētījuma objektos novērojumu periodā (no maija līdz oktobra beigām) svārstījās no 206 mm līdz 238 mm zem koku vaināgiem un no 256 mm līdz 290 mm izcirtumā. Salīdzinot ar iepriekšējo gadu, kopējais nokrišņu daudzums bija ievērojami mazāks (salīdzinājumam - 2012. gadā pētījuma objektos izkrita kopā 490-517 mm nokrišņu), atšķiras arī nokrišņu daudzuma sadalījums pa mēnešiem (Attēls 0.62). Vislielākās nokrišņu daudzuma atšķirības zem koku vaināgiem un izcirtumā konstatētas objektā Kūdrenis, bet vismazākās - objektā Zvēri, kas atkarīgs no meža tipa un mežaudzes struktūras īpatnībām.



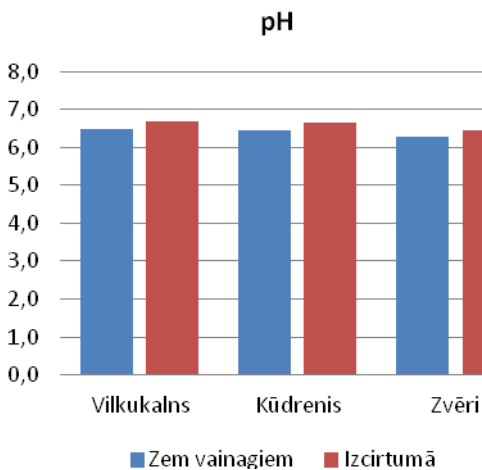
Attēls 0.62. Kopējais nokrišņu daudzums pētījuma objektos 2012. un 2013. gadā

Nokrišņu ūdens pH vērtības zem koku vaināgiem visos objektos svārstījās no 5.6 līdz 7.5, vidēji novērojumu periodā visos trijos objektos tās bija visai līdzīgas - 6.5 objektā Vilkkukalns, 6.4 objektā Kūdrenis un 6.4 objektā Zvēri. Nokrišņu pH svārstības pa mēnešiem parādītas 1.63. attēlā (Attēls 0.63).



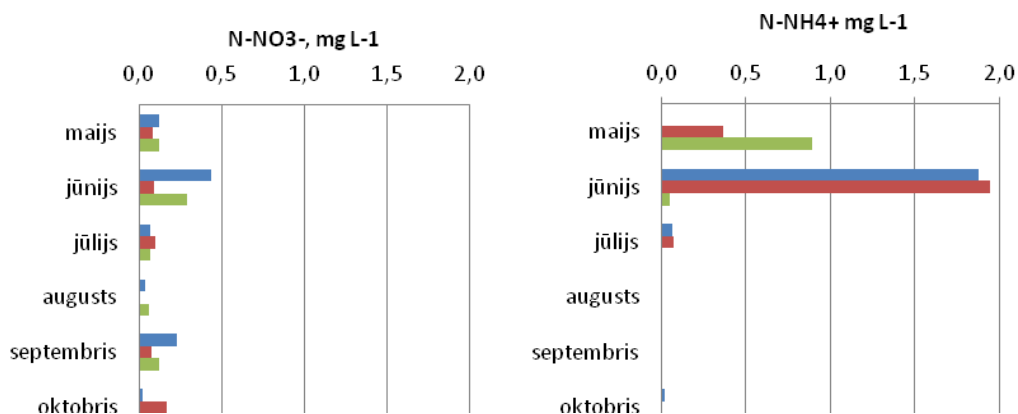
Attēls 0.63. pH izmaiņas nokrišņos zem koku vaināgiem pētījuma objektos novērojumu periodā

Ūdenim plūstot caur koku vaināgiem, tas absorbē vielas, kas nogulsņējušās uz skuju un lapu virsmas. Nokrišņi zem koku vaināgiem skuju koku mežos ir nedaudz skābāki nekā atklāta lauka nokrišņi, kas skaidrojams ar brīvo skābju daudzuma palielināšanos zem skuju koku vaināgiem. Šāda tendence novērojama arī visos mūsu pētījuma objektos (Attēls 0.64).



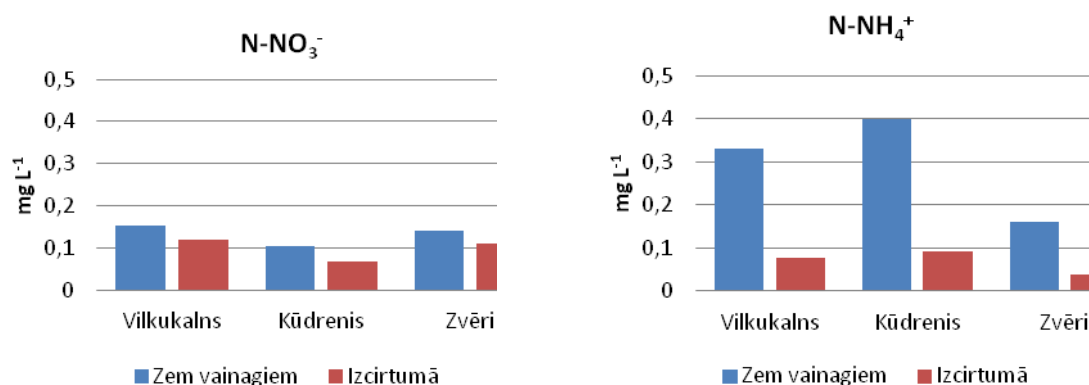
Attēls 0.64. Nokrišņu ūdens pH vērtības zem koku vaināgiem un izcirtumā pētījuma objektos 2013.gadā

Nitrātjonu koncentrācija nokrišņos objektā Vilkukalns zem koku vaināgiem svārstījās no 0.02 līdz 0.4 mg L<sup>-1</sup>, objektā Kūdrenis - no 0.07 līdz 0.2 mg L<sup>-1</sup>, bet objektā Zvēri - no 0.06 līdz 0.3 mg L<sup>-1</sup>. Maksimālā nitrātjonu koncentrācija objektos Vilkukalns un Zvēri konstatēta jūnijā. Objektā Kūdrenis nitrātjonu koncentrācija vasaras sākumā saglabājās visai nemainīga, augustā ievērojami samazinājās, bet pēc tam atkal palielinājās. Amonija jonu koncentrācija nokrišņos visos objektos svārstījās ļoti plašās robežās - Vilkukalnā un Kūdrēnī no 0.0004 līdz 1.9 mg L<sup>-1</sup>, objektā Zvēri no 0.0004 līdz 0.9 mg L<sup>-1</sup>. N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> koncentrācija objektā Zvēri maksimālā bija maijā, bet objektos Vilkukalns un Kūdrenis - jūnijā, pēc tam tā ievērojami samazinājās un līdz novērojumu perioda beigām saglabājās ļoti neliela. (Attēls 0.65).



Attēls 0.65. Nitrātjonu un amonija jonu saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos novērojumu periodā 2013.gadā

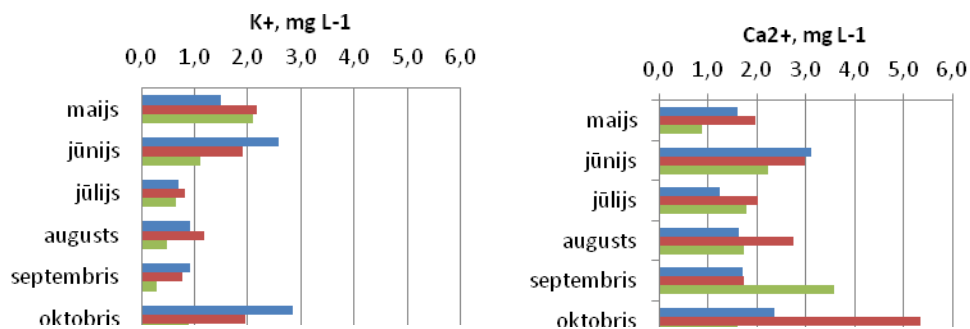
Nokrišņos, kas izkrīt caur koku vainagiem, konstatētās slāpekļa savienojumu koncentrācijas bija zemākas nekā atklāta lauka nokrišņos (Attēls 0.66). Līdzīga likumsakarība konstatēta arī Integrālā monitoringa parauglaukumos (Tērauda 2008).

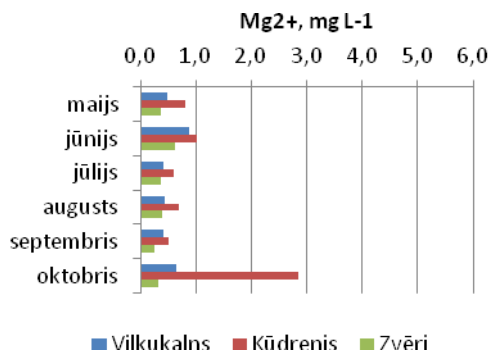


Attēls 0.66. Vidējās nitrātjonu un amonija jonu koncentrācijas nokrišņos zem koku vainagiem un izcirtumā pētījuma objektos 2013.gadā

Kālija jonu saturs nokrišņos zem koku vainagiem objektā Vilkkalns svārstījās no 0.7 līdz

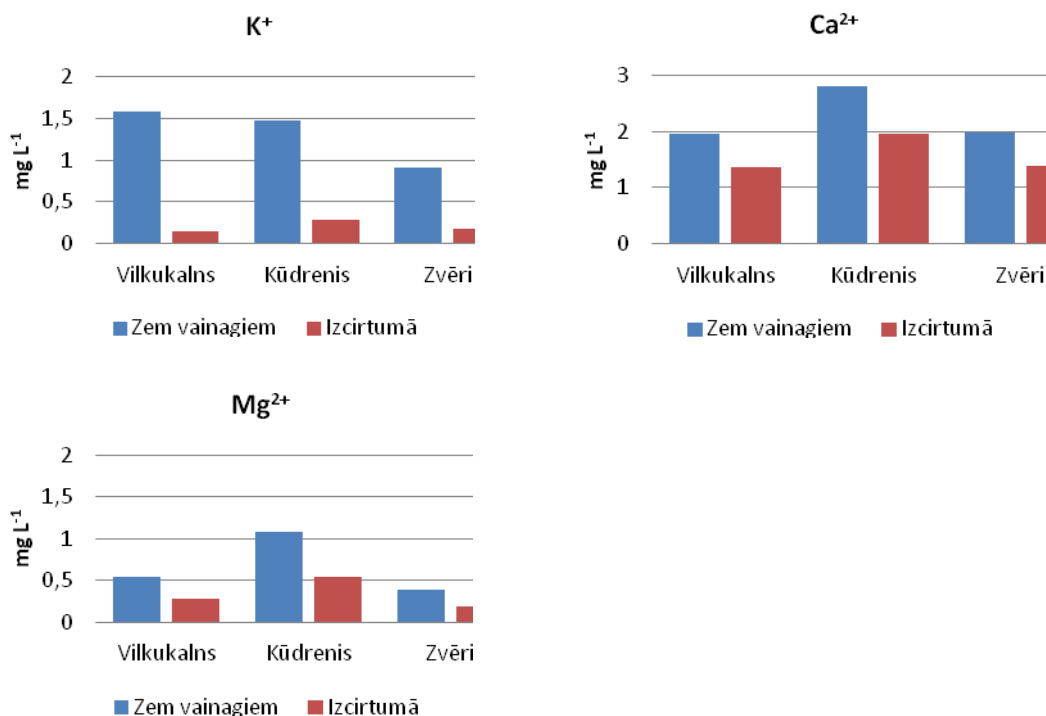
2.9 mg L<sup>-1</sup>, objektā Kūdrenis - no 0.8 līdz 2.2 mg L<sup>-1</sup>, bet objektā Zvēri - no 0.3 līdz 2.1 mg L<sup>-1</sup>. K<sup>+</sup> koncentrācija visos pētījuma objektos pakāpeniski līdz septembrim samazinājusies, bet oktobrī atkal pieaugusi (Attēls 0.67). Kalcija jonu saturs nokrišņu ūdenī objektā Vilkkalns svārstījās no 1.3 līdz 3.1 mg L<sup>-1</sup>, objektā Kūdrenis - no 1.7 līdz 5.3 mg L<sup>-1</sup>, bet objektā Zvēri - no 0.9 līdz 3.6 mg L<sup>-1</sup>. Objektā Vilkkalns tas vislielākais bija jūnijā, bet objektos Zvēri un Kūdrenis - attiecīgi septembrī un oktobrī. Magnija jonu saturs Vilkkalnā svārstījās robežās no 0.4 līdz 0.9 mg L<sup>-1</sup>, Kūdrenī - no 0.5 līdz 2.8 mg L<sup>-1</sup>, bet objektā Zvēri - no 0.3 līdz 0.6 mg L<sup>-1</sup>.





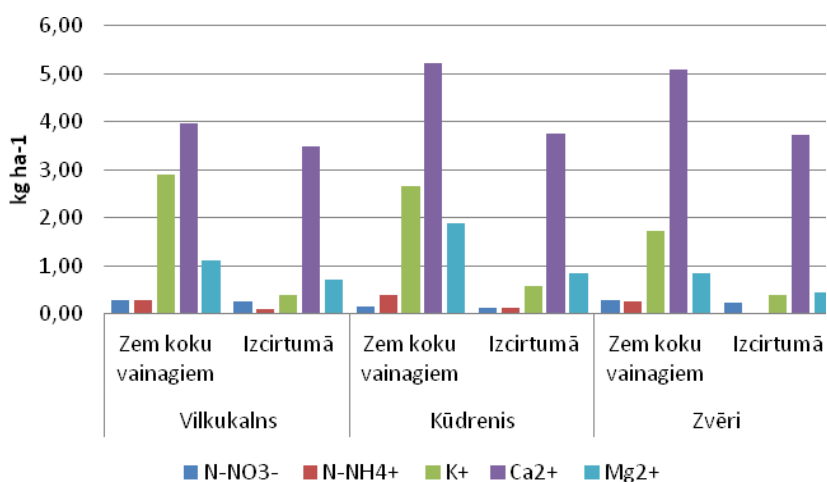
Attēls 0.67. Kālija, kalcijs un magnija saturs nokrišņu ūdenī pētījuma objektos novērojumu periodā

Bāzisko katjonu koncentrācija nokrišņos, kas izkrīt caur koku vainagiem, bija augstāka nekā nokrišņos, kas izkrīt izcirtumā, tas tāpat saistīts ar nogulsņējušos vielu noskalošanos no skujām un lapām (Attēls 0.68).



Attēls 0.68. Kālija, kalcijs un magnija vidējā koncentrācija nokrišņos zem vainagiem un izcirtumā pētījuma objektos 2013.gadā

1.69. attēlā parādīta summārā barības vielu ienese ar nokrišņiem novērojumu periodā zem koku vainagiem un izcirtumā (Attēls 0.69). Nitrātjonu ieneses apjoms pētījuma objektos samērā nedaudz atšķīrās abos objektos sausieņu mežos, bet Kūdrenī bija zemāks, savukārt Kūdrenī konstatēta vislielākā amonija jonu, kalcijs un magnija ienese. Visos objektos izcirtumā vielu ienese ar nokrišņiem bija mazāka nekā zem koku vainagiem. Gandrīz visu elementu ienese 2013.gadā bija mazāka nekā 2012.gadā, tas visticamāk skaidrojams ar nokrišņu daudzuma atšķirībām (Tabula 0.6).



Attēls 0.69. Ar nokrišņiem ienesto ķīmisko elementu kopējā masa pētījuma objektos zem koku vainagiem un izcirtumā 2013.gada novērojumu periodā

Tabula 0.6

Slāpekļa savienojumu un bāzisko katjonu ienese ar nokrišņiem pētījuma objektos 2012. un 2013. gadā (ZV - zem vainagiem; IZC - izcirtumā)

Objekts	Gads	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , kg ha <sup>-1</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , kg ha <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup> , kg ha <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> , kg ha <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> , kg ha <sup>-1</sup>
Vilkkukalns	2012	1,83	1,00	6,14	4,59	1,61
	2013 ZV	0,28	0,28	2,89	3,96	1,11
	2013 IZC	0,26	0,08	0,39	3,47	0,70
Kūdrenis	2012	2,46	1,60	8,20	4,98	2,70
	2013 ZV	0,16	0,38	2,67	5,23	1,89
	2013 IZC	0,12	0,12	0,59	3,76	0,84
Zvēri	2012	2,32	0,77	3,58	4,02	1,51
	2013 ZV	0,27	0,26	1,74	5,09	0,84
	2013 IZC	0,23	0,004	0,39	3,73	0,45

### 1.3.3. Gruntsūdens, upes ūdens, avota ūdens, pazemes spiedes ūdens

No gruntsūdens akām paraugi ņemti 11 reizes, kopā analizēti 176 paraugi. Gruntsūdenī noteikto parametru vidējās vērtības apkopotas 1.8.tabulā (

Tabula 0.7). Objektos Vilkukalns un Zvēri konstatētas ļoti līdzīgas pH vērtības, Kūdrenī tās bija nedaudz zemākas. Gruntsūdeņu pH vērtības nogāzes augšdaļā un lejasdaļā bija visai līdzīgas. Kūdrenī 2013.gadā konstatēta vidēji visaugstākā nitrātu, fosfātu un amonija jonu koncentrācija, salīdzinot ar pārējiem pētījuma objektiem, turklāt nitrātu un fosfātu koncentrācija šajā objektā ievērojami augstāka bija tieši nogāzes lejasdaļā. Kālija, kalcija un magnija jonu koncentrāciju atšķirības salīdzinoši nebija tik izteiktas. Salīdzinot ar 2012.gadu, nitrātu, fosfātu un amonija jonu vidējā koncentrācija visos objektos gandrīz visās gruntsūdens akās bija samazinājusies, līdzīga tendence vērojama saistībā ar kalciju. Kālija koncentrācija savukārt pieaugusi objektā Vilkukalns un arī objekta Kūdrenis nogāzes augšdaļā. Magnija koncentrācija palielinājusies Kūdrenī, bet samazinājusies abos pārējos pētījuma objektos.

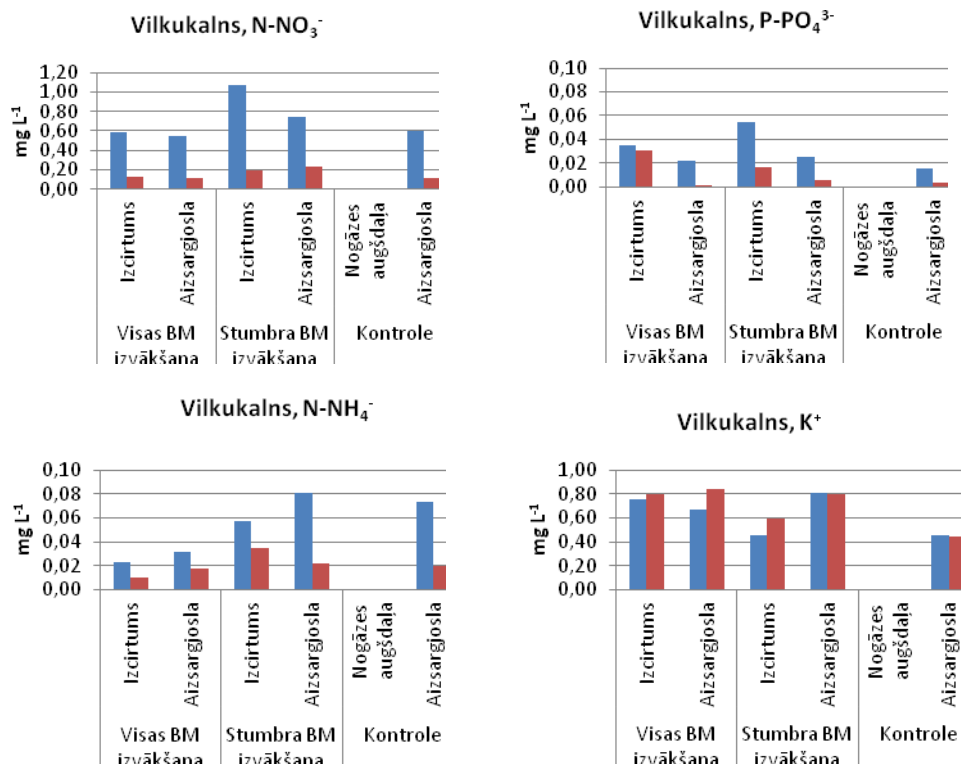


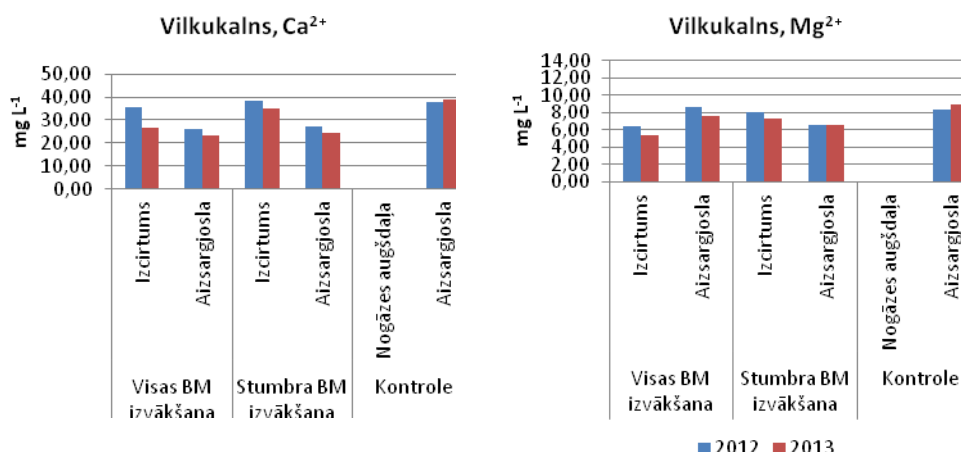
Tabula 0.7

Gruntsūdenī noteikto ķīmisko parametru vērtības pētījuma objektos 2012. un 2013. gadā

Objekts	Novietoj.	pH		N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg L <sup>-1</sup>		P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mg L <sup>-1</sup>		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg L <sup>-1</sup>		K <sup>+</sup> , mg L <sup>-1</sup>		Ca <sup>2+</sup> , mg L <sup>-1</sup>		Mg <sup>2+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	
		2012.	2013.	2012.	2013.	2012.	2013.	2012.	2013.	2012.	2013.	2012.	2013.	2012.	2013.
Vilkukalns	Nogāzes lejasdala	7,9	8,0	0,627	0,153	0,022	0,003	0,067	0,020	0,647	0,697	30,310	28,839	7,869	7,699
	Nogāzes augšdala	8,0	7,9	0,840	0,158	0,045	0,023	0,042	0,023	0,592	0,699	37,059	30,951	7,249	6,335
Kūdrēnis	Nogāzes lejasdala	7,1	7,3	3,452	1,978	0,403	0,041	1,071	0,042	0,548	0,260	39,044	34,155	6,979	7,728
	Nogāzes augšdala	7,3	7,4	0,639	0,650	0,032	0,019	0,118	0,134	0,387	0,423	25,193	23,765	6,302	8,178
Zvēri	Nogāzes lejasdala	7,7	7,9	0,625	0,125	0,030	0,017	0,035	0,021	0,486	0,428	38,835	35,771	10,123	9,458
	Nogāzes augšdala	7,8	8,0	0,517	0,079	0,021	0,013	0,024	0,019	0,432	0,348	30,888	28,226	10,277	9,509

1.70.attēlā salīdzināta biogēno elementu vidējā koncentrācija gruntsūdens akās objektā Vilkukalns 2012. un 2013. gadā (Attēls 0.70). Gruntsūdens nitrātu, fosfātu un amonija jonu koncentrācija 2013. gadā ir samazinājusies visās akās gan slejās, kur veikta kailcirte, gan kontroles slejas lejasdaļā. Būtiski ir samazinājusies nitrātu un kalcija jonu koncentrācija abos izcirtumos (p-vērtības attiecīgi 0.020 un 0.000 nitrātiem un 0.000 un 0.035 kalcija joniem), fosfātu koncentrācija izcirtumā, kur izvēta stubru biomasa (p=0.046), un magnija jonu koncentrācija izcirtumā, kur izvēta visa biomasa (p=0.000).

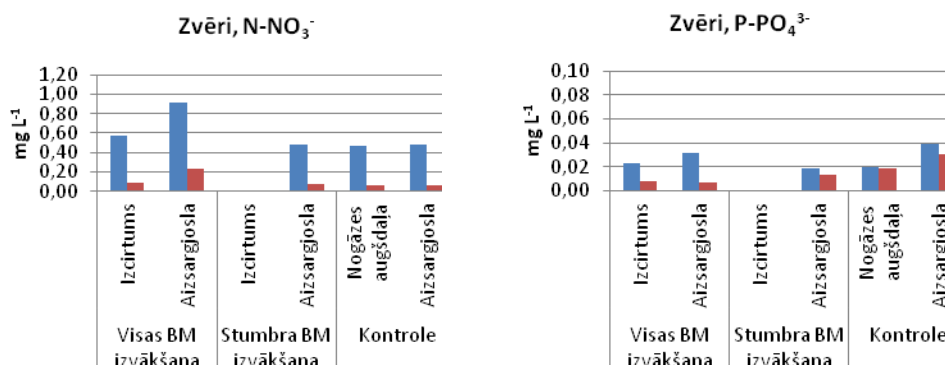


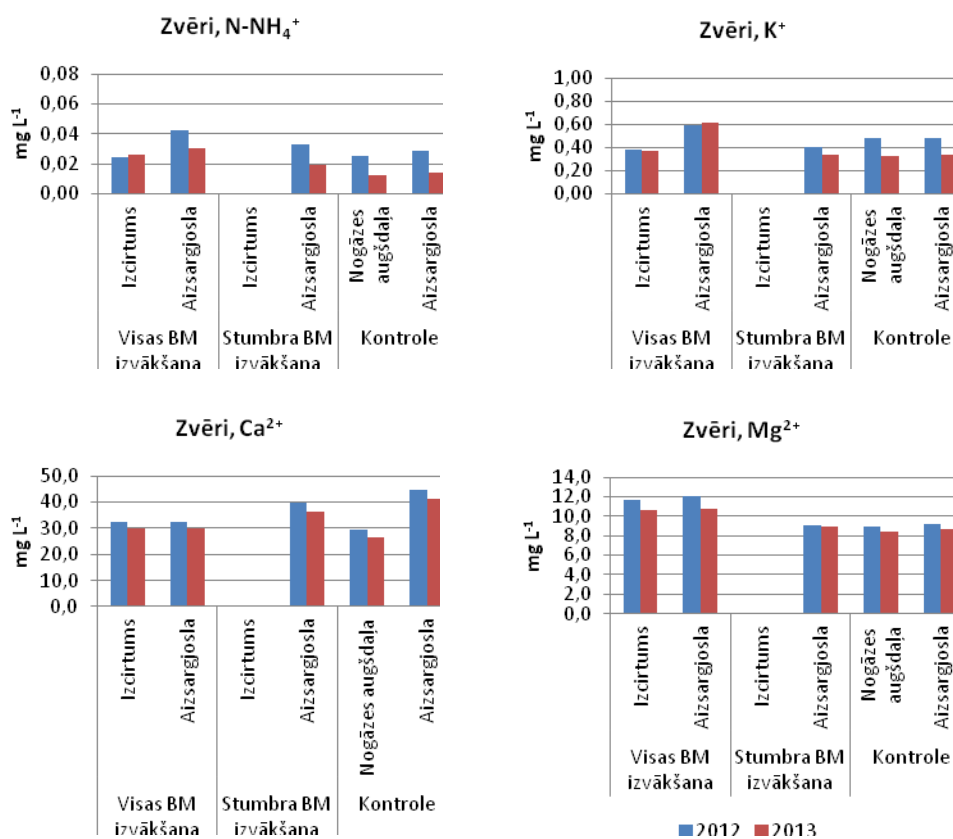


Attēls 0.70. Biogēno elementu koncentrācijas gruntsūdenī objektā Vilkkalns 2012.un 2013. gadā

Salīdzinot savā starpā platības, kur veikta kailcirte ar visas biomasas izvākšanu un kailcirte, izvēcot tikai stumbru biomasu, konstatēts, ka 2013.gadā augstāka nitrātjonu un amonija jonu koncentrācija bija gruntsūdens akā izcirtumā, kur veikta kailcirte ar stumbra biomasas izvākšanu, amonija jonu koncentrācijas gadījumā atšķirība starp parauglaukumiem bija būtiska ( $p=0.004$ ). Kālija jonu koncentrācija gruntsūdenī, salīdzinot ar 2012.gadu, ir pieaugusi abos izcirtumos un aizsargjoslā slejā, kur veikta visas biomasas izvākšana. Abu pārējo sleju aizsargjoslās kālija jonu vidējā koncentrācija saglabājusies tādā pašā līmenī kā 2012. gadā. Salīdzinot kalcija un magnija koncentrāciju gruntsūdenī abos izcirtumos 2013.gadā, konstatēts, ka tā bijusi augstāka platībā, kur izvēkta stumbru biomasu (kalcijam  $p=0.000$ , magnijam  $p=0.001$ ), tomēr šādas atšķirības pastāvējušas jau pirms kailcirtes veikšanas 2012.gadā (attiecīgi kalcijam  $p=0.018$ , magnijam  $p=0.002$ ).

Objektā Zvēri, līdzīgi kā objektā Vilkkalns, nitrātjonu, fosfātjonu un amonija jonu koncentrācija gruntsūdenī, salīdzinot ar 2012.gadu, vidēji ir samazinājusies, izņemot fosfātjonu koncentrāciju kontroles slejas augšdaļā, kas ir saglabājusies iepriekšējā gada līmenī, un amonija jonu koncentrāciju izcirtumā, kur veikta kailcirte ar visas biomasas izvākšanu, kas ir nedaudz palielinājusies (Attēls 0.71).





Attēls 0.71. Biogēno elementu koncentrācijas gruntsūdenī objektā Zvēri 2012.un 2013. gadā

Nitrātjonu koncentrācijas samazinājums gan platībā, kur izvākta visa biomasa, gan kontroles platībā ir būtisks (attiecīgi  $p=0.001$  un  $p=0.000$ ). Arī kālija jonu koncentrācija ir samazinājusies visās gruntsūdens akās, izņemot aizsargjoslu slejā, kur veikta kailcirte ar visas biomasas izvākšanu. Līdzīga tendence novērojama, salīdzinot  $Ca^{2+}$  un  $Mg^{2+}$  koncentrācijas, šajā gadījumā visās gruntsūdens akās koncentrācijas 2013.gadā bija zemākas nekā 2012. gadā. Magnija koncentrācijas samazināšanās ir būtiska platībā, kur izvākta visa biomasa ( $p=0.001$ ), bet kalcija koncentrācijas samazināšanās - kontroles platībā ( $p=0.017$ ). Salīdzinot savā starpā izcirtumu, kur izvākta visa biomasa, ar kontroles platību, konstatēts, ka izcirtumā bija būtiski augstāka kalcija un magnija jonu koncentrācija gruntsūdenī nekā kontroles platībā (attiecīgi  $p=0.016$  un  $p=0.000$ ), bet zemāka fosfātjonu koncentrācija ( $p=0.019$ ). Būtiskas magnija jonu koncentrācijas atšķirības starp šīm platībām gan novērotas jau 2012.gadā ( $p=0.000$ ). Mūsu pētījumā fiksētās nitrātjonu, kalcija un magnija koncentrācijas gruntsūdeņos ir ievērojami augstākas nekā Somijas austrumu daļā veiktā pētījumā konstatētās, savukārt fosfātjonu, amonija jonu un kālija koncentrācijas ir visai līdzīgas. Šajā somu pētījumā, kur tika analizēta kailcirtes un augsnes sagatavošanas ietekme uz gruntsūdeņu ķīmisko sastāvu piecos sateces baseinos minerālaugsnēs un kūdras augsnēs, pēc kailcirtes netika konstatētas būtiskas biogēno elementu koncentrāciju atšķirības gruntsūdeņos (Mannerkoski et al. 2005). Citā eksperimentā Somijā konstatēta nitrātjonu koncentrācijas palielināšanās gruntsūdenī pēc kailcirtes oligotrofos apstākļos priežu un egļu audzēs no  $0.03-0.05 \text{ mg L}^{-1}$  pirms saimnieciskās darbības līdz  $0.5-0.8 \text{ mg L}^{-1}$  pēc tās. Paaugstināta nitrātjonu koncentrācija saglabājusies 5 gadus pēc kailcirtes, pēc tam koncentrācijas atkal samazinājušās (Kubin 1998). Šajā pētījumā arī konstatēts, ka nitrātjonu koncentrācija gruntsūdenī strauji sāk palielināties nevis pirmajā gadā pēc kailcirtes, bet gadu vēlāk. Zviedrijā savukārt pieejami dati, ka nitrātu koncentrācija gruntsūdenī palielinās līdz  $1.0-1.5 \text{ mg L}^{-1}$  valsts ziemeļu daļā un līdz  $6.0-8.0 \text{ mg L}^{-1}$  valsts dienvidos (Wiklander 1981, Wiklander et al 1991).

2013. gadā nitrātjonu koncentrācija upē ņemtajos paraugos svārstījās no  $0.01$  līdz  $0.58 \text{ mg L}^{-1}$ , fosfātjonu koncentrācija - no  $0.004$  līdz  $0.030 \text{ mg L}^{-1}$ , amonija jonu koncentrācija - no

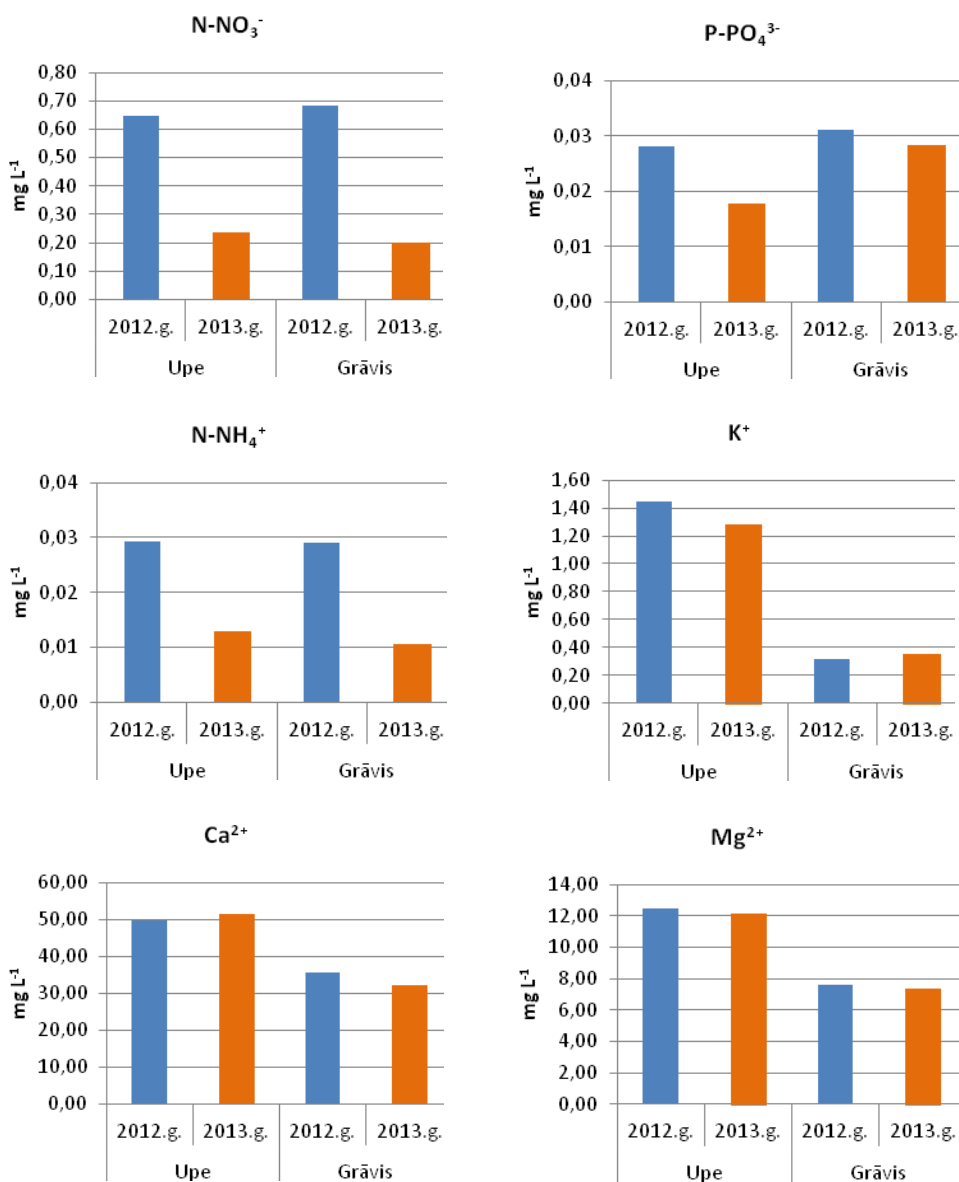
0.001 līdz 0.040 mg L<sup>-1</sup>, kālija jonu koncentrācija - no 1.07 līdz 1.70 mg L<sup>-1</sup>, kalcija jonu koncentrācija - no 46.07 līdz 57.99 mg L<sup>-1</sup>, magnija jonu koncentrācija - no 7.87 līdz 14.12 mg L<sup>-1</sup>, un kopējā slāpekļa koncentrācija - no 0.56 līdz 1.30 mg L<sup>-1</sup>. Nitrātjonu un amonija jonu koncentrācija ūdenstecēs mūsu pētījuma objektos bija ievērojami augstāka nekā Somijas dienvidos veiktā pētījumā 1-5 gadus pēc kailcirtes veikšanas (Nieminen 2004). Grāvī ņemtajos paraugos nitrātjonu koncentrācija svārstījās no 0.03 līdz 0.08 mg L<sup>-1</sup>, fosfātjonu koncentrācija - no 0.003 līdz 0.010 mg L<sup>-1</sup>, amonija jonu koncentrācija - no 0.001 līdz 0.010 mg L<sup>-1</sup>, kālija jonu koncentrācija - no 0.25 līdz 1.38 mg L<sup>-1</sup>, kalcija jonu koncentrācija - no 27.18 līdz 50.74 mg L<sup>-1</sup>, magnija jonu koncentrācija - no 6.40 līdz 12.91 mg L<sup>-1</sup>, un kopējā slāpekļa koncentrācija - no 0.16 līdz 0.62 mg L<sup>-1</sup>. Vidēji novērojumu periodā pH vērtības abās ūdenstecēs ir vienādas. Ļoti līdzīga ir arī nitrātjonu, fosfātjonu un amonija jonu vidējā koncentrācija. Savukārt bāzisko katjonu (K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> un Mg<sup>2+</sup>) vidējā koncentrācija novērojumu periodā upes ūdenī bija ievērojami augstāka nekā grāvja ūdenī (Tabula 0.8).

Tabula 0.8

Upes un grāvja ūdenī noteikto ķīmisko elementu koncentrācija objektos Vilkukalns (upe) un Kūdrenis (grāvis)

Datums	Paraugs	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	N <sub>kop.</sub> , mg L <sup>-1</sup>
14.05.13	Upe	7,9	0,49	0,02	0,02	1,45	47,8	11,5	1,09
	Grāvis	7,9	0,84	0,04	0,02	0,39	34,3	7,9	1,05
04.06.13	Upe	8,2	0,36	0,03	0,04	1,07	46,3	11,5	1,30
	Grāvis	7,8	0,26	0,03	0,01	0,25	34,7	7,4	0,68
14.06.13	Upe	8,6	0,58	0,03	0,01	1,13	54,7	11,7	1,23
	Grāvis	8,5	0,24	0,03	0,03	0,27	27,2	6,4	0,50
29.06.13	Upe	8,0	0,57	0,03	0,02	1,11	58,0	13,6	0,76
	Grāvis	8,1	0,18	0,03	0,00	0,30	31,6	7,1	0,34
16.07.13	Upe	8,1	0,10	0,02	0,02	1,09	50,8	12,5	0,74
	Grāvis	8,1	0,03	0,03	0,03	0,28	31,4	7,3	0,23
30.07.13	Upe	8,0	0,26	0,01	<NR	1,24	56,0	7,9	0,77
	Grāvis	8,8	0,11	0,03	0,00	0,32	34,0	7,4	0,28
16.08.13	Upe	8,0	0,01	0,02	0,00	1,22	47,2	12,2	0,70
	Grāvis	7,8	0,04	0,00	0,01	0,41	31,5	7,5	0,26
02.09.13	Upe	8,1	0,17	0,02	0,00	1,70	57,2	13,6	0,71
	Grāvis	8,2	0,04	0,04	0,00	0,59	31,7	7,2	0,21
17.09.13	Upe	8,3	0,02	0,01	0,00	1,34	46,1	11,7	0,56
	Grāvis	8,3	0,14	0,03	0,00	0,34	29,5	6,8	0,16
01.10.13	Upe	7,8	0,10	0,00	0,01	1,30	54,8	14,1	0,56
	Grāvis	7,9	0,16	0,05	0,01	0,33	35,9	8,0	0,17
15.10.13	Upe	8,1	0,03	0,01	0,00	1,33	49,9	13,7	0,60
	Grāvis	8,0	0,17	0,01	0,00	0,35	32,1	8,2	0,23
30.10.13	Upe	7,9	0,16	0,01	0,02	1,37	49,2	12,2	0,56
	Grāvis	8,0	0,18	0,03	0,01	0,39	33,6	7,2	0,23
Vidēji	Upe	8,1	0,24	0,02	0,01	1,28	51,5	12,17	0,80
	Grāvis	8,1	0,20	0,03	0,01	0,35	32,3	7,37	0,36

1.72. attēlā salīdzināta ķīmisko elementu vidējā koncentrācija grāvja un upes ūdenī 2012.un 2013.gadā (Attēls 0.72). Nitrātjonu, fosfātjonu un amonija jonu koncentrācija gan upes, gan grāvja ūdenī 2013.gadā ir samazinājusies, savukārt kālija, kalcija un magnija koncentrācija ir mainījusies nedaudz.



Attēls 0.72. Ķīmisko elementu vidējā koncentrācija upes un grāvja ūdenī 2012. un 2013. gadā

Atbilstoši literatūras datiem, 2-3 gadus pēc kailcirtes ūdenstecēs var būt novērojama barības vielu koncentrācijas paaugstināšanās, salīdzinot ar periodu pirms saimnieciskās darbības. Sevišķi izteikti palielinās N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> un K<sup>+</sup> koncentrācija (Feller and Kimmins 1984). Rosén et al (1996) Zviedrijā norāda uz paaugstinātām K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> un kopējā N koncentrācijām ūdenstecēs līdz 8 gadiem pēc kailcirtes, izmaiņas Ca<sup>2+</sup> un Mg<sup>2+</sup> koncentrācijās ir mazāk izteiktas. Arī Somijā konstatēta ievērojama fosfātjonu, nitrātjonu un amonija jonu koncentrācijas paaugstināšanās strautos pēc kailcirtes (Ahtiainen 1992). Barības vielu, sevišķi slāpekļa iznese pēc kailcirtes no platībām susinātās kūdras augsnēs var būt augstāka nekā minerālaugsnēs, jo organiskajās augsnēs ir daudz lielākas slāpekļa rezerves. Zviedrijā konstatēta būtiska slāpekļa koncentrācijas palielināšanās ūdenstecē pēc kailcirtes nosusinātā platībā ar augstražīgām egļu audzēm (Lundin 1999, 2000). Arī fosfora iznese pēc kailcirtes organiskajās augsnēs var pieaugt vairāk nekā minerālaugsnēs, jo sevišķi mazražīgās platībās, kur kūdrai raksturīga zema fosfātu adsorbcijas kapacitāte. Somijā pēc kailcirtes egļu audzē nosusinātā kūdras augsnē konstatēts, ka nitrātjonu, amonija jonu un fosfora koncentrācija notecē palielinās līdz 3-4 gadam pēc saimnieciskās darbības veikšanas, pēc tam tā atkal sāk samazināties (Nieminen 2004). Paaugstinoties biogēno elementu koncentrācijām augsnes ūdenī pēc kailcirtes, sagaidāma arī to paaugstināšanās noteces ūdenī (Nieminen 1998). Mūsu pētījuma objektos pirmajā gadā pēc kailcirtes biogēno elementu koncentrācijas palielināšanās ūdenstecēs nav novērota.

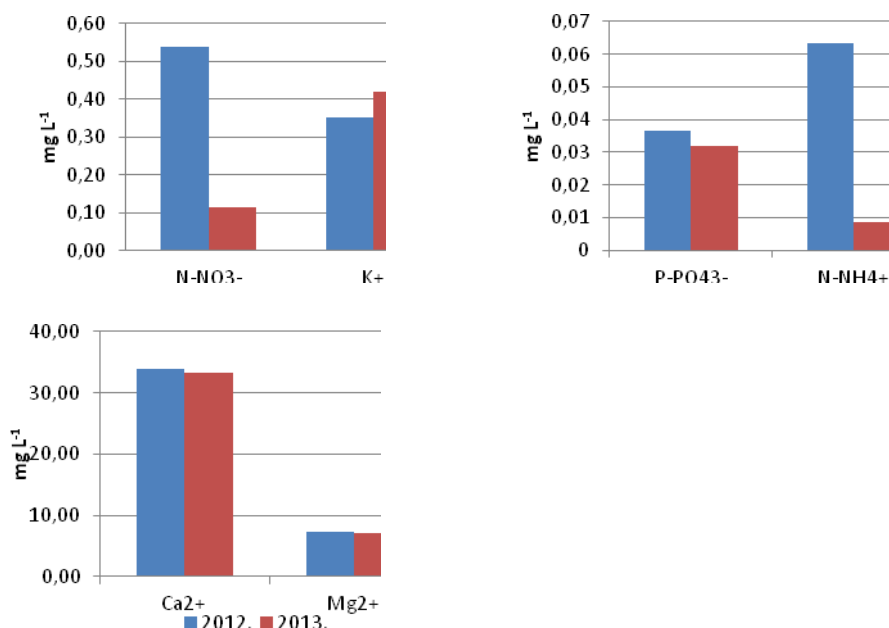
Blakus pētījuma objektam Kūdrenis esošā avota ūdenī nitrātjonu koncentrācija novērojumu perioda laikā svārstījās no 0.02 līdz 0.17 mg L<sup>-1</sup>, fosfātjonu koncentrācija - no 0.00 līdz 0.05 mg L<sup>-1</sup>, amonija jonu koncentrācija - no 0.002 līdz 0.030 mg L<sup>-1</sup>, kālija jonu koncentrācija - no 0.32 līdz 0.57 mg L<sup>-1</sup>, kalcija jonu koncentrācija - no 30.13 līdz 37.98 mg L<sup>-1</sup>, magnija jonu koncentrācija - no 6.18 līdz 8.05 mg L<sup>-1</sup> un kopējā slāpekļa koncentrācija - no 0.17 līdz 0.26 mg L<sup>-1</sup> (Tabula 0.9). Slāpekļa savienojumu vidējās koncentrācijas avota ūdenī bija zemākas nekā upes un grāvja ūdenī, savukārt bāzisko katjonu koncentrācijas avota ūdenī - zemākas nekā upes ūdenī, bet nedaudz augstākas nekā grāvja ūdenī.

Tabula 0.9

Avota ūdenī noteikto ķīmisko elementu koncentrācija objektā Kūdrenis

Datums	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	N <sub>kop.</sub> , mg L <sup>-1</sup>
14.05.13	7,9	0,16	0,02	<NR	0,45	33,7	7,4	0,18
04.06.13	7,8	0,04	0,05	0,01	0,39	34,5	6,9	0,26
14.06.13	8,3	0,12	0,03	<NR	0,32	34,8	6,2	0,20
29.06.13	8,2	0,17	0,03	0,01	0,37	35,6	7,0	0,19
16.07.13	7,9	0,12	0,04	0,03	0,42	30,8	7,0	0,19
30.07.13	7,8	0,14	0,03	<NR	0,39	31,0	7,3	0,17
16.08.13	7,9	0,13	0,00	0,00	0,42	30,1	6,8	0,18
02.09.13	8,1	0,11	0,05	0,01	0,57	30,8	7,2	0,22
17.09.13	8,1	0,02	0,03	0,01	0,39	30,2	6,9	0,20
01.10.13	7,5	0,06	0,03	0,01	0,43	38,0	8,1	0,19
15.10.13	8,1	0,14	0,01	0,00	0,44	33,7	6,9	0,22
30.10.13	7,9	0,16	0,04	0,01	0,46	35,3	6,8	0,17
Vidēji	8,0	0,11	0,03	0,01	0,42	33,2	7,03	0,20

Salīdzinot avota ūdens ķīmisko parametru izmaiņas 2012. un 2013. gadā, noskaidrots, ka nitrātjonu, fosfātjonu un amonija jonu koncentrācija ir samazinājusies, kālija koncentrācija nedaudz palielinājusies, bet kalcija un magnija koncentrācija vidēji saglabājusies iepriekšējā gada līmenī (Attēls 0.73).



Attēls 0.73. Ķīmisko elementu vidējā koncentrācija avota ūdenī objektā Kūdrenis 2012.un 2013. gadā

Nitrātjonu koncentrācija pazemes spiedes ūdenī objektā Kūdrenis novērojumu perioda laikā svārstījās no 0.03 līdz 1.9 mg L<sup>-1</sup>, fosfātjonu koncentrācija - no 0.000 līdz 0.021 mg L<sup>-1</sup>, amonija jonu koncentrācija - no 0.003 līdz 0.090 mg L<sup>-1</sup>, kālija jonu koncentrācija - no 0.11 līdz 1.46 mg L<sup>-1</sup>, kalcija jonu koncentrācija - no 13.93 līdz 32.21 mg L<sup>-1</sup>, magnija jonu koncentrācija - no 2.62 līdz 12.46 mg L<sup>-1</sup>, un kopējā slāpekļa koncentrācija - no 0.14 līdz 6.93 mg L<sup>-1</sup> (Tabula 0.10). Pazemes spiedes ūdeņu vidējais pH bija zemāks nekā avota, upes un grāvja ūdenī. Savukārt pazemes spiedes ūdeņu vidējā slāpekļa savienojumu koncentrācija bija augstāka nekā avota, upes un grāvja ūdenī. Kālija koncentrācija bija augstāka nekā avotā un grāvī, bet zemāka nekā upē, savukārt kalcija un magnija koncentrācija - zemāka nekā avotā un virszemes noteces ūdeņos.

Tabula 0.10

Pazemes spiedes ūdenī noteikto ķīmisko elementu koncentrācija objektā Kūdrenis

Datums	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	K <sup>2+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	N <sub>kop.</sub> , mg L <sup>-1</sup>
14.05.13	8,2	0,23	<NR	0,01	0,51	13,9	4,2	0,28
04.06.13	7,8	0,14	0,02	0,01	1,15	31,3	11,8	0,23
14.06.13	8,5	0,15	0,00	<NR	1,14	32,2	11,0	0,16
16.07.13	7,9	0,06	0,00	0,09	1,28	25,4	11,2	0,21
30.07.13	6,4	1,54	0,00	0,01	0,15	16,9	2,8	6,48
16.08.13	7,7	0,03	0,01	0,00	1,46	22,8	10,9	0,14
02.09.13	8,2	0,08	0,00	0,00	0,98	23,6	12,5	0,17
17.09.13	7,0	0,04	0,01	0,09	0,24	17,7	2,6	3,85
01.10.13	7,2	1,90	0,00	0,02	0,18	26,7	3,3	6,93
15.10.13	6,5	0,36	0,00	0,01	0,11	18,3	2,8	3,83
30.10.13	6,6	0,12	0,01	0,02	0,16	20,9	3,1	2,75
Vidēji	7,5	0,42	0,01	0,03	0,67	22,70	6,92	2,28

### 1.3.4. Nobiras

#### 1.3.4.1. Nobiru apjoms

Kopējais nobiru apjoms 2013. gadā vislielākais bija objektā Kūdrenis - 3009.6 kg ha<sup>-1</sup>. Abos pārējos pētījuma objektos kopējais nobiru apjoms bija visai līdzīgs: attiecīgi 1826.1 kg ha<sup>-1</sup> objektā Vilkukalns un 1865.4 kg ha<sup>-1</sup> objektā Zvēri. Salīdzinot ar iepriekšējo gadu, kopējais nobiru daudzums Vilkukalnā ir palielinājies, bet abos pārējos pētījuma objektos - samazinājies (Tabula 0.11).

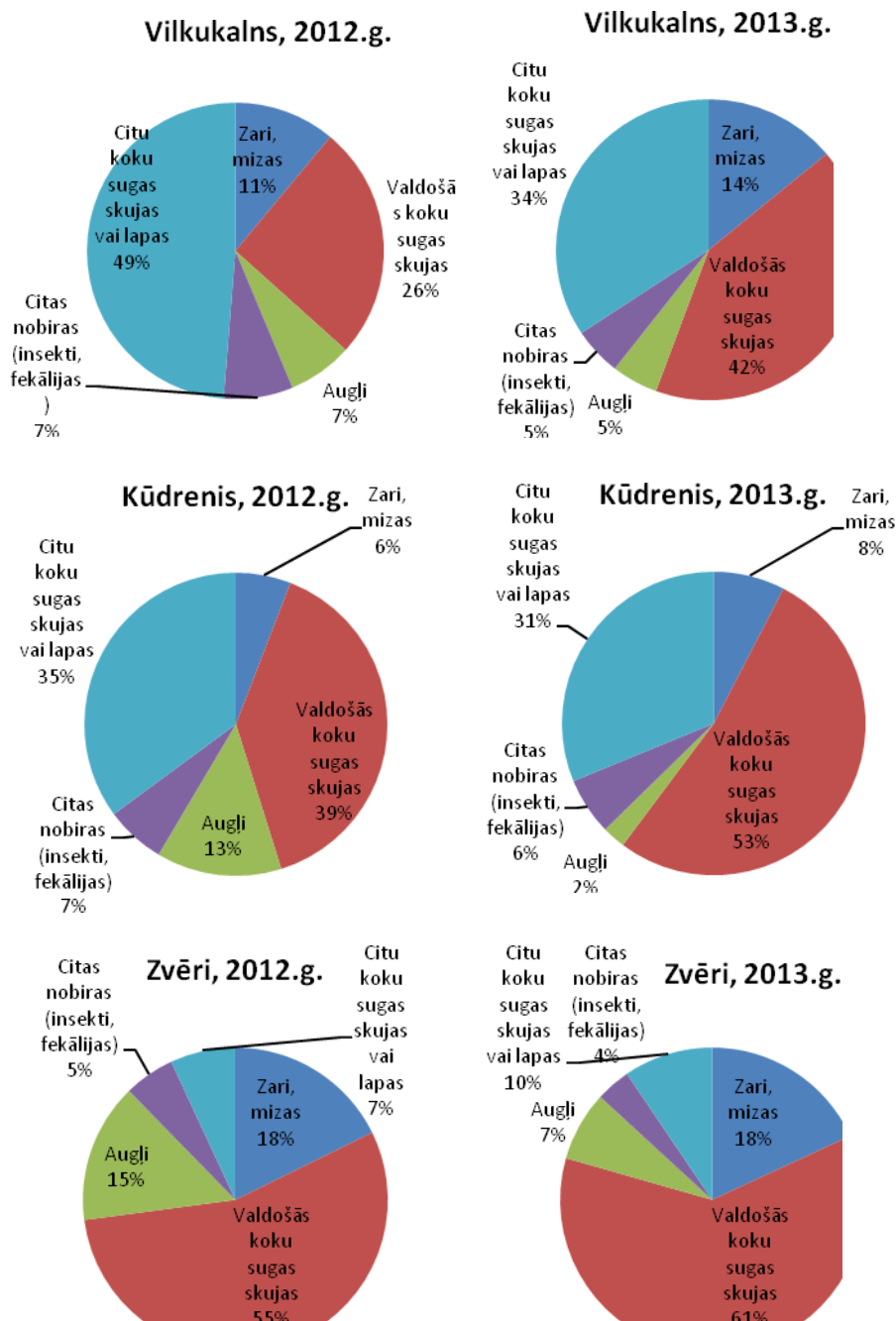
Tabula 0.11

Kopējais nobiru apjoms pētījuma objektos pa frakcijām 2012.un 2013.gadā, kg ha<sup>-1</sup>

Objekts	Zari, mizas		Valdošās koku sugas skujas		Augļi		Citas nobiras (insekti, fekālijas)		Citu koku sugas skujas vai lapas		Kopā	
	2012.	2013.	2012.	2013.	2012.	2013.	2012.	2013.	2012.	2013.	2012.	2013.
Vilkukalns	165.3	256.4	383.7	759.8	105.7	90.1	113.1	93.7	729.7	626.2	1497.5	1826.1

Kūdrēnis	195.0	228.7	1305.4	1583.9	444.5	74.3	212.0	183.9	1165.7	938.9	3322.6	3009.6
Zvēri	421.6	337.7	1310.9	1143.8	351.1	138.3	128.2	68.7	165.0	177.0	2376.8	1865.4

Objektā Zvēri gan 2012., gan 2013. gadā izteikti dominējošā frakcija bija valdošās koku sugas (šajā gadījumā priedes) skujas (Attēls 0.74). Objektos Kūdrēnis un Vilkukalns, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir palielinājies valdošās koku sugas (attiecīgi egles un priedes) skuju īpatsvars, taču šajos objektos nozīmīga nobiru frakcija ir arī citu koku sugu skujas vai lapas, kas skaidrojams ar citu sugu piemistrojumu audzes sastāvā. Zaru un mizu frakcijas, kā arī citu nobiru frakcijas īpatsvars visos pētījuma objektos 2012. un 2013. gadā bija visai līdzīgs, toties, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, visur ir samazinājies augļu un sēkļu frakcijas relatīvais īpatsvars.

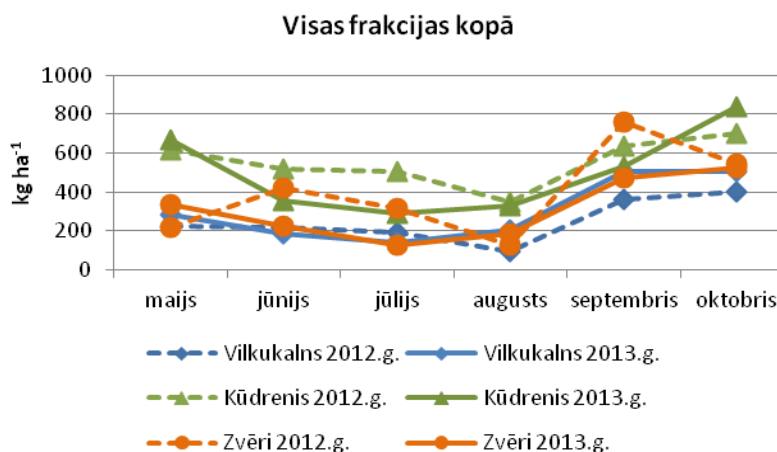


Attēls 0.74. Dažādu nobiru frakciju īpatsvars 2012.un 2013.gadā pētījuma objektos

Nobiru apjoma sezonālās izmaiņas nosaka gan koku suga, vecuma, vainaga īpašības, gan arī meteoroloģiskie apstākļi. Kopējā nobiru apjoma sezonālās izmaiņas mūsu pētījuma objektos

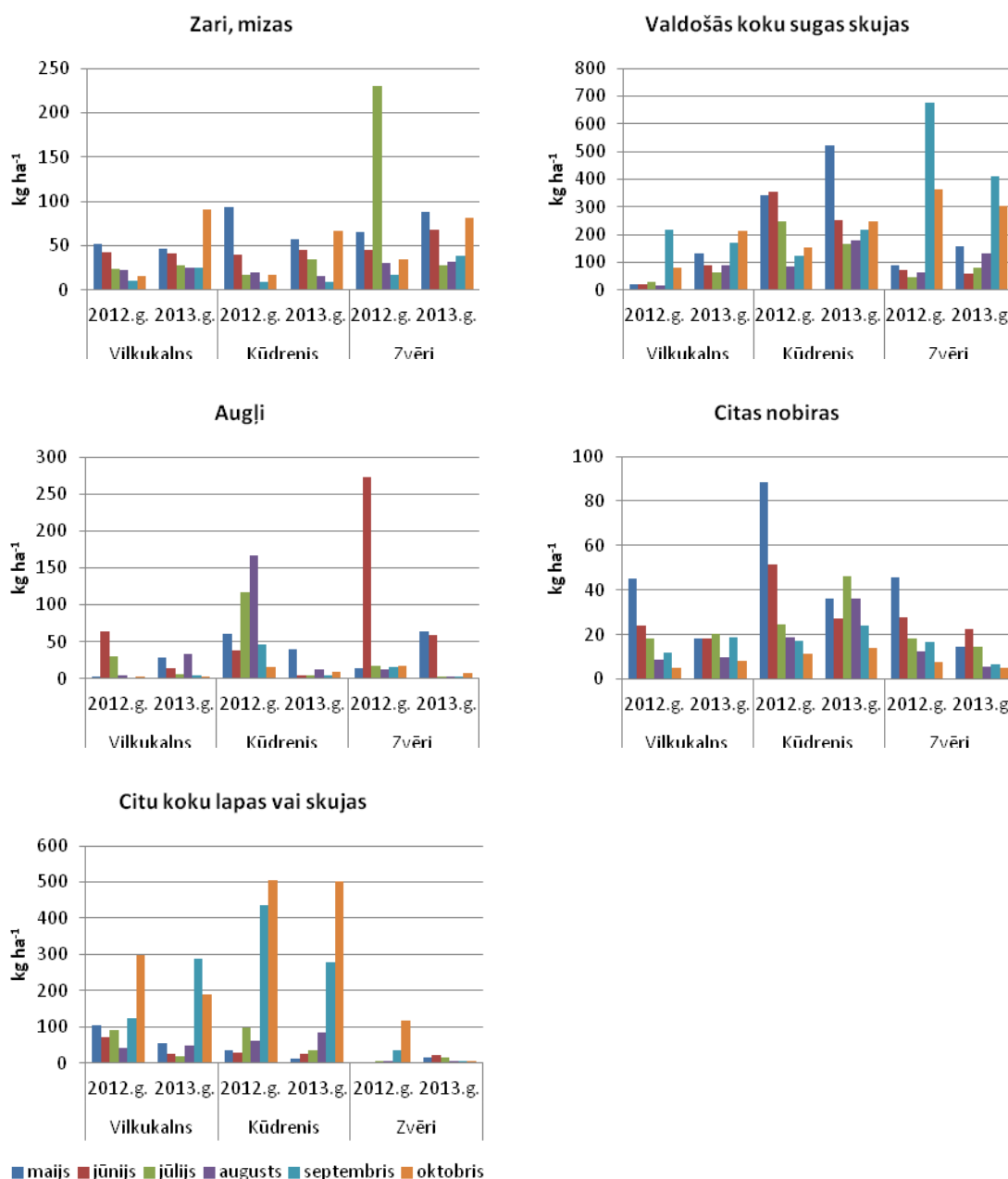


parādītas 1.75. attēlā (Attēls 0.75). 2013.gadā objektā Vilkukalns kopējais nobiru daudzums samazinājies no 282 kg ha<sup>-1</sup> maijā līdz 140 kg ha<sup>-1</sup> jūlijā, pēc tam tas pakāpeniski pieaudzis līdz 505 kg ha<sup>-1</sup> septembrī un oktobrī. Līdzīga nobiru apjoma izmaiņu tendence novērota arī 2012. gadā. Kopējā nobiru apjoma sezonālā dinamika objektā Zvēri bija visai līdzīga kā objektā Vilkukalns. No maija līdz jūlijam nobiru apjoms samazinājies no 332 kg ha<sup>-1</sup> līdz 127 kg ha<sup>-1</sup>, bet pēc tam atkal pieaudzis līdz 526 kg ha<sup>-1</sup> oktobrī. Salīdzinot ar iepriekšējo gadu, šajā objektā nobiru apjoma svārstības pa mēnešiem ir vienmērīgākas. 2012. gadā nobiru apjoms objektā Zvēri vasaras sākumā pieauga no 214 kg ha<sup>-1</sup> līdz 417 kg ha<sup>-1</sup>, pēc tam samazinājās līdz 124 kg ha<sup>-1</sup> augustā, palielinājās līdz 760 kg ha<sup>-1</sup> septembrī, pēc tam atkal samazinājās. Objektā Kūdrenis 2013. gadā kopējais nobiru daudzums samazinājies no 669 kg ha<sup>-1</sup> maijā līdz 287 kg ha<sup>-1</sup> jūlijā, pēc tam palielinājies līdz 838 kg ha<sup>-1</sup> oktobrī. Samērā līdzīga tendence bija vērojama arī iepriekšējā gadā, mazākais nobiru apjoms tika konstatēts augustā (349 kg ha<sup>-1</sup>). Mūsu pētījuma objektos konstatētais meža nobiru kopējais apjoms ir mazāks nekā Integrālā monitoringa parauglaukumos, tomēr sezonālās dinamikas tendences ir salīdzināmas, arī šajos parauglaukumos lielākais nobiru apjoms fiksēts septembrī un oktobrī (Tērauda, 2008). Atbilstoši literatūras datiem, skuju kokiem 40-60% no ikgadējā nobiru apjoma veidojas septembrī un oktobrī (Mälkonen 1974, Viro 1975).



Attēls 0.75. Kopējā nobiru daudzuma sezonālā dinamika pētījuma objektos 2012.un 2013. gadā

Zaru un mizu frakcijas masa gan 2012., gan 2013. gadā visos pētījumu objektos novērojumu perioda gaitā pakāpeniski samazinājusies, un novērojumu perioda beigās atkal pieaugusi (Attēls 0.76). Izņēmums ir 2012.gada jūlijs objektā Zvēri, kad fiksēts ievērojams šīs frakcijas palielinājums, visticamāk, kāda lokāla notikuma ietekmē. Jāatzīmē, ka izteiktāks palielinājums novērojams 2013. gada rudenī, jādodomā, laika apstākļu ietekmē. Valdošās koku sugas skuju apjomam visos objektos ir tendence samazināties vasaras vidū, pēc tam atkal novērojams šīs frakcijas palielinājums. Lielākā augļu un sēkļu masa fiksēta pavasarī un vasaras sākumā, rudenī šīs frakcijas apjoms visos objektos bija salīdzinoši niecīgs gan 2012., gan 2013. gadā. Citu nobiru frakcijas apjomam ir tendence novērojumu perioda laikā samazināties, savukārt citu koku sugu lapu un skuju apjoms rudenī ievērojami pieauga.

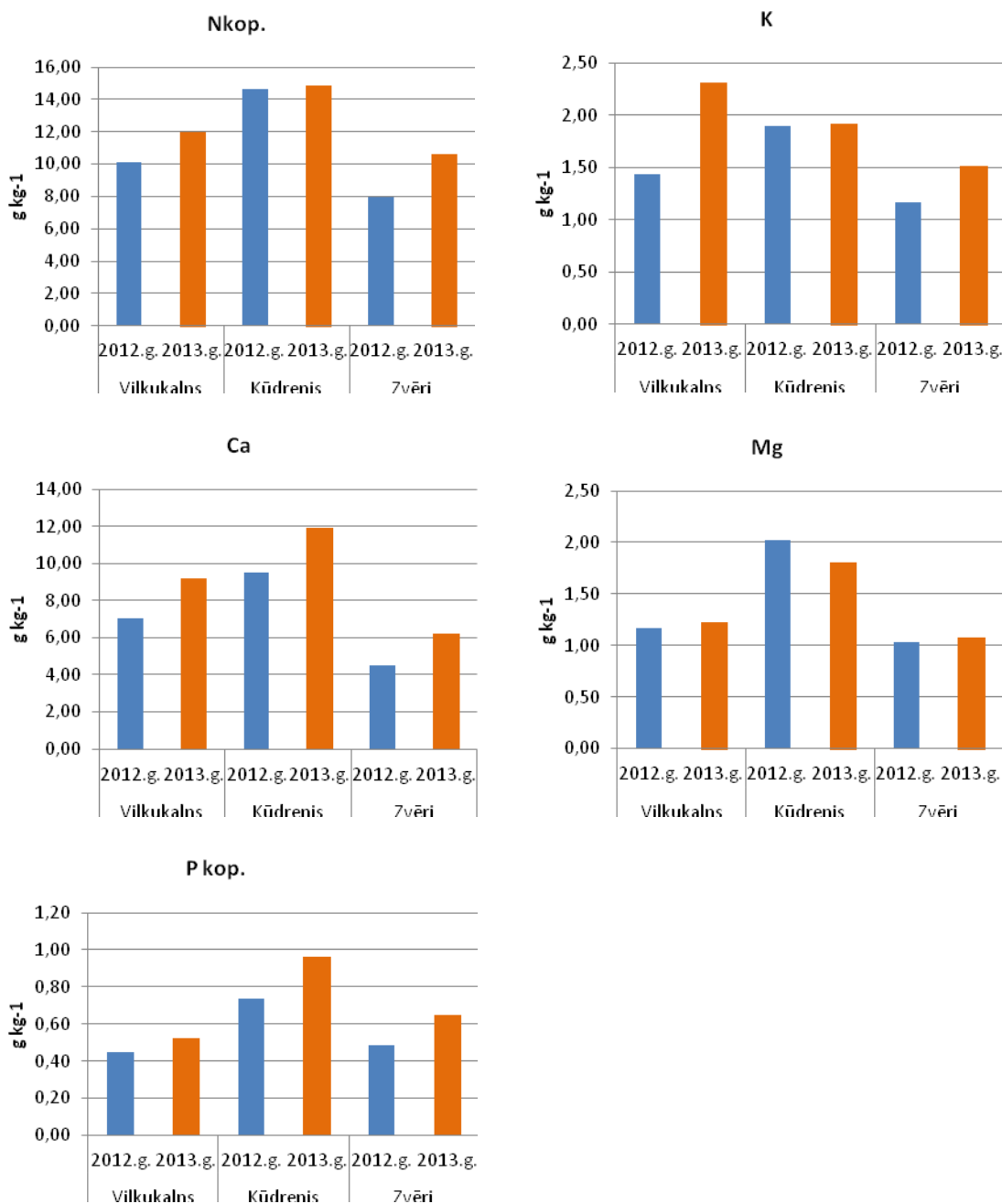


Attēls 0.76. Dažādu frakciju nobiru masas sezonālā dinamika pētījuma objektos 2012. un 2013. gadā

#### 1.3.4.1. Nobiru ķīmiskais sastāvs

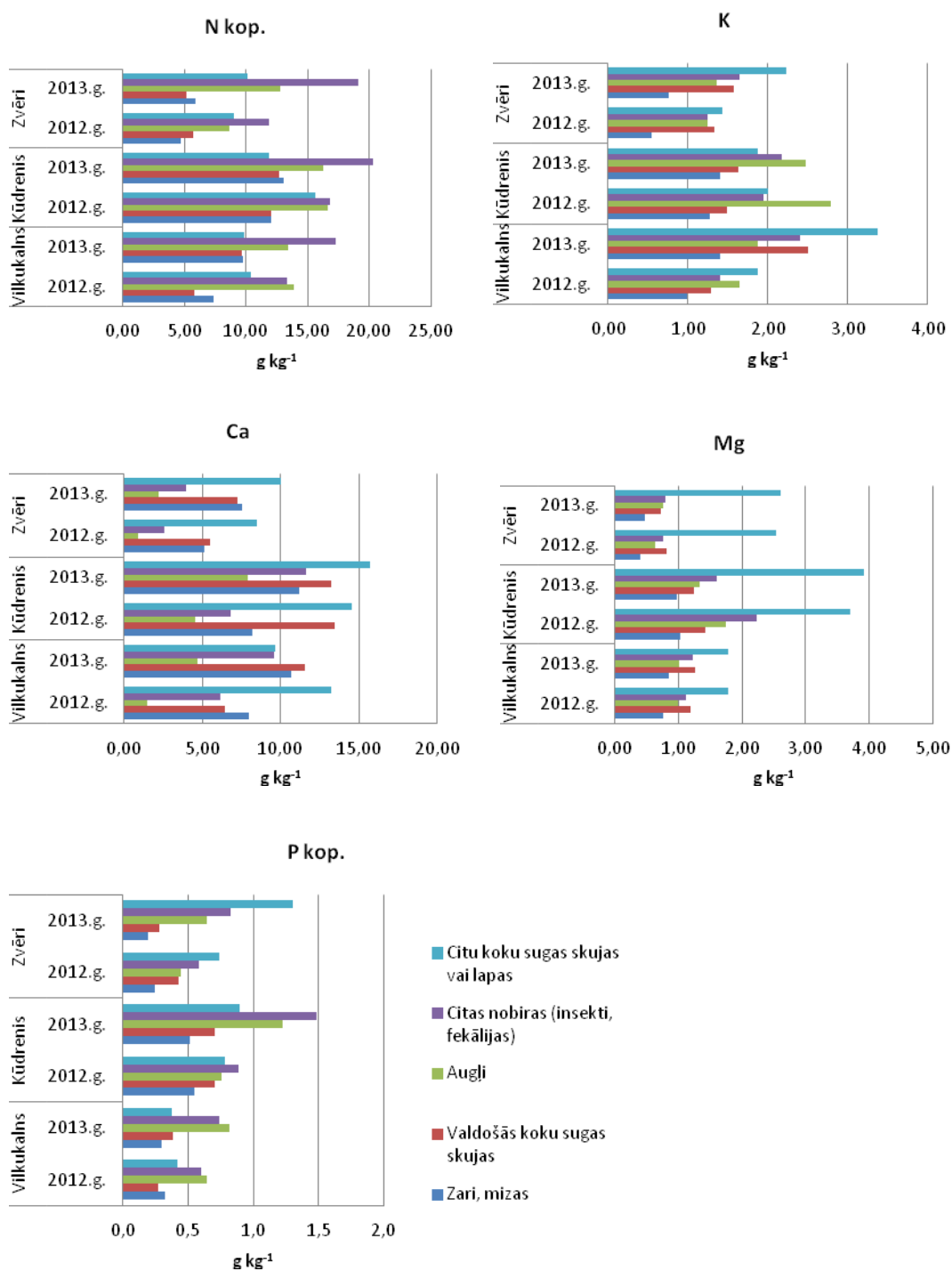
Vidējais kopējā slāpekļa saturs visā novērojumu periodā objektā Kūdrenis bija  $14.8 \text{ g kg}^{-1}$ , objektā Vilkukalns –  $12.0 \text{ g kg}^{-1}$ , un objektā Zvēri –  $10.6 \text{ g kg}^{-1}$ . Atbilstošās kopējā fosfora koncentrācijas bija 1.0, 0.5 un  $0.7 \text{ g kg}^{-1}$ , atbilstošās kālija koncentrācijas –  $1.9, 2.3 \text{ un } 1.5 \text{ g kg}^{-1}$ , atbilstošās kalcija koncentrācijas –  $11.9, 9.2, 6.2 \text{ g kg}^{-1}$ , bet atbilstošās magnija koncentrācijas –  $1.8, 1.2 \text{ un } 1.1 \text{ g kg}^{-1}$ . Kopējā slāpekļa vidējā koncentrācija nobirās visaugstākā bija objektā Kūdrenis, bet viszemākā - objektā Zvēri (Attēls 0.77). Objektos Vilkukalns un Zvēri kopējā slāpekļa vidējā koncentrācija, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir palielinājusies. Kālija vidējā koncentrācija nobirās 2013.gadā vislielākā bija objektā Vilkukalns, bet vismazākā - objektā Zvēri, vērojama līdzīga tendence - kālija vidējā koncentrācija objektos Zvēri un Vilkukalns, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir palielinājusies, bet Kūdrenī - saglabājusies iepriekšējā līmenī. Vidējā kalcija koncentrācija nobirās visaugstākā gan 2012., gan 2013. gadā bija objektā Kūdrenis, bet viszemākā - objektā Zvēri. Visos pētījumu objektos kalcija vidējā koncentrācija nobirās 2013.gadā bija augstāka nekā 2012.gadā. Magnija vidējā koncentrācija nobirās

2013.gadā visaugstākā bija objektā Kūdrenis, bet viszemākā - objektā Zvēri, turklāt Kūdrenī tā, salīdzinot ar 2012. gadu ir nedaudz samazinājusies, bet abos pārējos pētījuma objektos saglabājusies iepriekšējā līmenī. Kopējā fosfora vidējā koncentrācija nobirās visaugstākā bija objektā Kūdrenis, bet viszemākā - objektā Vilkukalns, visos objektos tā, salīdzinot ar 2012.gadu, ir pieaugusi.



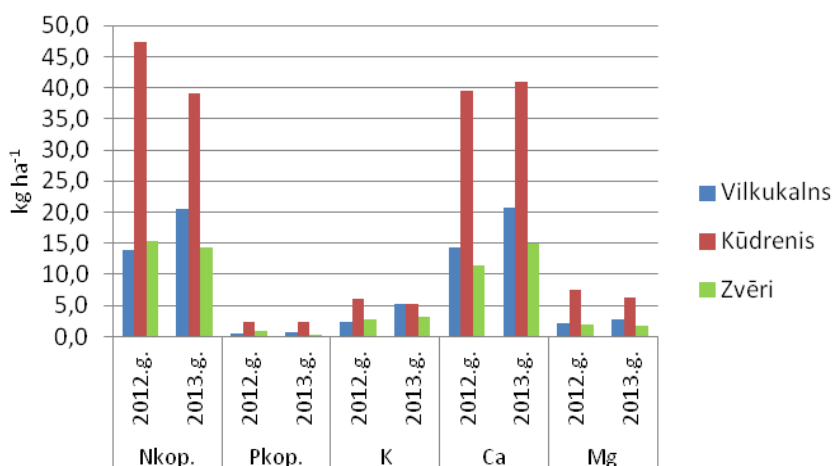
Attēls 0.77. Biogēno elementu vidējā koncentrācija nobirās pētījuma objektos 2012.un 2013.gadā

Visaugstākā kopējā slāpekļa koncentrācija konstatēta citās nobirās un augļos (Attēls 0.78). Visaugstākā kalcijs un magnijs koncentrācija konstatēta citu koku sugu skužās un lapās, objektā Zvēri šajā frakcijā bija arī visaugstākā kopējā fosfora koncentrācija. Zaros un mizās biogēno elementu koncentrācijas vidēji bija viszemākās, izņemot kalcijs, zemākā kalcijs koncentrācija konstatēta augļos. Visos trijos pētījuma objektos praktiski visās nobiru frakcijās biogēno elementu koncentrācijas 2013.gadā bija augstākas nekā 2012.gadā.



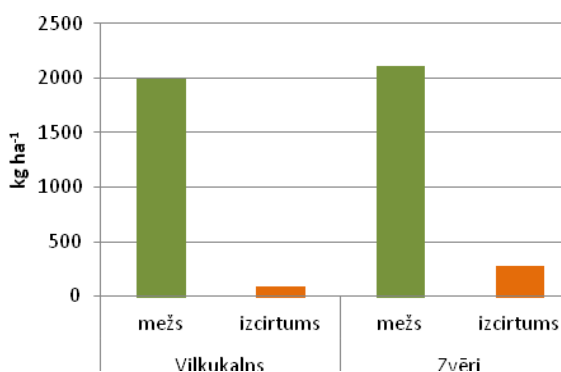
Attēls 0.78. Biogēno elementu koncentrācija dažādās nobiru frakcijās pētījumu objektos

Vidēji 2013.gada novērojumu periodā (no maija līdz oktobra beigām) ar nobirām uz augsnes pētījumu objektos nonāca 14.3 līdz 39.2 kg ha<sup>-1</sup> slāpekļa, 0.2 līdz 2.4 kg ha<sup>-1</sup> fosfora, 3.1 līdz 5.2 kg ha<sup>-1</sup> kālija, 14.9 līdz 41.0 kg ha<sup>-1</sup> kalcija un 1.8 līdz 6.2 kg ha<sup>-1</sup> magnija (Attēls 0.79). Salīdzinājumam – meža veselības monitoringa II līmeņa parauglaukumā ar nobirām uz augsnes nonāca 30 kg ha<sup>-1</sup> N, 2 kg ha<sup>-1</sup> P un 4.6 kg ha<sup>-1</sup> K, rēķinot vidējo gada apjomu no 2009.un 2010.gada datiem (Lazdiņš 2011). Integrālā monitoringa parauglaukumos laika posmā no 2000.līdz 2004.gadam fiksētas šādas ikgadējās barības vielu ieneses vērtības: 24.7 un 21.0 kg ha<sup>-1</sup> kopējā slāpekļa, 17.9 un 15.1 kg ha<sup>-1</sup> kalcija, 4.5 un 3.8 kg ha<sup>-1</sup> kālija un 2.0 un 2.2 kg ha<sup>-1</sup> magnija (Tērauda, 2008).



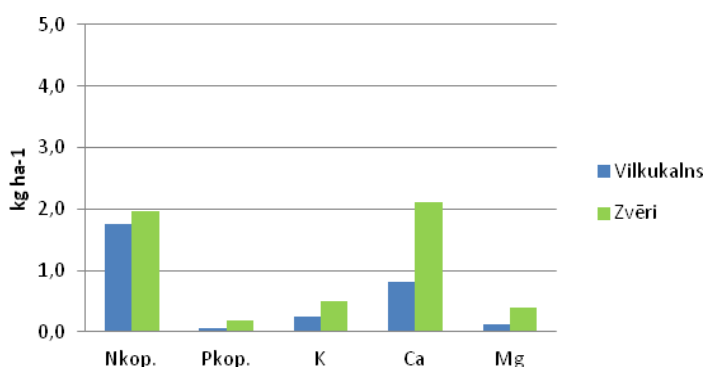
Attēls 0.79. Ar nobirām meža ekosistēmā nonākošais biogēno elementu apjoms (zem koku vainagiem)

Pētījuma objektos meža nobiras tika ievāktas arī izcirtumā, salīdzināmi ir dati par objektiem Vilkkalns un Zvēri. Objektā Vilkkalns kopējais novērojumu periodā ievāktais nobiru apjoms bija  $88.8 \text{ kg ha}^{-1}$ , bet objektā Zvēri -  $279.8 \text{ kg ha}^{-1}$  (Attēls 0.80).



Attēls 0.80. Meža nobiru kopējais apjoms mežā un izcirtumā objektos Vilkkalns un Zvēri

Konstatēts, ka izcirtumā novērojuma periodā kopējā slāpekļa ienese objektā Vilkkalns bijusi  $0.8$ , bet objektā Zvēri  $2.0 \text{ kg ha}^{-1}$ , kopējā fosfora ieneses apjomi attiecīgi bija  $0.1$  un  $0.2 \text{ kg ha}^{-1}$ , kālija ieneses apjomi -  $0.3$  un  $0.5 \text{ kg ha}^{-1}$ , kalcija ieneses apjomi -  $0.8$  un  $2.1 \text{ kg ha}^{-1}$  un magnija ieneses apjomi -  $0.1$  un  $0.4 \text{ kg ha}^{-1}$  (Attēls 0.81). Biogēno elementu ieneses apjomu atšķirības abos objektos vistīcāmāk skaidrojamas gan ar nobiru apjoma atšķirībām, gan atšķirībām izcirtumam piegulošo mežaudžu struktūrā.



Attēls 0.81. Ar nobirām meža ekosistēmā nonākošais biogēno elementu apjoms izcirtumā

#### 1.4. Secinājumi

Kopējais barības vielu ieneses apjoms ar nokrišņiem zem koku vainagiem ir nedaudz lielāks nekā izcirtumā. Gandrīz visu elementu ienese pirmajā gadā pēc kailcirtes ir ievērojami mazāka nekā iepriekšējā gadā, tas visticamāk skaidrojams ar nokrišņu daudzuma atšķirībām abos novērojumu periodos.

Vidēji pirmajā gadā pēc kailcirtes (2013.gada novērojumu periodā no maija līdz oktobra beigām) ar nobirām uz augsnes pētījumu objektu kontroles platībās nonāk 14.3 līdz 39.2 kg ha<sup>-1</sup> slāpekļa, 0.2 līdz 2.4 kg ha<sup>-1</sup> fosfora, 3.1 līdz 5.2 kg ha<sup>-1</sup> kālija, 14.9 līdz 41.0 kg ha<sup>-1</sup> kalcija un 1.8 līdz 6.2 kg ha<sup>-1</sup> magnija. Izcirtumā kopējā slāpekļa ienese objektā Vilkukalns (Dm) ir 0.8, bet objektā Zvēri (Ln) 2.0 kg ha<sup>-1</sup>, kopējā fosfora ieneses apjomi attiecīgi ir 0.1 un 0.2 kg ha<sup>-1</sup>, kālija ieneses apjomi - 0.3 un 0.5 kg ha<sup>-1</sup>, kalcija ieneses apjomi - 0.8 un 2.1 kg ha<sup>-1</sup> un magnija ieneses apjomi - 0.1 un 0.4 kg ha<sup>-1</sup>.

Pētījuma objektos pirmajā gadā pēc kailcirtes konstatēta nitrātjonu, fosfātjonu un amonija jonu koncentrācijas samazināšanās augsnes ūdenī, salīdzinot ar atsauces periodu. Tomēr nitrātjonu un amonija jonu koncentrācijas samazināšanās konstatēta ne vien saimnieciskās darbības ietekmētajās, bet arī kontroles platībās. Objektos sausieņu mežos pēc kailcirtes veikšanas konstatēta bāzisko katjonu koncentrācijas paaugstināšanās augsnes ūdenī, tomēr objektā Zvēri būtiska magnija jonu koncentrācijas paaugstināšanās konstatēta arī kontroles platībā.

Objektos sausieņu mežos nitrātjonu, fosfātjonu un amonija jonu koncentrācija gruntsūdeņos pirmajā gadā pēc kailcirtes, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir samazinājusies.

Objektā Kūdrenis augsnes ūdens reakciju un biogēno elementu saturu ietekmē ne vien platībā veiktā mežsaimnieciskā darbība, bet arī hidroģeoloģiskā situācija - pētījuma objekts atrodas pazemes spiedes ūdeņu izķīlēšanās rajonā.

Pirmajā gadā pēc kailcirtes izcirtumiem piegulošajā aizsargjoslā nav vērojama biogēno elementu koncentrācijas strauja palielināšanās augsnes ūdenī. Vairākos gadījumos fiksēta barības vielu koncentrācijas samazināšanās aizsargjoslā, taču izmaiņas ir nelielas, salīdzinot ar izcirtumā notiekošajām. Pie tam reizē ar biogēno elementu koncentrācijas izmaiņām aizsargjoslā pie izcirtumiem nereti konstatētas arī biogēno elementu koncentrāciju izmaiņas aizsargjoslā pie kontroles platības, kas norāda uz citiem, ar saimniecisko darbību nesaistītiem ietekmes faktoriem.

#### 1.5. Izmantotā literatūra

1. Adamson J.K., Hornung M. 1990. The effect of clearfelling a Sitka spruce (*Picea Sitchensis*) plantation on solute concentrations in drainage water. *Journal of Hydrology*. 116:287-297
2. Ahtiainen M. 1992. The effects of forest clear-cutting and scarification on the water quality of small brooks. *Hydrobiologia*. 243/244:465-473
3. Ahtiainen M., Huttunen P. 1999. Long-term effects of forestry management on water quality and loading in brooks. *Boreal Environmental Research*. 4:101-114
4. Binkley D., Richter D. 1987. Nutrient cycles and H<sup>+</sup> budgets of forest ecosystems. In: *Advances in Ecological Research*, 16:1-51
5. Dahlgren R.A., Driscoll C.T. 1994. The effects of whole-tree clearcutting on soil processes at the Hubbard Brook Experiment Forest, New Hampshire, USA. *Plant and Soil*. 158(2): 239-262
6. Feller M.C., Kimmins J.P. 1984. Effects of clearcutting and slash burning on streamwater chemistry and watershed nutrient budgets in southwestern British Columbia. *Water Resources Research* 20(1): 29-40

7. Fröberg M., Hansson K., Kleja D.B., Alavi G. 2011. Dissolved organic carbon and nitrogen leaching from Scots pine, Norway spruce and silver birch stands in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 262:1742-1747
8. Futter M.N., Ring E., Högbom L., Entenmann S., Bishop K.H. 2010. Consequences of nitrate leaching following stem-only harvesting of Swedish forests are dependent on spatial scale. *Environmental Pollution*. 158: 3552-3559
9. Gundersen P. 1995. Nitrogen deposition and leaching in European forests - preliminary results from a data compilation. *Water, Air and Soil Pollution*. 85:1179-1184
10. Indriksons A. 2006. Meža ūdensregulējošās īpašības intensīvas mežsaimniecības apstākļos. Pārskats par LR Zemkopības ministrijas Meža attīstības fonda pasūtītu pētījumu. 42.lpp.
11. Kubin E. 1998. Leaching of nitrate nitrogen into the groundwater after clear felling and site preparation. *Boreal Environmental Research* 3: 3-8
12. Lazdiņš A. 2011. Pārskats par Meža attīstības fonda pasūtīto pētījumu "Eiropas meža monitoring sistēmas attīstības projekta Further Development and Implementation of an EU-level Forest Monitoring System" ieviešana valsts starptautisko saistību izpildes nodrošināšanai. LVMI "Silava", 59.lpp.
13. Lundin L. 1999. Effects on hydrology and surface water chemistry of regeneration cuttings in peatland forests. *International Peat Journal*. 9: 118-126
14. Lundin L. 2000. Water environment care at peatland forestry practices. In: Rochefort L. and Daigle J.-Y. (Eds.). *Sustaining our peatlands. Proceedings of the 11th International Peat Congress, Quebec City, Canada August 6-12, 2000. Vol.II:952-961*
15. Mälkonen E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Commun.Inst.For.Fenn.*, 84(5), 1-87
16. Mannerkoski H., Finer L., Piirainen S., Starr M. 2005. Effect of clear-cutting and site preparation on the level and quality of groundwater in some headwater catchments in eastern Finland. *Forest Ecology and Management*. 220: 107-117
17. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests.2010. ICP Forests. Tiešsaistē:<http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>
18. Nieminen M. 1998. Changes in nitrogen cycling following the clearcutting of drained peatland forests in southern Finland. *Boreal Environmental Research*. 3: 9-21
19. Nieminen M. 2004. Export of dissolved organic carbon nitrogen and phosphorus following clear-cutting of three Norway spruce forests growing on drained peatlands in southern Finland. *Silva Fennica*. 38(2): 123-132
20. Nikodemus O., Kārklīņš A., Kļaviņš M., Melecis V. 2008. Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 256 lpp.
21. Pardo L.H., Driscoll C.T., Likens G.E. 1995. Patterns of nitrate loss from a chronosequence of clear-cut watersheds. *Water, Air and Soil Pollution*. 85(3): 1659-1664
22. Rosen K, Aronson J.-A., Eriksson H.M. 1996. Effects of clear-cutting on streamwater quality in forest catchments in central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 83(3):237-244
23. Sollins P., Grier C.C., McCorison F.M., Cromack K., Fogel R., Fredriksen L. 1980. The internal element cycles of an old-growth Douglas fir ecosystem in western Oregon. *Ecological Monographs* 50:261-285
24. Tērauda E. 2008. Ķīmisko vielu plūsmas Latvijas priežu mežu ekosistēmās. Promocijas darbs. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 123 lpp.
25. The Condition of Forests in Europe. 2011. ICP Forests Executive Report 2011. Available at: <http://www.icp-forests.org/pdf/ER2011.pdf>
26. Viro P.J. 1955. Investigations in forest litter. *Commun.Inst.For.Fenn.*, 45(6), 1-65
27. Westling O., Örlander G., Andersson I. 2004. Effekter på askåterföreling till granplanteringar med riståkt. IVL Rapport B 1552

28. Wiklander G. 1981. Clear-cutting and the nitrogen cycle. Heterogeneous nitrogen leaching after clear-cutting. In: Clark F.E., Rosswall T. (Eds.). Terrestrial Nitrogen Cycles, Processes, Ecosystem Strategies and Management Impacts. Ecological Bulletin 33:642-647
29. Wiklander G., Nordlander G., Andersson R. 1991. Leaching of nitrogen from a forest catchment at Söderåsen in southern Sweden. Water, Air and Soil Pollution. 55:263-282

## **2.Mežsaimniecisko darbību ietekme uz augsnes struktūru un kvalitāti**

### **2.1. Ievads**

Darba uzdevuma "Parauglaukumu ierīkošana augsnes sablīvēšanās izmaiņu novērtēšanai, empīrisku datu ievākšana un analīze augsnes struktūras un kvalitātes izmaiņu parauglaukumos" mērķis ir augsnes sablīvējuma un kokaudzes dabiskās atjaunošanās rādītāju novērtējums uz tehnoloģiskajiem koridoriem un pārējā mežaudzes daļā pēc galvenās cirtes. Darba uzdevuma sagaidāmais nodevums ir augsnes struktūras un kvalitātes izmaiņu novērtējums mežizstrādes rezultātā un rekomendācijas mežizstrādes darbu organizēšanai, lai mazinātu nevēlamo ietekmi uz vidi.

Pētījuma objektu atlasē ietekmes novērtēšanai izraudzīti 2004. gadā projekta "Smagās meža tehnikas ietekme uz augsnes fizikālo īpašību izmaiņām" ietvaros ierīkoti izmēģinājumu objekti jaunaudzēs, kā arī AS "Latvijas valsts meži" speciālistu atlasītās briestaudzes, kurās pirms 15-20 gadiem veikta krājas kopšana, un līdzīga vecuma jaunaudzēs. Parauglaukumos, kur veikta krājas kopšana, vienlaicīgi ar augsnes pretestības mērījumiem ievākti kritālu paraugi mežizstrādes atlieku sadalīšanās gaitas izpētei.

### **2.2. Esošā stāvokļa raksturojums**

Meža mašīnas kļūst arvien smagākas un jaudīgākas (Vossbrink & Horn 2004), atsevišķa riteņa spiediens uz augsni var sasniegt 300 kN (Inge, 1994). Harvesteru un, jo īpaši, pievedējtraktoru pilna masa var sasniegt 43 tonnas (PONSSE ElephantKing). Tehnikas masas palielināšanās rezultāts ir augsnes virskārtas bojājumi un sablīvēšanās. Pirmie un plašākie pētījumi par augsnes sablīvēšanos smagās tehnikas ietekmē veikti Centrāleiropas valstīs; piemēram, Vācijā pierādīts, ka mežaudžu produktivitāte ilgtermiņā samazinās augsnes sablīvēšanas rezultātā (Gameda et al. 1987; Soane 1994). Augsnes sablīvēšanās un augsnes struktūras ietekme uz augiem ir analizēta arī pagājušā gadsimta sākumā un 19. gadsimtā veiktos pētījumos (Wollny 1898; Groger 1921; Görbing 1948). Saskaņā ar ASV veiktu pētījumu rezultātiem, smagā tehnika, veicot regulāru lauksaimniecības zemju aršanu, sablīvē aramkārtai piegulošo augsnes slāni, kas palielina augsnes pretestību un apgrūtina sakņu iekļūšanu sablīvētajā augsnes slānī (Ehlers et al.; Taylor & Brar 1991). Citos pētījumos par lauksaimniecības kultūru audzēšanu konstatēts, ka atgriezeniskas strukturālas izmaiņas (poru funkcionēšanas uzlabošanās) augsnē var notikt tad, ja mehāniskā slodze nav lielāka par kompaktizēšanos izraisīto līmeni visos augsnes slāņos un ja augsne regulāri un intensīvi izkalst, mainot tilpumu (International Union of Soil Sciences. & Pagliai 2002). Maksimālais spiediens, kas samazina ūdens un biogēno elementu pieejamību zem augu attīstībai kritiskā līmeņa pētīts jau pagājušā gadsimta sešdesmitajos un septiņdesmitajos gados (Czeratzki 1972; Waisel, Eshel, & KA 2002). Augsnes sablīvēšanas negatīvā ietekme uz augsnes aerāciju un mikroorganismu elpošanas procesu pamatota vairākos pētījumos (Hildebrand 1983; Gaertig 2001). Lai mazinātu tehnikas ietekmi uz augsni, plānošanas procesā jāņem vērā izmantotās tehnikas spiediens uz augsni un augsnes nestspēju. Parasti šādi dati nav pieejami vai ir grūti aprēķināmi, ņemot vērā augsnes neviendabīgumu. Pirmās augšņu klasifikācijas sistēmas pēc izturības pret spiedienu (bioloģisko procesu nodrošināšanas kontekstā) parādījās pagājušā gadsimta deviņdesmitajos gados (Nissen 1999). Vairākos pētījumos pierādīta spiediena



samazināšanas riepās pozitīvā ietekme uz augsnes sablīvēšanos (Wehner 2001; Jun et al. 2004; Keller & Arvidsson 2004). Fraiburgas Universitātes pētījumos apkopoti arī tehniskie limiti spiediena uz augsnes mazināšanai, veicot mašīnu pārbūvi un optimizējot mežizstrādes procesu (Wehner 2001).

Saskaņā ar Vācijā veiktu pētījumu rezultātiem, ja augsne kompaktizējas līdz līmenim, kas būtiski ierobežo bioloģiskos un fizikālos procesus augsnē, augsnes aerācija un ūdens caurlaidība atjaunojas vairāku gadu desmitu laikā (Seyedbagheri 1996). Stipri kompaktizētu lauksaimniecības augšņu struktūras atjaunošanās notiek 70-140 gadu laikā (Froehlich 1985).

Viena no plašāk lauksaimniecībā un mežsaimniecībā pielietotajām metodēm augsnes sablīvēšanās un augsnes struktūras izmaiņu noteikšanai ir augsnes pretestības mērīšana, šim nolūkam izmantojot manuālos vai digitālos penetrometrus (Ozpinar & Cay 2006; Ampoorter et al. 2007, 2010; Alaoui & Diserens 2011). Latvijā uzkrāta pieredze firmas Eijkelkamp penetrolōģera izmantošanā augsnes sablīvējuma meža tehnikas ietekmē un meža augsnes sagatavošanas kvalitātes noteikšanā (Lazdiņa 2008; Liepiņš et al. 2011). Eijkelkamp digitālo penetrolōģeru var izmantot augsnes pretestības noteikšanai līdz 80 cm dziļumā:

augšņu ģenēzes pētījumos;

augšņu nestspējas noteikšanai būvniecībā;

kompaktizētu augsnes starpslāņu identificēšanai;

lauksaimniecības augšņu sablīvējuma noteikšanai;

augšņu nestspējas noteikšanai bezceļu transporta plānošanā un ietekmes uz vidi novērtēšanā;

augšanas apstākļu novērtēšanai, it īpaši urbanizētā vidē (parkos un dārzos), kur sablīvētu augsnes starpslāņu veidošanās ir raksturīgāka, nekā dabiskā vidē;

sporta laukumu plānošanā (Eijkelkamp 2007).

Būvniecībā lielāka augsnes pretestība liecina par labāku augsnes nestspēju un drošāku pamatu tehnikai un ēkām, bet lauksaimniecībā liela augsnes pretestība liecina par iespējamām problēmām – pārāk liela pretestība apgrūtina sakņu augšanu un samazina skābekļa pieplūdi augsnē (Mullins 1990). Maza augsnes pretestība mežā liecina par palielinātu risu veidošanās risku, veicot apaļkoksnes un mežizstrādes atlieku pievešanu (Bakker 1990).

Sakņu spēja caurautg augsnes slāni ir viens no būtiskākajiem meža tehnikas ietekmi uz augsni raksturojošajiem rādītājiem. Maksimālā augsnes pretestība, ko var uzskatīt par pieļaujamu optimālai sakņu attīstībai, ir 1 MPa (megapaskāls), kas atbilst spēkam, ar kādu augošanas saknes spiež uz augsnes daļiņām. Jāņem vērā, ka saknes tiecas apliekt šķēršļus (sablīvētas augsnes konkrēcijas vai akmeņus) un izmanto augsnē esošās plaisas (Schothorst 1968). Penetrolōģers nevar noteikt plaisu klātbūtni un augsnes sablīvējuma nevienmērīgumu, tāpēc praksē saknes turpina augt arī tad, ja penetrolōģera rādījumi pārsniedz 1 MPa. Saskaņā ar Nīderlandē veiktiem pētījumiem netraucēta sakņu augšana turpinās, ja augsnes pretestība ir 1,5 MPa (Bakker 1990). Būtiski ierobežojumi sakņu augšanā novērojami tad, ja augsnes pretestība ir 3 MPa. Sakņu attīstības traucējumi noved pie ūdens un barības vielu uzņemšanas samazināšanās un produktivitātes krituma (Bakker 1990; Mullins 1990).

Izmantojot penetrolōģeru augsnes pretestības noteikšanai, jāņem vērā mitruma un organisko vielu saturs augsnē (Eijkelkamp 2007). Jo lielāks mitruma saturs augsnē, jo mazāka augsnes pretestība, attiecīgi, arī augsnes nestspēja. Tāpēc, lai salīdzinātu augsnes pretestības datus, kas iegūti dažādos laika posmos, piemēram, pirms un pēc augsnes apstrādes, ir būtiski pārliicināties, vai mitruma apstākļi augsnē ir salīdzināmi (Mullins 1990). Augšņu mitrumu var noteikt ar zondi, ko pievieno penetrolōģeram (Eijkelkamp 2007).

Organiskā viela pozitīvi ietekmē augsnes nestspēju. Kūdrainas augsnes ar mazu blīvumu nestspēja ir salīdzināma ar blīvas smilšainas augsnes nestspēju (Schothorst 1968). Jāņem vērā,

ka organiskās augsnes parasti ir daudz lielāks mitruma saturs, tāpēc praksē organisko augšņu nestspēja ir mazāka.

Veicot augsnes pretestības mērījumus, ir būtiski ņemt vērā vietas neviendabīgumu – atšķirības augsnes granulometriskajā sastāvā, dažādu augsnes slāņu izvietojumā, organisko vielu un mitruma saturā. Lai samazinātu šo faktoru ietekmi un iegūtu statistiski reprezentablus datus, mērījumi ir vairākas reizes jāatkārto. Mērījumu atkārtojumu skaits ir atkarīgs no vietas īpatnībām, taču ieteicams katrā parauglaukumā veikt vismaz 10 mērījumus (Mullins 1990). Ieteicamais atstatums starp mērīšanas vietām 50-60 cm, bet, piemēram, saskaņā ar Nīderlandes standartiem – 100 cm (Lurvink 1996).

Latvijā un Somijā veiktos pētījumos par meža atjaunošanu konstatēts, ka vidējā augsnes pretestība 0-20 cm augsnes slānī ir 1,2 MPa<sup>35</sup>. Tas liecina par nelielu augsnes sablīvējumu un saskaņā ar citiem pētījumiem (Lazdiņa 2008) šāds augsnes pretestības līmenis ir optimāls sakņu augšanai. Sakņu augšanu limitējošā pretestības vērtība (3 MPa) nav pārsniegta nevienā objektā no pētījumu objektiem. Tas nozīmē, ka augsnes sablīvēšanās vai, tieši pretēji, pārāk irdena augsnes struktūra, kas sekmē augsnes izžūšanu, kociņu ieaugšanos un attīstību normālos apstākļos nebremzē.

Augsnes pretestības izmēģinājumi objektos Latvijā liecina, ka damaksnī viegla smilšmāla augsnē pacilu veidošana uzlabo augšanas apstākļus, veidojot labāku nodrošinājumu ar augu barības vielām, rezultātā stādiņiem ir proporcionāli lielāks biomasas pieaugums, nekā augušaļiem vagās vai nesagatavotā augsnē. Mehanizēti uz pacilām ierīkotajos stādījumos saglabājās 97 % no damaksnī iestādītajiem egļu stādiem (Lazdiņa 2008).

Savukārt lauksaimniecības zemē vagās veidojas labāki augšanas apstākļi, nekā uz pacilām, jo lauksaimniecības zemju virskārta parasti ir vairāk sablīvējusies, tāpēc pacila veidojas no 2 sablīvētiem augsnes slāņiem; savukārt, vagā, ja tā ir pietiekoši dziļa, sablīvētā augsne tiek novākta un stādiņu iestāda irdenajā augsnes slānī (Lazdiņa 2008).

Saskaņā ar pētījumu rezultātiem, vidējais augsnes relatīvais mitrums ir Latvijā un Somijā ir līdzīgs, uz pacilām ierīkotajos ierīkotajos parauglaukumos tas ir attiecīgi 14,4 % un 14,9 % (Lazdiņa 2008; Lazdiņa et al. 2008). Iepriekšējos pētījumos konstatēts, ka, salīdzinot augsnes mitrumu uz pacilas virsas un vagas dibenā 0-10 cm slānī, nav novērota būtiska atšķirība – relatīvais mitrums uz pacilas un vagā, attiecīgi, ir 21,0% un 20,0 % (Lazdiņa 2008).

Vērtējot augsnes sablīvējumu uz tehnoloģiskajiem koridoriem dažādos augšanas apstākļos tūlīt pēc izstrādes un apaļkoku pievešanas, LVMI Silava veiktajos pētījumos konstatēts, ka visbūtiskākais augsnes pretestības palielinājums ir vidējos pievešanas apstākļos (pievešana iespējama visu gadu, nepieciešamības gadījumā iekļājot zarus ceļos, galvenokārt āreņi un slapjaini). Salīdzinot visas mašīnas, lielākais summārais augsnes pretestības palielinājums uz ceļa ar zaru segumu konstatēts pievedējtraktoriem ar mazu kravas tilpni, kas pa vienu un to pašu ceļu brauca vairākas reizes. Tomēr izteikts augsnes sablīvējuma palielinājums novērots tikai labajos apstākļos (sausieņos), it īpaši uz ceļiem bez zaru klājuma. Pārmitrās augsnēs augsnes pretestības palielināšanos Latvijā veiktajos pētījumos nenovēroja, jo augsni, kurā lielākā daļa ir ūdens, nevar saspiest, tāpēc tā tiek izspiesta no riteņu apakšas pa vieglākās pretestības ceļu un, traktoram ar korpusu slīdot pa augsnes virsmu, būtiski palielinās tā virsma. Daudzos gadījumos labajos un vidējos pievešanas apstākļos augsnes pretestība pietuvojās vai pārsniedza 3 MPa, bija arī tādi parauglaukumi, kuros tā jau sākotnēji bija 2-3 MPa (Lazdiņš et al. 2008). Tas liecina, ka mežizstrādes tehnika rada augsnē strukturālas izmaiņas un vietās, kur tam ir labvēlīgi apstākļi, notiek augsnes sablīvēšanās. Tajā pašā laikā redzams, ka gan

<sup>35</sup> Projekta “Multifunkcionālas celmu izstrādes un augsnes pacilu sagatavošanas iekārtas prototipa izveidošana un testēšana” dati, nav publicēti.

sākotnējais stāvoklis, gan ietekmes ir ļoti atšķirīgas un var būt situācijas, kad jau sākotnēji augsnes pretestība ir lielāka, nekā pieļaujams saskaņā ar literatūras datiem. Tāpat no pētījumu datiem nav skaidrs, cik lielā mērā uz intensīvi kultivētām lauksaimniecības augsnēm iegūtus datus var attiecināt uz meža zemēm.

Lai noskaidrotu augsnes sablīvējuma noturību un iespējamo ietekmi uz meža atjaunošanos, pētījumā novērtēts, vai pastāv statistiski būtiska atšķirība augsnes pretestībā pirms 5 un 10-15 gadiem izstrādātās mežaudzēs un kā notikusi dabiskā meža atjaunošanās uz tehnoloģiskajiem koridoriem 10-15 gadu laikā.

## 2.3. Izmēģinājumu objekti un empīrisko datu ieguves metodika

### 2.3.1. Izmēģinājumu objekti

Apsēkoti objekti dažādos meža augšanas apstākļu tipos, kas izvietoti Zemgales un Vidusdaugavas mežsaimniecībās. Galvenie taksācijas rādītāji doti 11. tabulā (Tabula 0.12). Izmēģinājumu objektu raksturojums sagatavots atbilstoši 2004. gada LVMI Silava pētījuma ziņojumam (Liepa et al., 2005).

Tabula 0.12

Izmēģinājumu objektu raksturojums

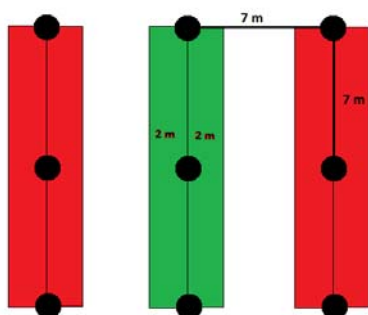
Kvartāla apgabals	Kvartāls	Nogabals	Audzis formula	Platība, ha	Meža tips	Mežizstrādes gads
502	189	10	9E32 1B17	1,1	Nd	1981
502	482	18	10P7	1,9	Ks	2004
502	482	4	10E8	0,8	Ap	2004
502	483	13	10E8	2,6	Dm	2003
502	483	8	10E8	1,9	Dm	2003
502	486	14	10E7	1,1	Ap	2004
504	37	6	10P10	3,5	Ln	2003
504	37	8	10P10	3,4	Ln	2003
504	38	2	10P9	2	Ln	1998
504	38	4	10P18	1,3	Mr	1998
504	38	9	10P18	2	Mr	1989
504	39	1	10P7	8,4	Mr	2006
504	40	3	10P8	3	Dm	2003
504	40	5	10P9	3,8	Dm	2003
504	40	7	10P18	2,3	Dm	1995
504	41	5	10P14	3,1	Ln	1997
506	120	25	7B2E1Ba8	4	Vr	2003
506	122	2;3	10P10	0,6	Ln	2001
506	122	9	7B10 3P6	0,8	Dms	2001
506	17	25	6P4B15	1,9	Dms	2000
506	17	32	10P15	1,2	Ln	2000

Kvartāla apgabals	Kvartāls	Nogabals	Audzes formula	Platība, ha	Meža tips	Mežizstrādes gads
506	28	1	10P8	0,7	As	2003
506	29	15	10P17	2,2	Ln	2002
506	31	15	10P9	2,6	Mr	2002
506	32	5	10P8	0,9	Sl	2003
506	61	6	6P4E9	0,8	Dms	2003
506	64	4	10B17	0,7	Nd	2003
506	8	33	10P9	0,8	Ln	2002
506	9	33	10P8	3,5	Ln	2004
508	255	21	10P8	4,7	Ln	2004
508	305	11	10E7	1,7	Kp	2002
508	305	3	8E7 2P6	3,9	Dm	2004
508	368	14	10P11	2	Ln	2001
508	368	25	9P10 1B9	3,1	Dm	1999
508	369	8	87B9 3M6	3,1	Kp	2001
511	81	9	8B2A9	2,1	Gr	2002
604	387	5	7E2B1P10	2,2	Dm	2003
604	389	1	10P11	2,5	As	2002
604	280	4	10P11	2,5	Dm	2003
604	284	8	9E1B9	3,1	Ks	2003
604	293	10	10P9	1,9	Dm	2002
604	348	11	6B4M11	3	Lk	2001
604	380	8	6P2E2B11	5,4	Dm	2002
604	60	25	8P2B9	0,8	Dms	2003
608	21	15	10P9	1,8	As	2001
608	21	9	10P9	1,3	As	2001
608	7	1.1	8E2B7	1,6	Ap	2003
608	7	13	6E3B1P8	2,3	As	2003
608	7	20	10E12	1,3	Ap	1997
608	7	5.1	5E5B7	1,5	Ap	2003
608	7	8	10E7	1,9	Ap	2006
609	33	18	10E10	2,1	Dm	2001
609	34	23.1	10P8	2,6	Ln	2003
609	34	23.2	10P8	1,9	Ln	2003
609	43	12	10P9	1,4	Dm	2003
609	43	17	10P9	1,6	Nd	2001

Kvartāla apgabals	Kvartāls	Nogabals	Audzes formula	Platība, ha	Meža tips	Mežizstrādes gads
609	68	38	10P9	1,8	Ln	2003
609	69	39	10M9	1,4	Db	2000
609	70	14	10P9	1,9	Mrs	2003

### 2.3.2. Parauglaukumu ierīkošanas metodika

Katrā no apsekotajiem nogabaliem tika ierīkots viens parauglaukums. Tā ierīkošana sākas ar centrālā mieta nospraušanu, kur tiek noteiktas arī parauglaukuma koordinātas. Parauglaukums sastāv no 3 slejām, kuru vidusasis atrodas 7 m attālumā viena no otras. Viena no slejām atrodas uz pievešanas ceļa. Uz katras no slejām atliekti 3 punkti, kas savstarpēji atrodas 7 m attālumā. 2.1.attēlā redzama shēma, kā tiek veidoti parauglaukumi un kāds ir sleju izvietojums (Attēls 0.82). Vidējā sleja tika ierīkota uz traktora atstātās sliedes, pārējās mežaudzes daļā, kas nav izmantota tehnikas pārvietošanai. Detalizētas izmēģinājumu objektu shēmas, tajā skaitā kritālu uzskaites un paraugu ievākšanas shematisks attēlojums dots 1., 2. un 3. pielikumā.



Attēls 0.82. Parauglaukuma shēma

### 2.3.3. Augsnes sablīvējuma mērījumi

Sablīvējuma mērīšanai izmantots Eijkelkamp digitālais penetrolģers, kas var uzmērīt augsnes pretestību līdz 80 cm dziļumam (Attēls 0.83). Augsnes pretestības mērījumi veikti līdz 80 cm dziļumam, izņemot vietas, kur augsnes pretestība bija pārāk liela, lai iespiestu penetrolģera zondi. Šādās vietās mērījumus veica līdz maksimālajam dziļumam, kādā varēja to iespiest. Katrā objektā tika veikti 27 sablīvējuma mērījumi. Mērījumi veikti pa slejām. Uz katras slejas atliekti 3 punkti, kas atrodas 7 m attālumā viens no otra, kuros veic katrā trīs mērījumus. Tiek piefiksēts, kurā no slejām atrodas pievešanas ceļš, lai vēlāk aprēķinos to varētu salīdzināt ar pievešanas procesā neskarto audzes daļu.

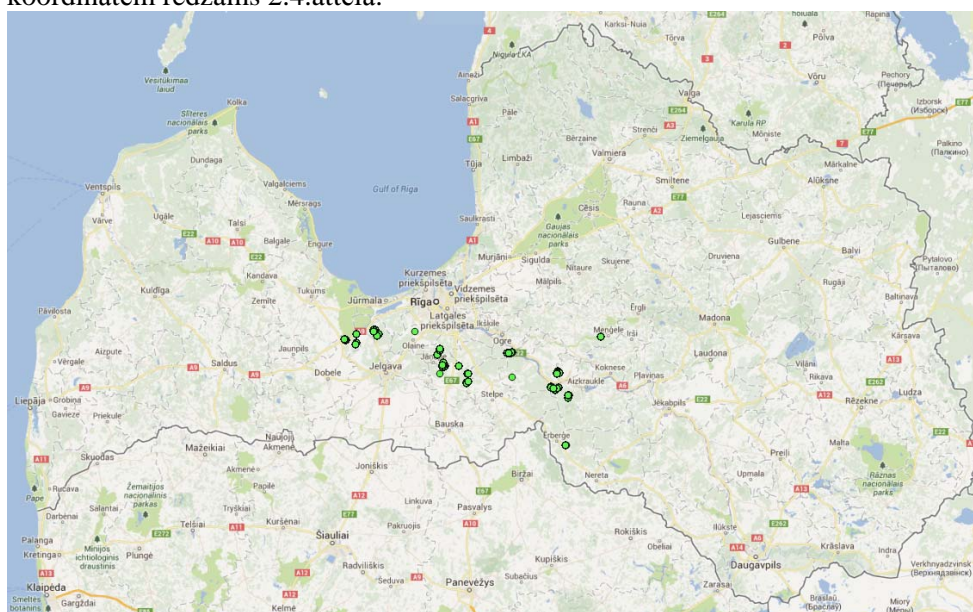


Attēls 0.83. Eijkelkamp digitālais penetrolgers

Rezultāti doti megapaskālos (MPa). Pārreķins spiedienam no spēka (faktiski nomērītais lielums) uz pretestības mērvienībām veicams ar 1. vienādojumu.

$$MPa = \frac{Spēks (N)}{2 \text{ cm}^2 (\text{korusa laukums})} \cdot 100 \quad (1)$$

Vienlaicīgi ar pretestības datu ieguvī, noteiktas arī attiecīgā punkta koordinātes, veidojot izmēģinājumu objektu karti (Attēls 0.84). Penetrācijas vietu izvietojums vienā audzē atbilstoši fiksētajām koordinātēm redzams 2.4.attēlā.



Attēls 0.84. Izmēģinājumu objektu karte



Attēls 0.85. Penetrācijas vietu izvietojums vienā audzē

### **2.3.4. Paaugas uzskaitē**

Paauga uzskaitīta visos parauglaukumos pa slejām. Tiek uzskaitīti visi koki, kas atrodas ne tālāk kā 2 m no slejas vidusass, kas nosprausta ar stigmietiem. Kociem mērīts augstums ar latas vai augstummēra VERTEX palīdzību. Kociem, kas sasnieguši vismaz 2 m augstumu, mērīts caurmērs krūšu augstumā, izmantojot dastmēru. Uzskaitītas visas koku sugas, kas atrodas slejā. Veicot mērījumus, piefiksēta sleja, kurā atrodas pievešanas ceļš.

Pēc datu ievadišanas elektroniskajās tabulās aprēķināts vidējā koku augstums gan neskartajā audzes daļā, gan slejā, kur veikti pievešanas darbi. Slejās, kur mērīts caurmērs un augstums paraugkokiem, pirms tam izveidota augstumlīkne katrai attiecīgajās slejās pārstāvētajai koku sugai un aprēķināts visu koku augstums. Analizēts koku skaits, augstums, sugu sastāvs kontroles audzes daļā un uz pievešanas ceļa.

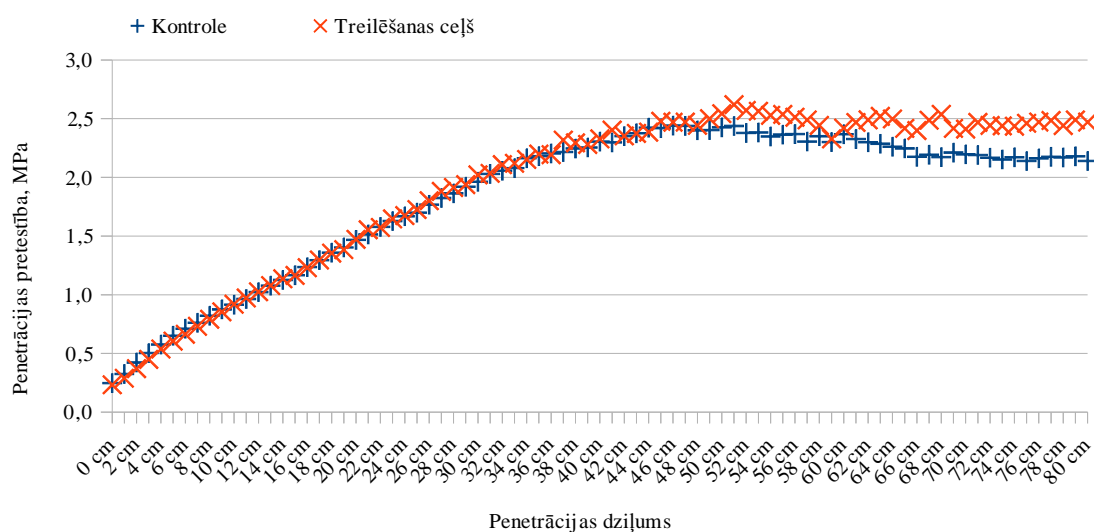
## **2.4. Pētījuma rezultāti**

### **2.4.1. Veikto mērījumu un uzskaites kopsavilkums**

Kopā apsekoti 59 nogabali Zemgales un Vidusdaugavas mežsaimniecībās. Katrā objektā ierīkots viens parauglaukums, kas sastāv no 3 slejām. Visās slejās veikta paaugas uzskaitē un sablīvējuma mērījumi.

### **2.4.2. Augsnes sablīvējums**

Dažādos augšanas apstākļu tipos apsekoti kopā 59 objekti. Vidējie augsnes pretestības rādītāji visos objektos parādīti 2.5.attēlā. Atšķirība starp abām paraugkopām nav statistiski būtiska ( $p > 0,05$ ).



Attēls 0.86. Vidējā penetrācijas pretestība visos objektos

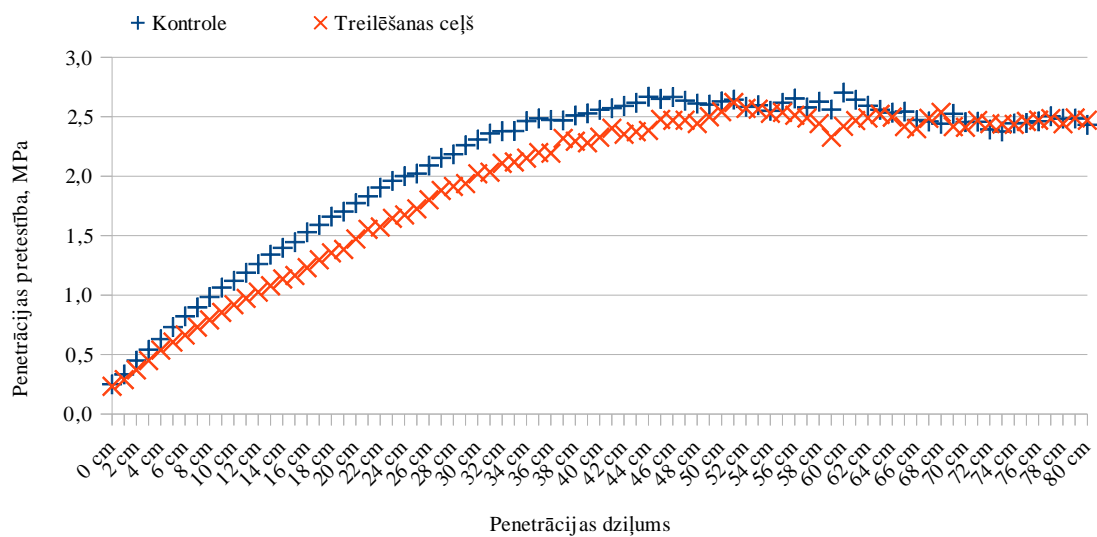
Apskatot visus objektus, nešķirojot atsevišķus meža tipus, var secināt, ka būtiskas atšķirības starp augsnes sablīvējumu uz pievešanas ceļiem un kontroles audzē nepastāv. Būtiskas atšķirības augsnes sablīvējumā sāk parādīties 50 cm dziļumā. Iespējams, ka tas saistīts ar augsnes sasalšanas dziļumu (caursalstošajos slāņos augsnes pretestība ātri izlīdzinās).

Pētījuma objekti izvietoti sausieņos, slapjajos, purvaiņos, kūdreņos un āreņos. Zemāk esošie grafiki parāda atšķirības, kādas pastāv katrā no meža augšanas apstākļu tipu rindām. Visvairāk objektu izvietoti sausieņos. 2.6.attēlā redzami sablīvējuma mērījumi sausieņos uz pievešanas ceļiem un audzes kontroles daļā. Statistiski būtiskas atšķirības starp iegūtajiem rezultātiem nav konstatētas.

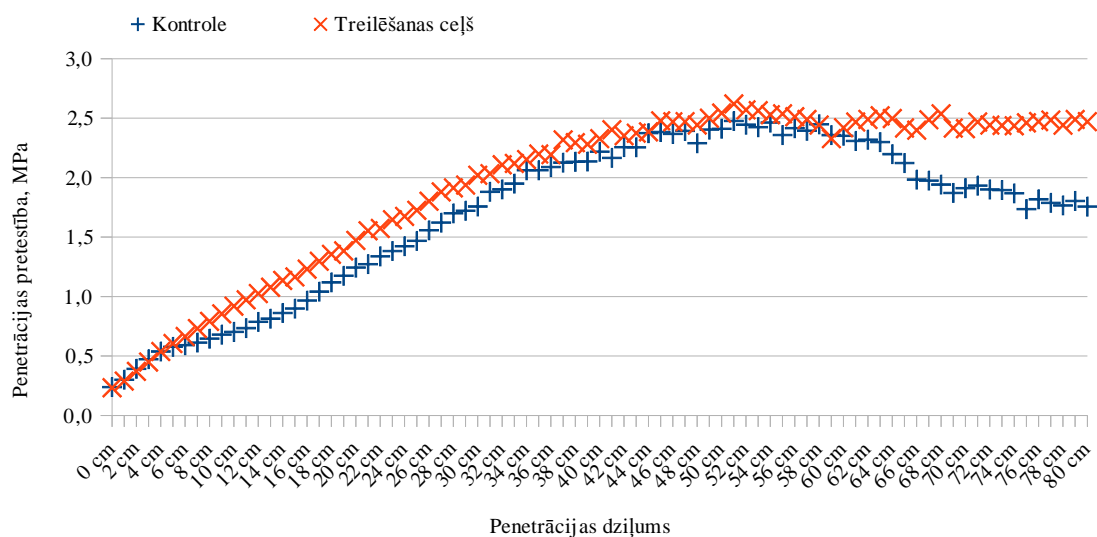
Āreņos (Attēls 0.88) atšķirība starp kontroli un pievešanas ceļu ir statistiski būtiska ( $p < 0,05$ ). Arī kūdreņos (Attēls 0.89) konstatēta būtiska atšķirība starp kontroli un treilēšanas ceļiem. Uz treilēšanas ceļiem sablīvējums ir būtiski lielāks visā augsnes slāņa biezumā. Līdzīga aina vērojama purvaiņos (Attēls 0.90). Slapjajos būtiski lielāks augsnes sablīvējums uz treilēšanas ceļiem konstatēts augsnes virskārtā (Attēls 0.91).

Vairāk nekā puse apsekoto objektu ir sausieņos, pētījuma objekti slapjajos, purvaiņos un kūdreņos ir 7-8 % no kopskaita, āreņi ir 22 % no apsekotajām audzēm (Attēls 0.92). Tas nozīmē, ka iegūtie rezultāti labi raksturo sausieņos, bet var nebūt pietiekoši mežaudžu uz dabiski mitrām un organiskām augsnēm raksturošanai.

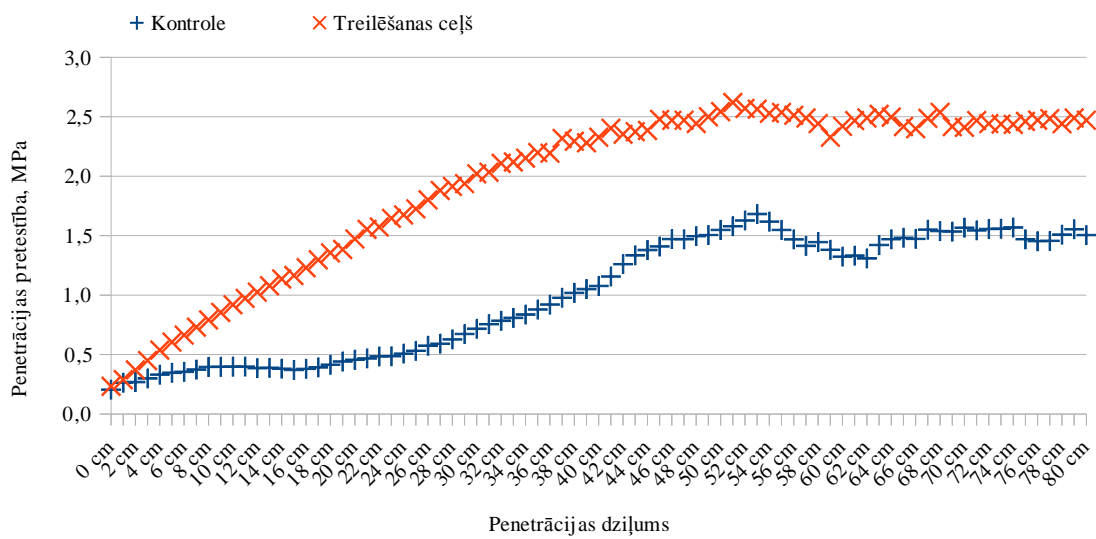




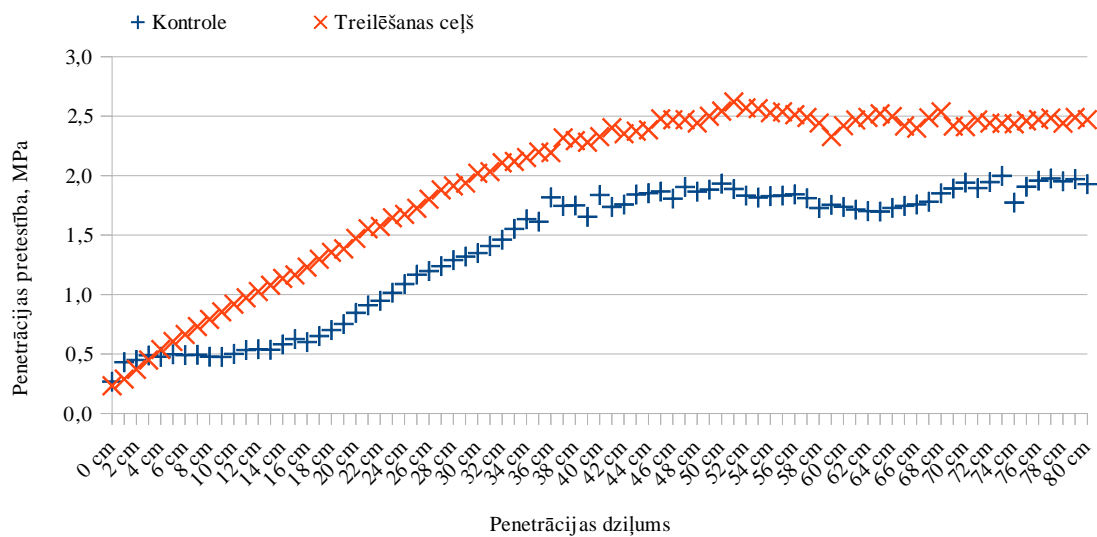
Attēls 0.87. Vidējā penetrācijas pretestība sausienos



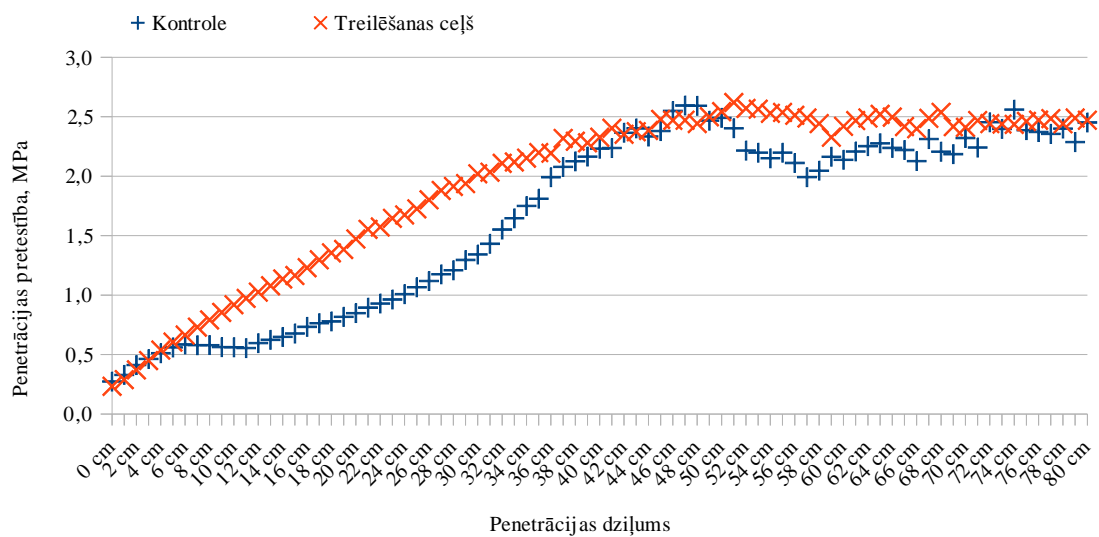
Attēls 0.88. Vidējā penetrācijas pretestība āreņos



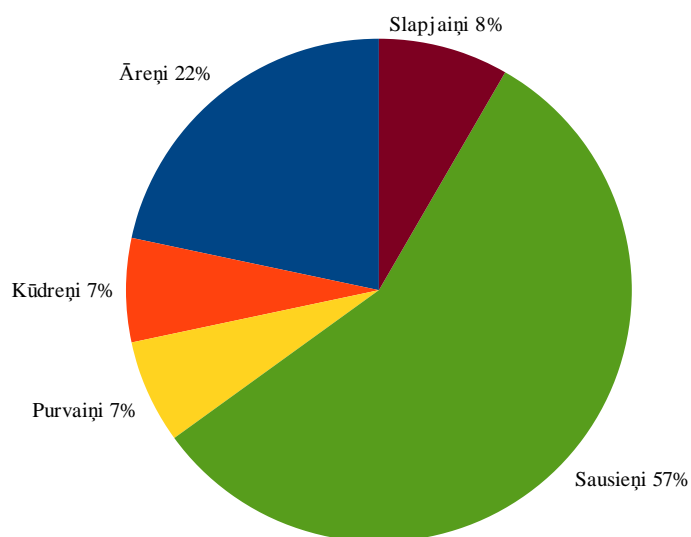
Attēls 0.89. Vidējā penetrācijas pretestība kūdreņos



Attēls 0.90. Vidējā penetrācijas pretestība purvaiņos

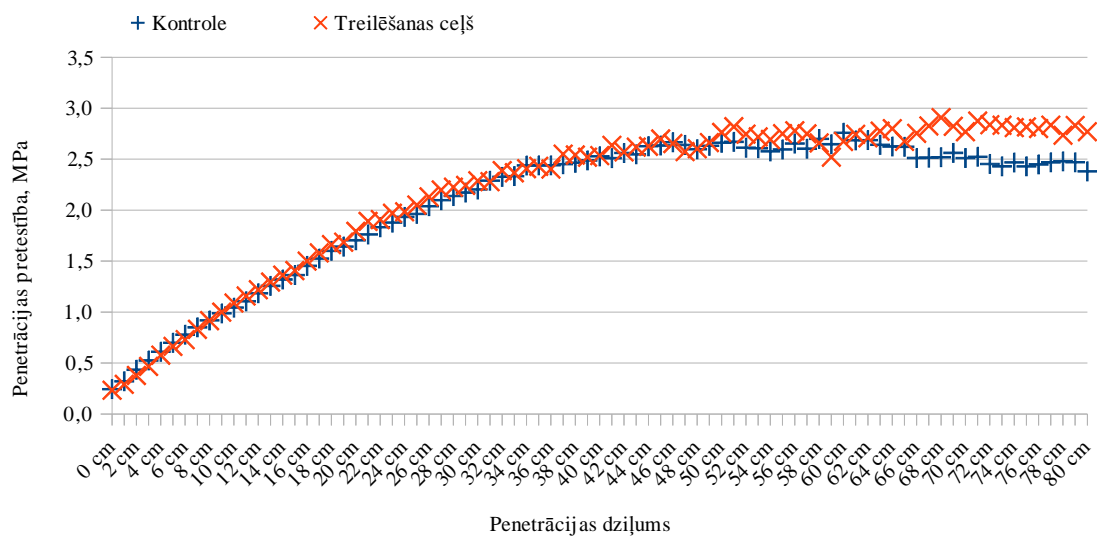


Attēls 0.91. Vidējā penetrācijas pretestība slapjajinos

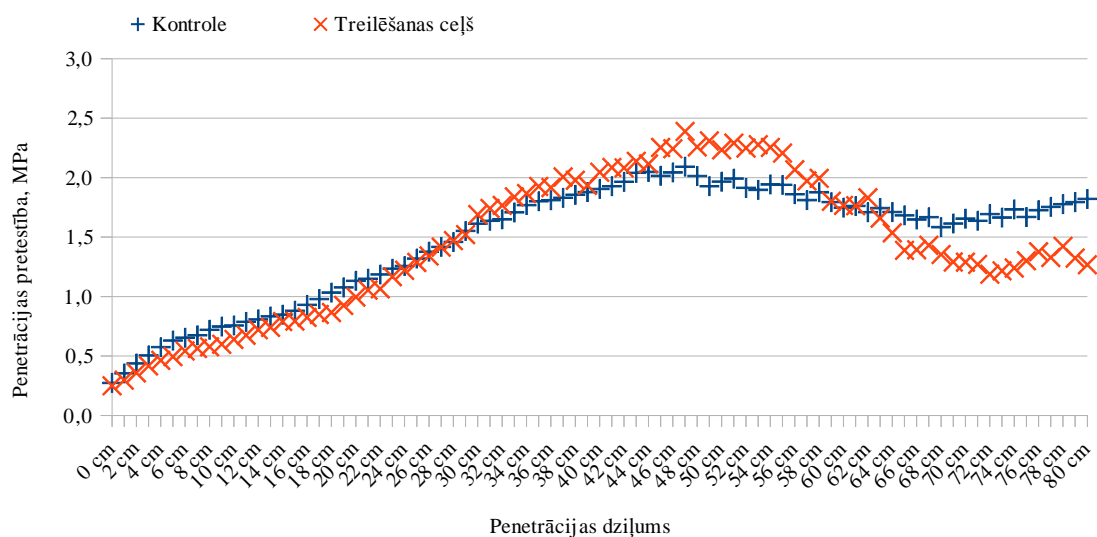


Attēls 0.92. Augšanas apstākļu tipu sadalījums izmēģinājumos

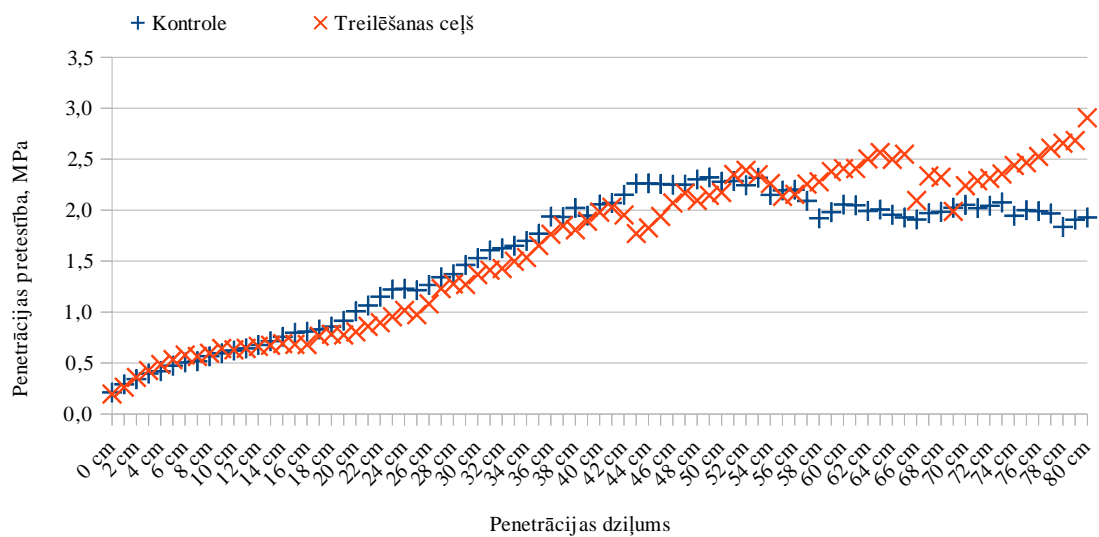
Apsektie pētījumu objekti aptver triju veidu valdošās koku sugas: parasto priedi, parasto egli un bērzu. Atkarībā no valdošās koku sugas, sablīvējuma mērījumu rezultāti redzami 2.12., 2.13. un 2.14. attēlā. Visos gadījumos statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas, lai gan priedes un bērza audzēs redzams, ka dziļāk par 50 cm uz treilēšanas ceļiem augsne ir vairāk sablīvēta.



Attēls 0.93. Vidējā penetrācijas pretestība parastās priedes audzēs

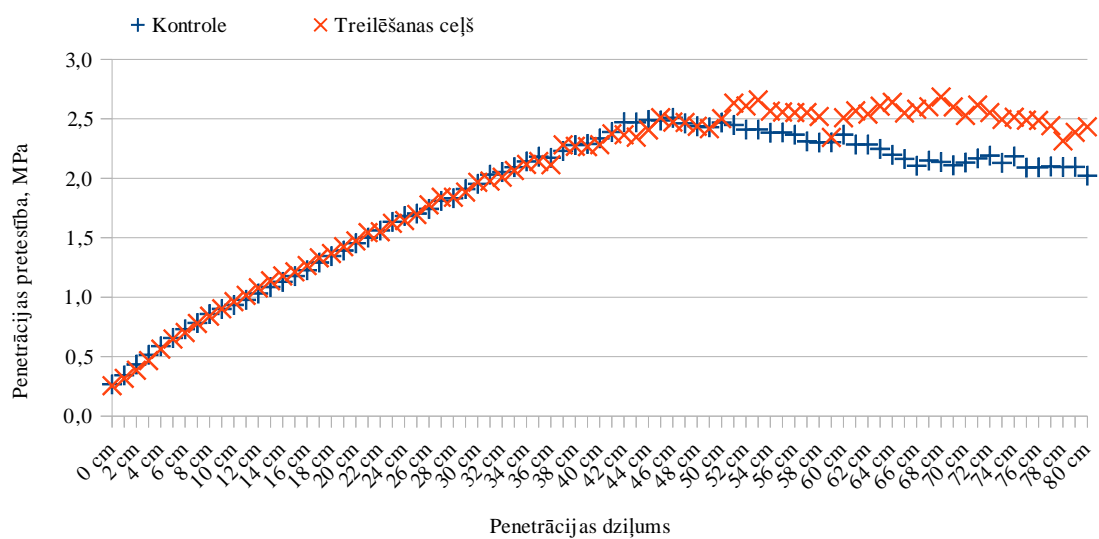


Attēls 0.94. Vidējā penetrācijas pretestība parastās egles audzēs

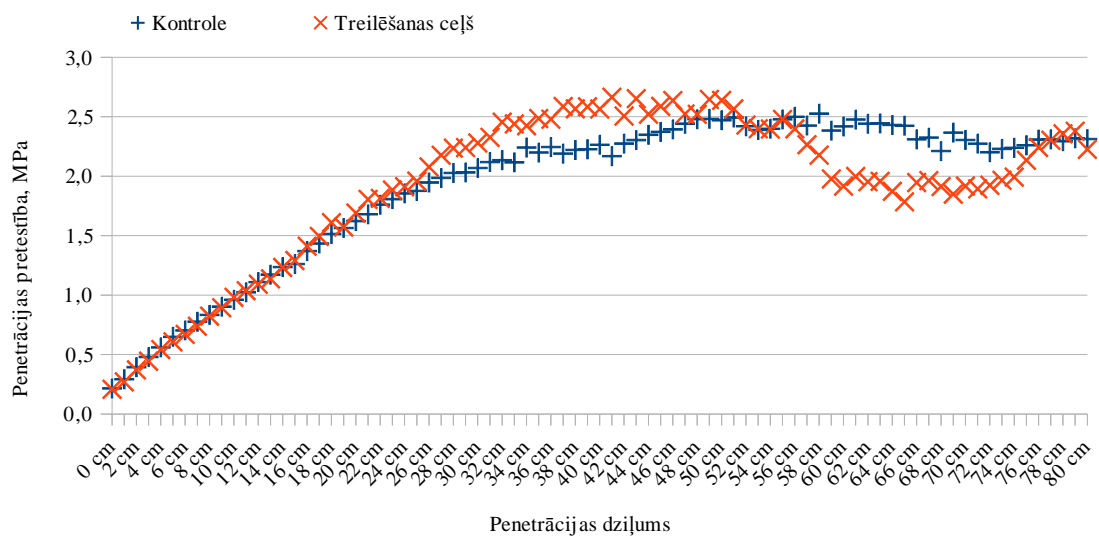


Attēls 0.95. Vidējā penetrācijas pretestība bērza audzēs

Apsektie objekti izstrādāti četros gadalaikos: vasarā, ziemā, rudenī un pavasarī. Visvairāk dati ievākti par nogabaliem, kur izstrāde veikta ziemā un vasarā. Šo divu izstrādes sezonu augsnes sablīvējuma grafiki redzami 2.15. un 2.16.attēlā. Būtiska atšķirība starp mērījumiem uz ceļiem un pārējā mežaudzes daļā nav konstatēta, taču vasarā izstrādātajās cīsmās parādās iepriekš sausieņu meža tipos konstatētā sablīvējuma palielināšanās uz treilēšanas ceļiem augsnes slānī, kas atrodas dziļāk par 50 cm.

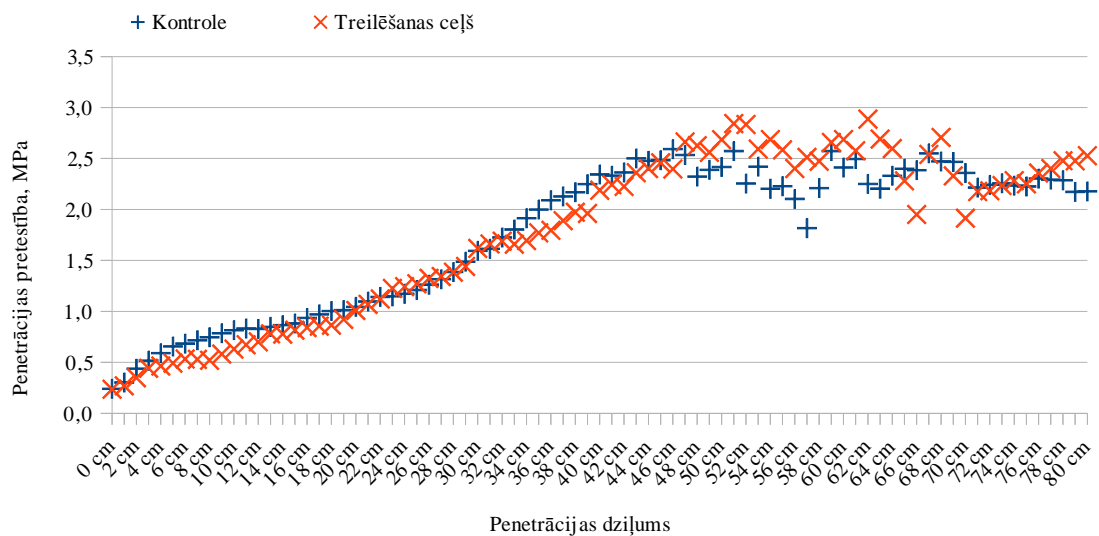


Attēls 0.96. Penetrācijas pretestība vasarā izstrādātajās audzēs

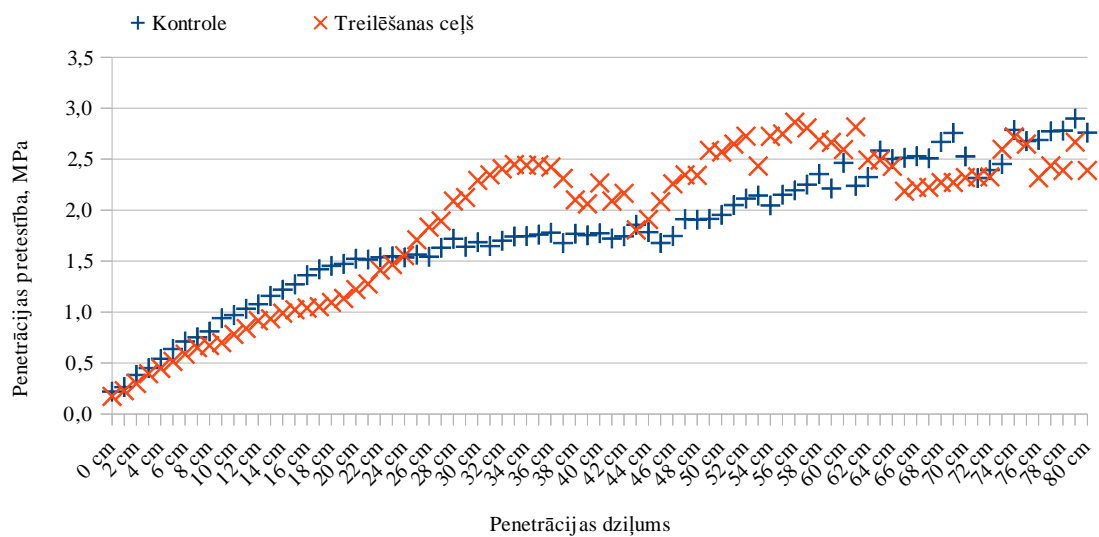


Attēls 0.97. Penetrācijas pretestība ziemā izstrādātajās audzēs

Arī pavasarī un rudenī izstrādātajās platībās nav konstatēta atšķirība augsnes sablīvējumā uz pievešanas ceļiem un kontroles platībās (Attēls 0.98 un Attēls 0.99). Lai gan apsekoto mežaudžu skaits nav pietiekošs, lai izdarītu viennozīmīgus secinājumus par augsnes sablīvējumu pavasarī un rudenī izstrādātās audzēs.

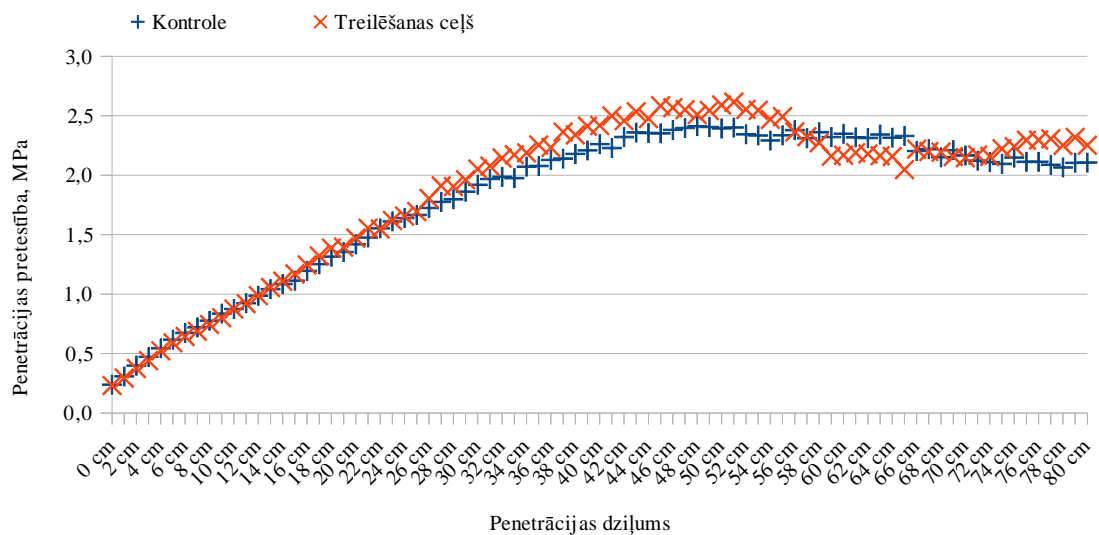


Attēls 0.98. Penetrācijas pretestība rudenī izstrādātajās audzēs

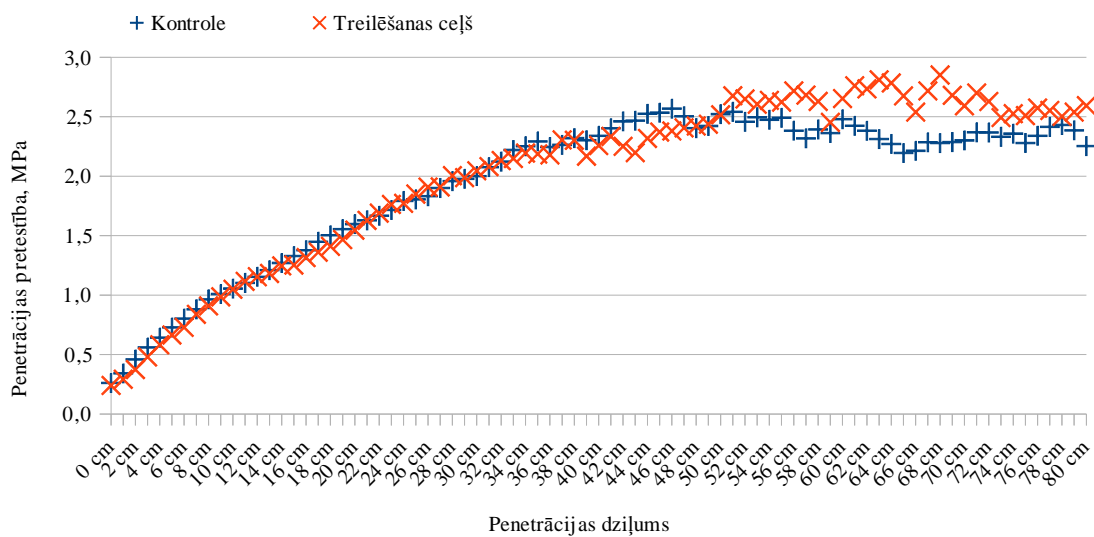


Attēls 0.99. Penetrācijas pretestība pavasarī izstrādātajās audzēs

Mežizstrādes veikšanai tika pielietota divu veidu tehnika: harvesters un benzīna motorzāģis. Abos gadījumos kokmateriālus pieveda ar pievedējtraktoru, t.i. būtisku spiedienu uz augsni radīja tikai pievedējtraktors. Analizēti arī objekti, kuriem nav zināma tehnika, ar kuru veikta izstrāde. Statistiski būtiska atšķirība augsnes sablīvējumā nav konstatēta nevienam no variantiem (Attēls 0.100 un Attēls 0.101), lai gan ar ar benzīna motorzāģi izstrādātajās audzēs parādās jau iepriekš konstatētā augsnes sablīvējuma palielināšanās dziļākajos augsnes slāņos. Ja salīdzina ziemā un vasarā ar benzīna motorzāģi izstrādātās cirsmas, tad sablīvējuma palielināšanās dziļākajos augsnes slāņos raksturīga tikai vasarā izstrādātajām cirsmām. Tas liecina, ka augsnes sablīvējumu, iespējams, radījusi meža tehnika.



Attēls 0.100. Penetrācijas pretestība ar harvesteru izstrādātajās audzēs

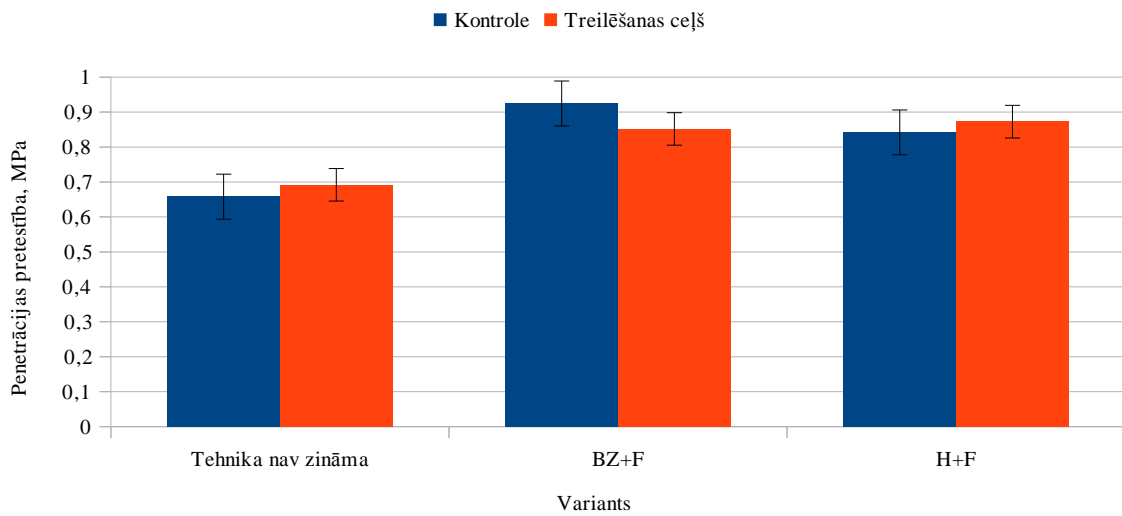


Attēls 0.101. Penetrācijas pretestība ar benzīna motorzāģi izstrādātajās audzēs

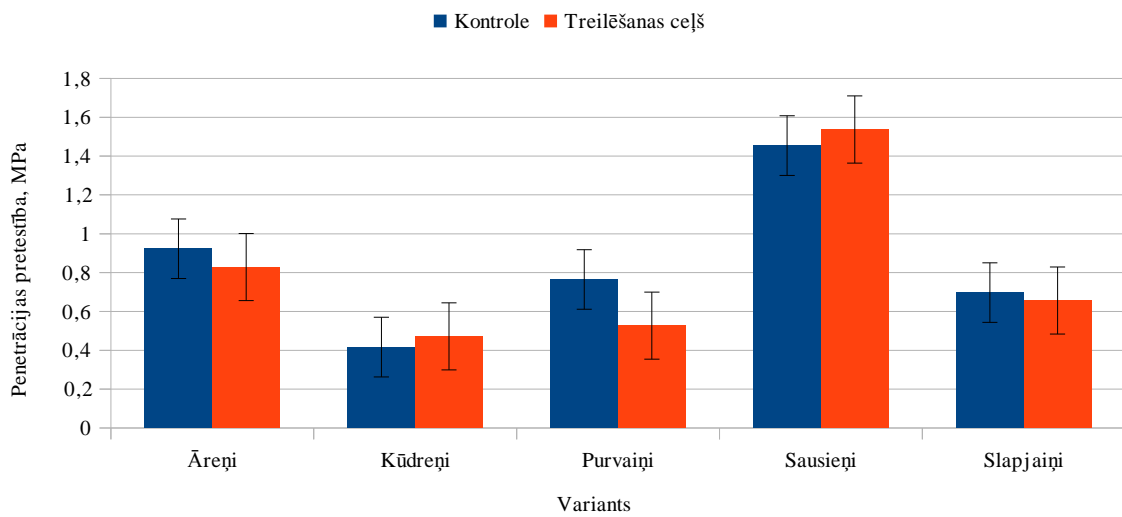
Salīdzinot augsnes sablīvējumu līdz 20 cm dziļumā, kur atrodas lielākā daļa koku saknes, būtiskas atšķirības atkarībā no izmantotās tehnikas nav konstatētas (Attēls 0.102).

Arī augsnes virskārtas sablīvējuma mērījumi dažādos augšanas apstākļos nevienā no variantiem neuzrādīja statistiski būtisku atšķirību (Attēls 0.103). Tas nozīmē, ka būtiskākās izmaiņas, ko uzrādīja augsnes pretestības datu salīdzināšana 0-80 cm dziļumā, notiek dziļākajos augsnes slāņos, ko neskar sasalums. Augsnes sablīvēšanās visā slāņa biezumā vairāk raksturīga meža tipiem uz organiskām augsnēm, dziļāko augsnes slāņu sablīvēšanās – minerālaugsnēm, tajā skaitā sausieņu meža tipos (Attēls 0.104). Latvijā pietrūkst zināšanu par augsnes dziļāko slāņu sablīvēšanās sasaisti ar mežaudzes attīstības riskiem. Iespējams, ka šī ietekme ir niecīga, jo tik dziļi atrodas neliela daļa koku sakņu, taču augsnes sablīvēšanās uz pievešanas ceļiem var negatīvi ietekmēt mežaudžu noturību. Noturīga sablīvējuma palielināšanās visā augsnes slānī kūdreņos un purvaiņos var radīt būtisku negatīvu ietekmi uz nākamās aprites kociņu attīstību, tāpēc treilēšanas ceļu ietekme uz organiskām augsnēm jāpēta padziļināti, salīdzinot sīksakņu biomasu un veselības stāvokli uz treilēšanas ceļiem un pārējā audzes daļā. Vienlaicīgi jāmeklē risinājumi tehnikas ietekmes mazināšanai, strādājot uz organiskām augsnēm, piemēram, veicot pievešanu sasaluma apstākļos vai izmantojot tehniku, kas rada salīdzinoši mazu spiedienu uz augsni (kāpurķēžu traktori). Nepieciešams novērtēt arī augsnes sablīvējuma sasaisti ar augsnes nestspēju (ko nosaka gan augsnes īpašības, gan hidroloģiskais režīms, gan augu sakņu sistēmas stāvoklis, gan kritalu daudzums).

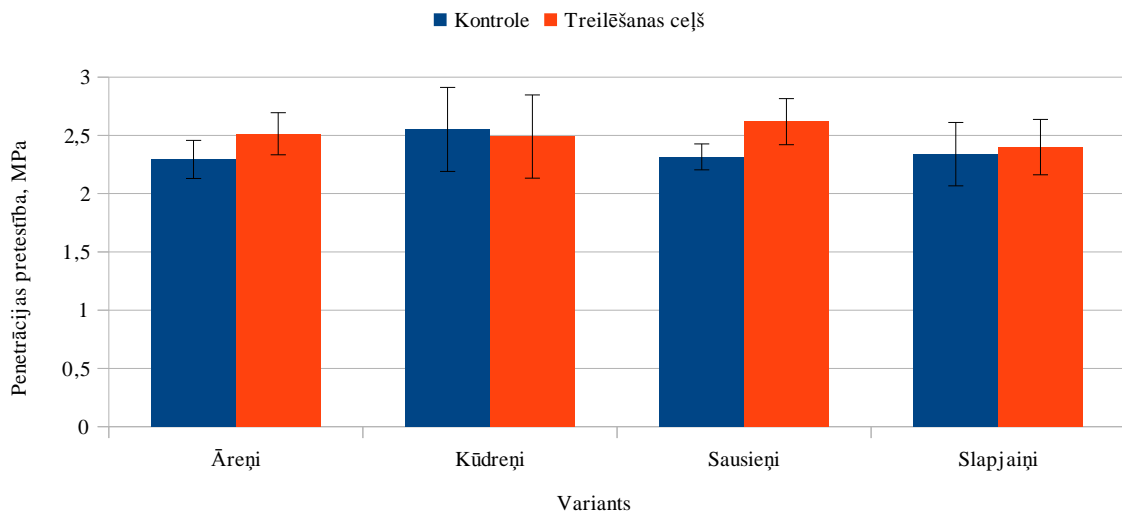




Attēls 0.102. Penetrācijas pretestība atkarībā no izmantotās tehnikas



Attēls 0.103. Penetrācijas pretestība augsnes virskārtā (5-25 cm) atkarībā no augšanas apstākļiem

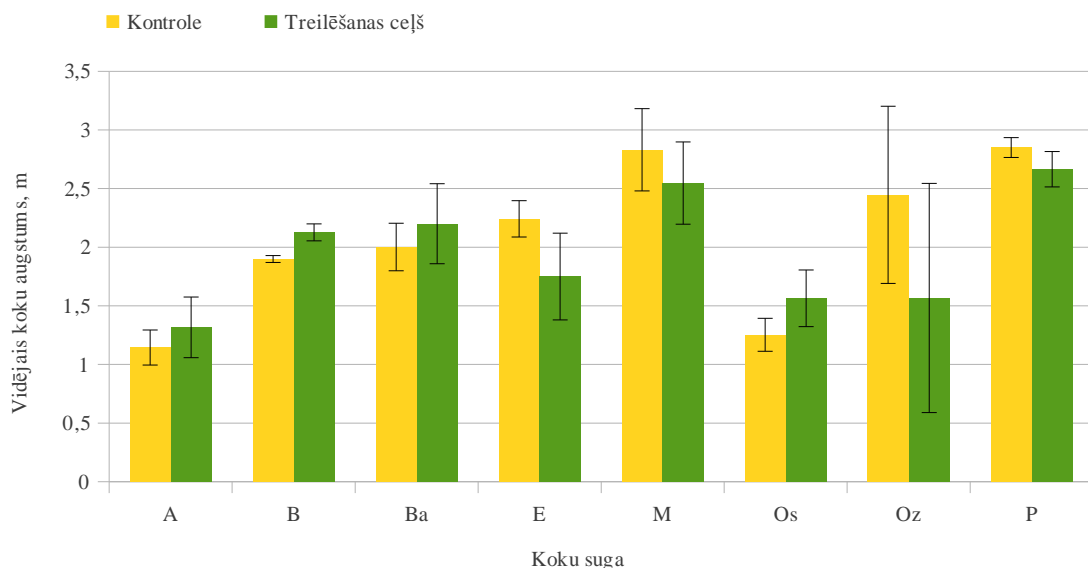


Attēls 0.104. Penetrācijas pretestība dziļākajos augsnes slāņos (50-80 cm) atkarībā no augšanas apstākļiem

### 2.4.3. Paaugas uzskaitē

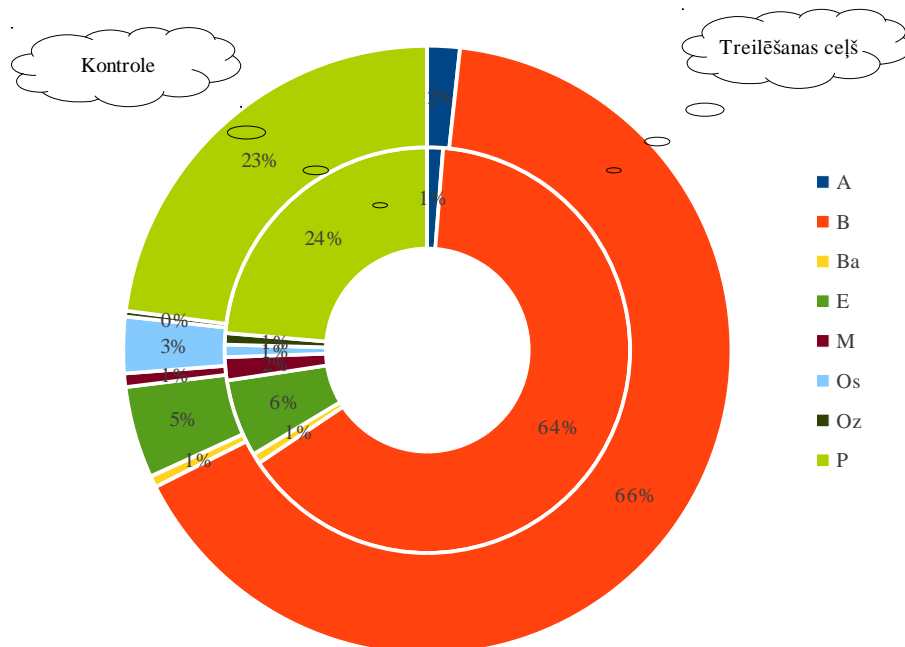
Pētījumā apsekoti tie paši 59 objekti, kur noteikts augsnes sablīvējums. Katrā parauglaukumā uzmērītas 3 slejas, no kurām viena atradās uz pievešanas ceļa. Tika uzmērīti augstumi visiem kokiem, kas atradās kādā no slejām, kā arī caurmēri kokiem, kas sasnējuši vismaz 2 m augstumu. Vienas slejas platība ir 56 m<sup>2</sup>.

2.24. attēlā parādīti koku augstumi audzes kontroles daļā, kas attēloti dzeltenā krāsā, un augstumi uz pievešanas ceļa augošajiem kokiem, kas attēloti zaļā krāsā. Valdošās koku sugas apsekotajos objektos ir parastā priežu, egļu un bērzu. Parasto priežu un egļu audzēs nepastāv statistiski būtiskas vidējā koka augstuma atšķirības atkarībā no tā, vai koki auguši uz pievešanas ceļa vai kontroles daļā. Atšķirīgi koku augstumi novērojami bērziem, kas lielākas dimensijas sasniedz uz pievešanas ceļiem.



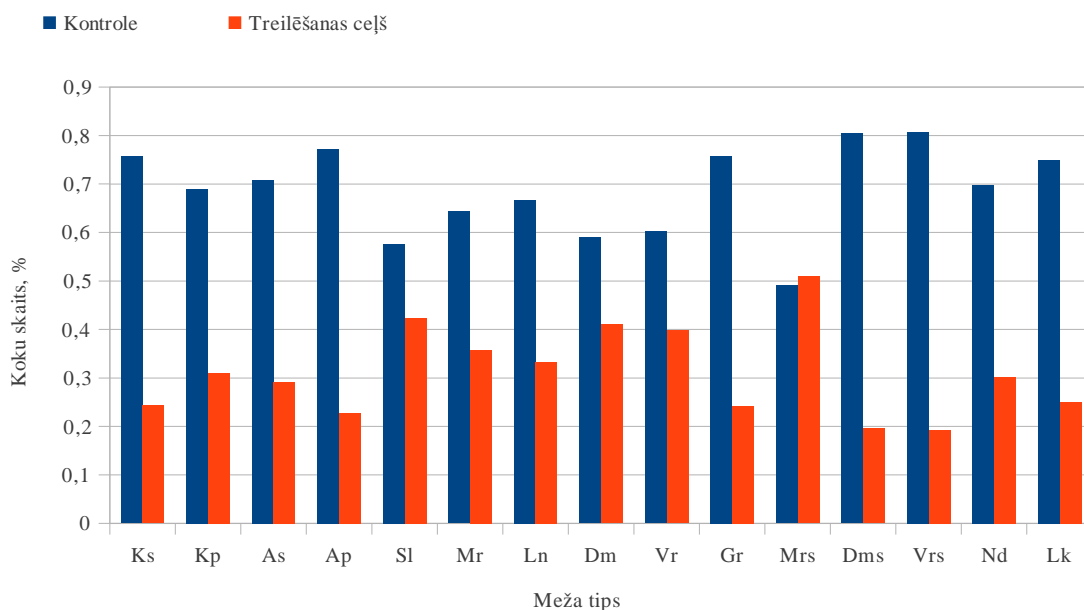
Attēls 0.105. Paaugas koku augstums atkarībā no koku sugas

2.25. attēla ārējais riņķis reprezentē koku sugu sastāvu uz pievešanas ceļa, bet iekšējais riņķis rāda dažādu sugu koku skaita sadalījumu kontroles slejās. Grafikā redzams, ka izplatītākā koku suga gan kontroles slejās, gan uz ceļiem ir bērzs. Tam seko parastā priede un parastā egle. Kā piemistrojums konstatētas tādas sugas kā parastais ozols, parastais osis, baltalksnis un melnalksnis. Vērtējot visas audzes kopā, statistiski būtiska atšķirība koku skaita sadalījumā nav konstatēta.



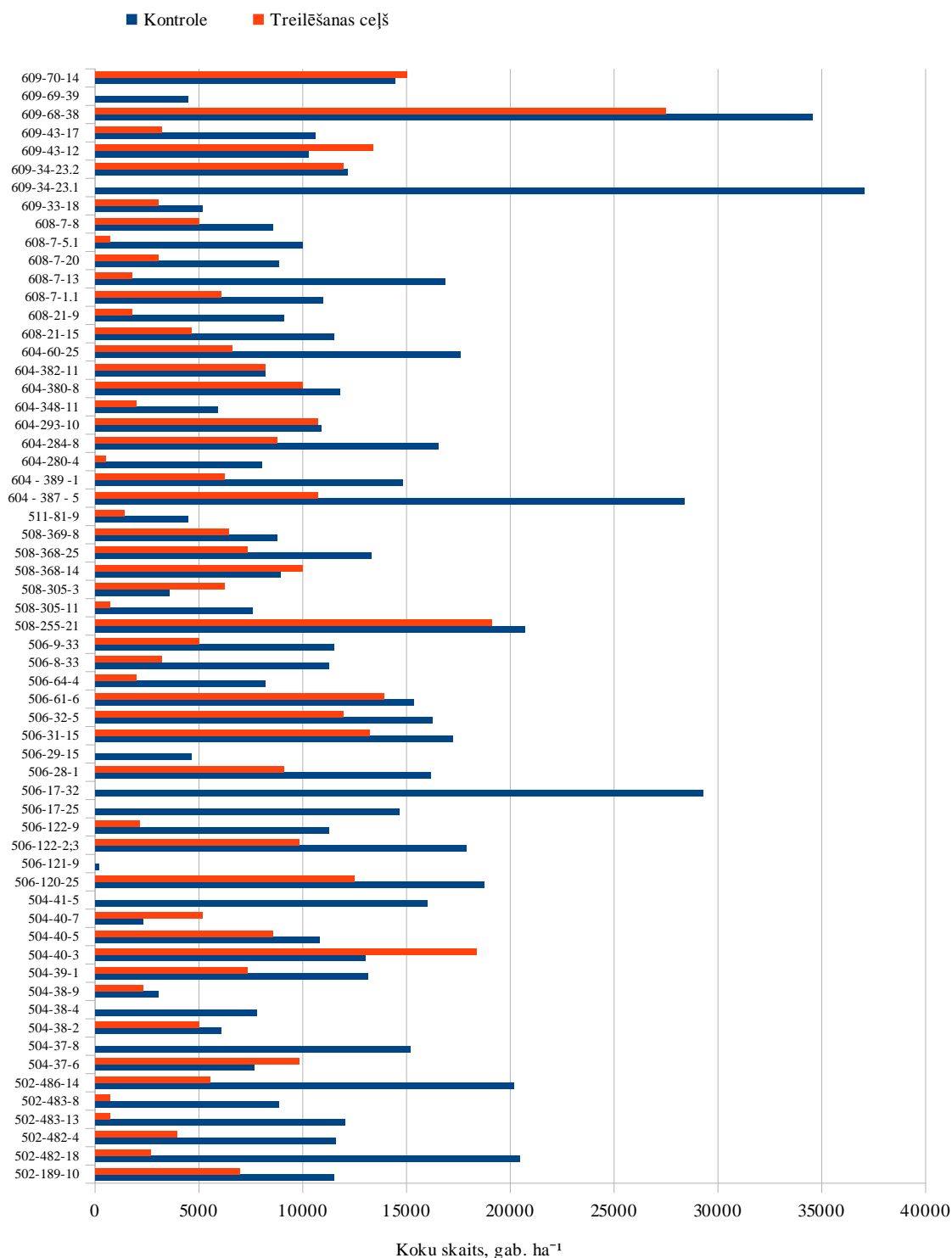
Attēls 0.106. Koku sugu procentuāls sadalījums pēc skaita

Koku skaits, kas uzmērīts katrā slejā, pārrēķināts uz 1 ha. Procentuāls koku skaita sadalījums audzes kontroles daļā un uz pievešanas ceļa redzams 2.26. attēlā, kur pētāmie objekti sagrupēti pa meža tiptiem. Gandrīz visos meža tipos koku skaits uz ceļiem ir būtiski mazāks, nekā koku skaits pārējā audzes daļā. Īpaši izteikta šī sakarība ir slapjajņu, purvaiņu, kūdreņu un āreņu meža tipos, kur, vairumā gadījumu mežizstrādes atliekas ieklātas ceļos, apgrūtinot paaugas veidošanos.



Attēls 0.107. Koku skaita procentuāls sadalījums pa meža tiptiem

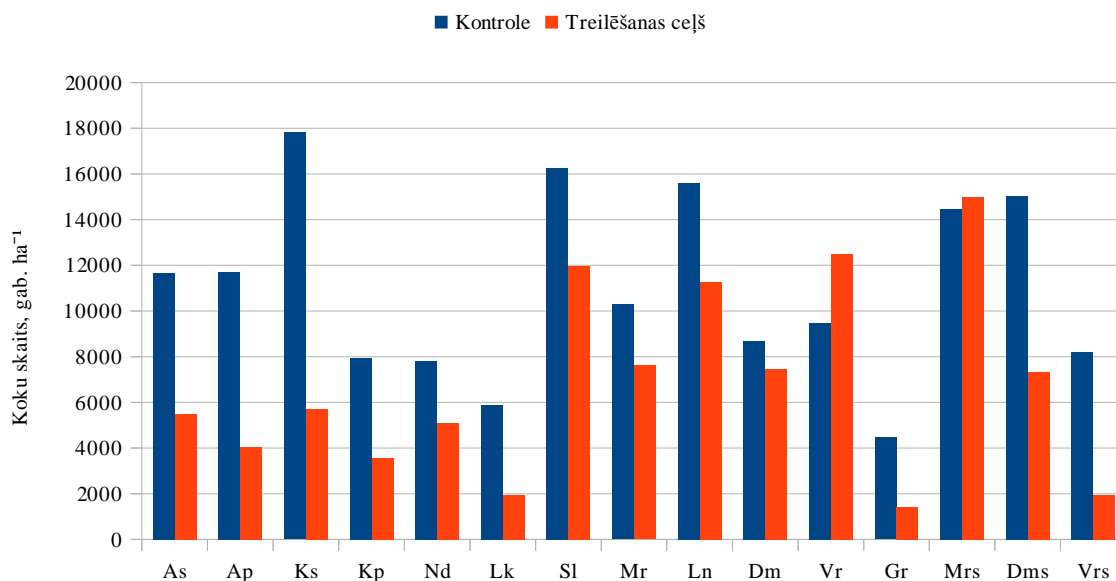
attēlā Vidējais kociņu skaits uz treilēšanas ceļiem un pārējā audzes daļā dažādos objektos parādīts. 2.27



Attēls 0.108. Koku skaits uz treilēšanas ceļiem un pārējā audzes daļā

Salīdzinot vidējo kociņu skaitu uz platības vienību kontroles slejās un uz treilēšanas ceļa meža tipu griezumā, redzams, ka visos meža tipos, izņemot gāršu, kociņu skaits uz treilēšanas ceļiem ir vismaz 2000 gab. ha<sup>-1</sup> (Attēls 0.109), attiecīgi, pietiekams, lai nodrošinātu meža atjaunošanas normatīvos

noteikto minimālo koku skaitu. Lielākā daļa kociņu gan uz treilēšanas ceļiem, gan kontroles slejās, ir pašsējas kociņi.



Attēls 0.109. Koku skaits uz treilēšanas ceļiem un pārējā audzes daļā dažādos meža tipos

## 2.5. Diskusija

### 2.5.1. Augsnes sablīvējums uz pievešanas ceļiem

Apkopojot rezultātus par visiem izmēģinājumiem, redzams, ka augsnes sablīvējums uz pievešanas ceļiem un audzes kontroles daļā būtiski atšķiras mežaudzēs uz organiskām augsnēm un susinātām augsnēm. Sausieņu meža tipos izteikta atšķirība augsnes sablīvējumā parādās dziļākajos augsnes slāņos. Sablīvējumu neietekmē mežizstrādes tehnikas izvēle, taču var ietekmēt (dziļākie augsnes slāņi, organiskās augsnes) izstrādes sezona un citi faktori.

Iegūta nepietiekama informācija par tādiem meža augšanas apstākļiem kā slapjaini, purvaini un kūdreņi. Pētījumi šajos meža tipos jāpaplašina, it īpaši tāpēc, ka tieši šajos meža tipos konstatēta vislielākā augsnes sablīvējuma atšķirība. Pētījumu programma uz organiskām, pārmitrām un susinātām augsnēm ir jāpaplašina, novērtējot sablīvējuma ietekmi uz koku sakņu biomasu un sīksakņu vitalitāti uz treilēšanas ceļiem un pārējā audzes daļā.

Noturīgais sablīvējums augsnes dziļākajos slāņos var būt saistīts ar augsnes caursalšanu līdz aptuveni 50 cm dziļumam. Dziļākie augsnes slāņi var neietekmēt koku vitalitāti, taču tie var radīt ietekmi uz platības hidroloģisko režīmu, samazināt koku noturību pret vēju, kā arī apgrūtināt piekļuvi dziļākajos augsnes slāņos esošajām ūdens un barības vielu rezervēm. Šāda hipotēze nav apstiprināta Ziemeļvalstīs veiktos pētījumos, taču vairumā gadījumu pētnieki koncentrējas uz augsnes virskārtu, kur koncentrēta lielākā daļa sakņu biomasas, tāpēc izmaiņas dziļākajos augsnes slāņos var palikt nepamanītas.

Iegūtie rezultāti liecina par to, ka ir jāturpina jaunu risinājumu meklēšana un aprobēšana meža tehnikas ietekmes uz augsni mazināšanai, organizējot mežizstrādes darbus tā, lai riska teritorijās, kur var veidoties noturīgs sablīvējums, darbi notiktu sasaluma apstākļos vai arī tiktu izmantota tehnika, kas rada minimālu spiedienu uz augsni (kāpurķēžu pievedējtraktori). Latvijā nav pietiekami pētīta saistība starp augsnes nestspēju un paliekošā sablīvējuma veidošanos, lai gan nestspējai un tās sezonālajām izmaiņām varētu būt noteicošā loma ietekmes uz augsni struktūras izmaiņām. Tāpēc augsnes nestspējas izpēte un klasificēšana, veidojot atbalsta sistēmu meža darbu plānošanai, ir viens no svarīgākajiem pētījumu virzieniem meža tehnikas ietekmes uz vidi mazināšanai. Tajā pašā laikā ir jāturpina noturīgā sablīvējuma

un tā ietekmes uz augu saknēm, minerālo barošanos un hidroloģisko režīmu izpēti, lai novērtētu faktiskos mežsaimnieciskās darbības ietekmes riskus.

### **2.5.2. Paaugas atjaunošanās**

Analizējot iegūtos datus par paaugu, secināts, ka koku dimensijas vairumā gadījumu nav būtiski atšķirīgas audzes kontroles daļā un uz pievešanas ceļa. Tādas saimnieciski nozīmīgas sugas kā parastā priede un parastā egļe sasniedz vienlīdz labus augstuma rādītājus gan uz pievešanas ceļa, gan arī kontroles daļā. Pievešanas ceļu ietekme vērojama uz bērzu, šī suga uz pievešanas ceļiem attīstās labāk, nekā kontroles slejās.

Sugu sastāvs nav būtiski atšķirīgs uz pievešanas ceļa un kontroles daļā. Abas šīs audzes daļas tiek pārstāvētas ar vienādu sugu sastāvu.

Attiecībā uz koku skaitu, var secināt, ka uz pievešanas ceļiem tas ir ievērojami mazāks. Visticamāk, ka visvairāk kociņu skaitu uz pievešanas ceļiem ietekmē zaru klājs, kas izmantots braukšanas apstākļu uzlabošanai.

### **2.6. Secinājumi**

Vidējo augsnes sablīvējumu rādītāju atšķirības uz pievešanas ceļiem un audzes kontroles daļā ir statistiski būtiskas mežaudzēs uz organiskām augsnēm un minerālaugšņu dziļākajos slāņos. Augsnes sablīvējums var negatīvi ietekmēt koku augšanu, hidroloģisko režīmu un barības vielu pieejamību, taču risku kvantificēšanai nepieciešami padziļināti pētījumi.

Augsnes sablīvējums visticamāk nav par iemeslu nevienmērīgai paaugas attīstībai uz pievešanas ceļiem, jo augsnes virskārtā, kur koncentrēta lielākā daļa jauno kociņu saknīšu, nevienā no meža tipiēm nav konstatētas būtiskas atšķirības augsnes virskārtas sablīvējumā.

Izstrādes sezona ietekmē augsnes sablīvējumu minerālaugsnēs – ziemas apstākļos izstrādātās audzēs nav novērojama augsnes dziļāko slāņu sablīvēšanās. Pētījumu objektu skaits uz organiskām augsnēm nav pietiekošs secinājumu izdarīšanai par sezonas ietekmi uz augsnes sablīvējumu, taču patlaban nav pamata uzskatīt, ka meža tipos uz organiskām augsnēm parādītos citādas likumsakarības.

Koku dimensijas uz pievešanas ceļiem un pārējā audzes daļā būtiski neatšķiras, bērzi uz pievešanas ceļiem aug pat labāk. Turpretim, koku skaits uz pievešanas ceļiem ir būtiski mazāks. Acīmredzamākais iemesls atšķirībai koku skaitā ir zaru segums uz ceļa, kas aizkavē sēklu nonākšanu uz augsnes.

Koku sugu sastāvs uz pievešanas ceļiem un pārējā audzes daļā būtiski neatšķiras, attiecīgi, pētījumā nav konstatēts, ka treilēšanas ceļu esamība negatīvi vai, tieši pretēji, pozitīvi ietekmētu kādu no koku sugām jaunaudžu vecumā, ja neskaita bērzu, kam uz treilēšanas ceļiem ir bijuši lielāki augstuma pieauguma rādītāji.

Koku skaits uz treilēšanas ceļiem gandrīz visos meža tipos pārsniedz 2000 gab. ha<sup>-1</sup>, nodrošinot meža atjaunošanas prasību izpildi.

Pētījumā konstatētais noturīgais augsnes sablīvējums zem tehnoloģiskajiem koridoriem minerālaugsnēs sausieņu meža tipos un visā augsnes slānī kūdreņos un purvaiņos liecina par nepieciešamību īstenot ietekmes uz vidi mazināšanas pasākumus, pilnveidojot prasības mežā izmantojamajai tehnikai un uzlabojot plānošanu, ja izrādīsies, ka augsnes sablīvējums rada negatīvu ietekmi uz mežaudžu attīstību.

### **2.7. Izmantotā literatūra**

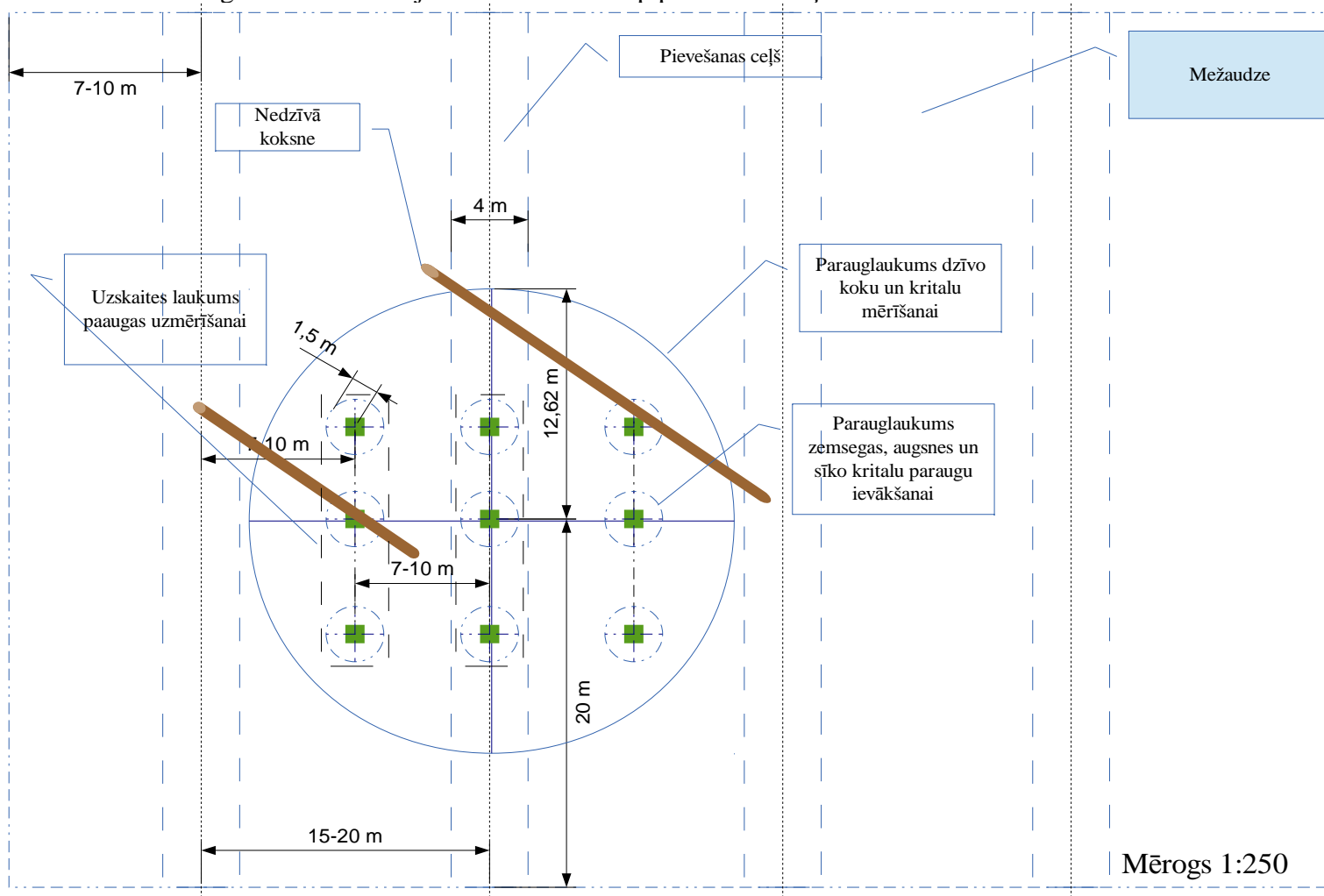
1. Alaoui, A. & Diserens, E. 2011. Changes in soil structure following passage of a tracked heavy machine. *Geoderma* [online], 163(3-4), 283–290. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706111001157>. [Accessed 2011-12-19].
2. Ampoorter, E., Goris, R., Cornelis, W. M. & Verheyen, K. (2007). Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. *Forest Ecology and Management* [online], 241(1-3), 162–174. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112707000291>. [Accessed 2011-12-19].
3. Ampoorter, E., Van Nevel, L., De Vos, B., Hermy, M. & Verheyen, K. 2010. Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest soil compaction. *Forest Ecology and Management* [online], 260(10), 1664–1676. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112710004482>. [Accessed 2011-12-19].
4. Bakker, H. 1990. *Bodemkunde van Nederland*. 2e [verb.] dr. Den Bosch: Malmberg. ISBN 9789020835557.
5. Czeratzki, W. 1972. Die Ansprüche der Pflanzen an den physikalischen Bodenzustand. *National Agricultural Library* 22(1).
6. EHLERS, W., WERNER, D. & MÄHNER, T. Wirkung mechanischer Belastung auf Gefüge und Ertragsleistung einer Löss-Parabraunerde mit zwei Bearbeitungssystemen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* [online], 163(3), 321–333. Available from: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=1505504>. [Accessed 2011-12-19].
7. Eijkelkamp. 2007. Operating instructions - 06.15.SA Penetrologger set. Eijkelkamp.
8. Froehlich, H. A. M. 1985. Soil Bulk Density Recovery on Compacted Skid Trails in Central Idaho. *Soil Science Society of America Journal* [online], 49(4), 1015. Available from: <https://www.soils.org/publications/sssaj/abstracts/49/4/SS0490041015>. [Accessed 2011-12-19].
9. Gaertig, T. (2001). *Bodengashaushalt, Feinwurzeln und Vitalität von Eichen*. Freiburg i. Br.: Inst. für Bodenkunde u. Waldernährungslehre d. Albert-Ludwigs-Univ. Freiburg i. Br.
10. Gameda, S., Raghavan, G. S. V., McKyes, E. & Theriault, R. 1987. Subsoil compaction in a clay soil. II. Natural alleviation. *Soil and Tillage Research* [online], 10(2), 123–130. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167198787900389>. [Accessed 2011-12-19].
11. Görbing, J. 1948. *Die Grundlagen der Gare im praktischen Ackerbau. Bd. 1. [Text.]*. Landbuch-Verl.
12. Groger, E. 1921. *Der Dampfpflug und seine wirtschaftliche und soziale Bedeutung unter Berücksichtigung des Lohnpflugbetriebes in Schlesien*. (Greifswalder Staatswissenschaftliche Abhandlungen; 9).
13. Hildebrand, E. E. 1983. Der Einfluß der Bodenverdichtung auf die Bodenfunktionen im forstlichen Standort. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 102, 111–125. Available from: <http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/5830/>. [Accessed 2011-12-19].
14. Inge, H. 1994. Subsoil compaction caused by heavy vehicles—a long-term threat to soil productivity. *Soil and Tillage Research* [online], 29(2-3), 105–110. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167198794900469>. [Accessed 2011-12-19].
15. International Union of Soil Sciences. & Pagliai, M. 2002. *Sustainable land management-environmental protection : a soil physical approach*. Reiskirchen Germany: Catena Verlag. ISBN 9783923381487.
16. Jun, H., Way, T. R., Löfgren, B., Landström, M., Bailey, A. C., Burt, E. C. & McDonald, T. P. 2004. Dynamic load and inflation pressure effects on contact pressures of a forestry forwarder tire. *Journal of Terramechanics* [online], 41(4), 209–222. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022489804000400>. [Accessed 2011-12-19].

17. Keller, T. & Arvidsson, J. 2004. Relationship between the tyre inflation pressure, wheel load and stress distribution directly below the tyre soil interface and its effect on stress propagation in the soil., Freiburg, 2004. Freiburg.
18. Lazdiņa, D. 2008. *Mehanizētās ietvarstādu stādīšanas tehnoloģiju mežsaimnieciskais novērtējums*. Salaspils: Latvijas Valsts Mežzinātnes Institūts "SILAVA".
19. Lazdiņa, D., Lazdiņš, A. & Zimelis, A.(2008. Mechanized planting in Latvia – preliminary results. *Proceedings of The Nordic-Baltic Conference on Forest Operations*, Copenhagen, 2008. p 20. Copenhagen: Forest & Landscape Denmark University of Copenhagen. ISBN 978-87-7903-367-2.
20. Lazdiņš, A., Liepiņš, J. & Zimelis, A. 2008. Pievešanas apstākļu ietekme uz pievešanas mašīnu izmaksām galvenās izmantošanas cirtēs - augsnes sablīvēšanās mērījumu rezultāti. LVMI Silava.
21. Liepa, J., Lazdāns, V., Kariņš, Z., Epalts, E., Kāposts, V., Blija, T., Āboliņa, A., Laiviņa, S. & Lazdiņa, D. 2005. *Smagās meža tehnikas ietekme uz augsnes fizikālo īpašību izmaiņām*. Salaspils: LVMI Silava. (TOP-04-57).
22. Liepiņš, K., Lazdiņa, D. & Lazdiņš, A. 2011. *Jaunāko meža mehanizētās atjaunošanas tehnoloģiju izmēģinājumi Latvijā*. Salaspils: LVMI Silava. ISBN 978-9984-39-329-2.
23. Lurvink, M. 1996. NEN 5140:1996 nl - Geotechniek - Bepaling van de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand van grond - Elektrische sondeermethode. NEN.
24. Mullins, C. 1990. *Soil Analysis: Physical Methods*. Revised. Marcel Dekker Inc. ISBN 0824783611.
25. Nissen, B. 1999. *Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von repräsentativen Ackerboden der Bundesrepublik Deutschland*. Kiel: Schriftenreihe Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Kiel. (Ansatz; 50).
26. Ozpinar, S. & Cay, A. 2006. Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay-loam soil in semi-arid north-western Turkey. *Soil and Tillage Research* [online], 88(1-2), 95–106. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198705001455>. [Accessed 2011-12-19].
27. Schothorst, C. J. 1968. *De relatieve dichtheid van humeuze gronden*. s.n.
28. Seyedbagheri, K. A. 1996. *Idaho forestry best management practices: compilation of research on their effectiveness*. DIANE Publishing. ISBN 9780788145704.
29. Soane, B. 1994) *Soil compaction in crop production*. Amsterdam ;London: Elsevier. ISBN 9780444882868.
30. Taylor, H. M. & Brar, G. S. 1991. Effect of soil compaction on root development. *Soil and Tillage Research* [online], 19(2-3), 111–119. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016719879190080H>. [Accessed 2011-12-19].
31. Vossbrink, J. & Horn, R. 2004. Modern forestry vehicles and their impact on soil physical properties. *European Journal of Forest Research* [online], 123(4), 259–267. Available from: <http://www.springerlink.com/content/6ptmphwdxtn8nnl0/>. [Accessed 2011-12-19].
32. Waisel/Eshel/KA 2002. *Plant roots: the hidden half*. CRC Press. ISBN 9780824744748.
33. Wehner, T. 2001. Technikkonzepte und ihre Auswirkungen auf den Boden. *Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung* 18, 97–107.
34. Wollny, E. 1898. Untersuchungen über den Einfluß der mechanischen Bearbeitung auf die Fruchtbarkeit des Bodens. *Forschungen auf dem Gebiet der Agrikultur-Physik* 20, 231–290.

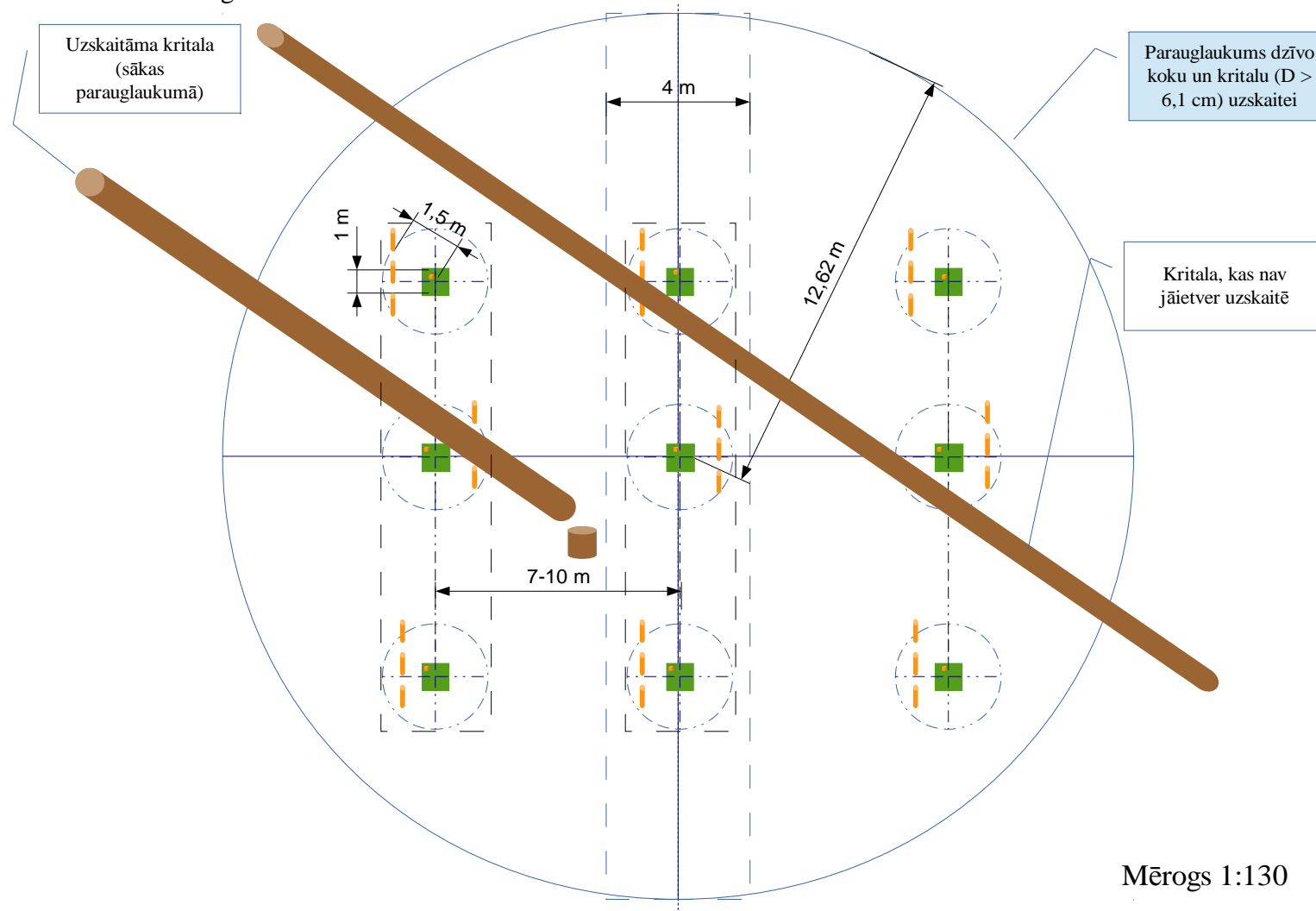


## 2.8. Pielikumi

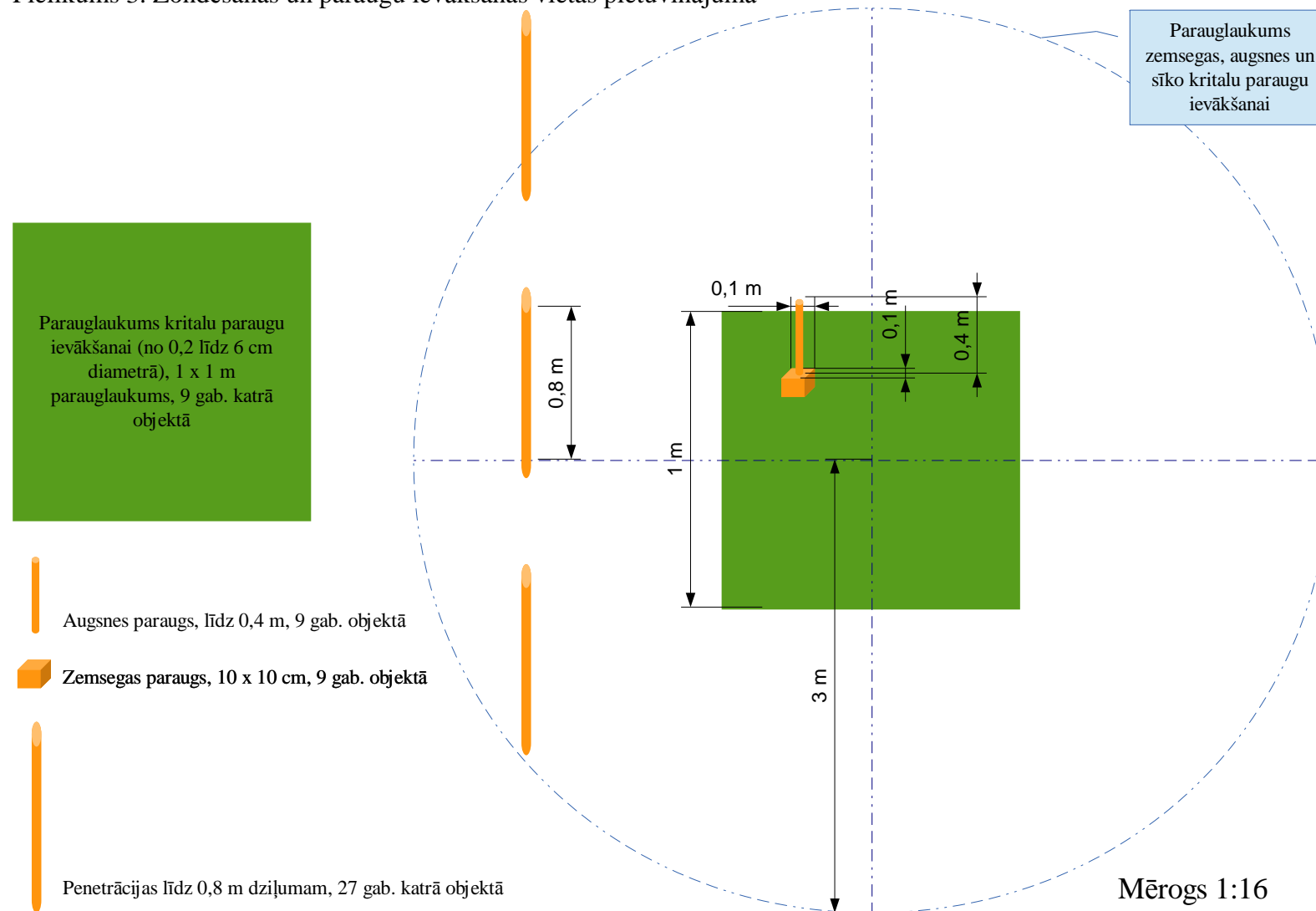
Pielikums 1. Parauglaukumu izvietojums mežaudzē starp pievešanas ceļiem



Pielikums 2. Parauglaukumu shēma



Pielikums 3. Zondēšanas un paraugu ievākšanas vietas pietuvinājumā





### 3. Ekoloģisko koku saglabāšanas ietekmes uz vidi vērtējums

#### 3.1. Problēmas pamatnostādnes un izzinātības pakāpe

##### 3.1.1. Ekoloģisko koku saglabāšanas mērķi un izpildes vēsture

Dabas daudzveidībai nozīmīgu struktūru, t.sk., ekoloģisko koku (*retention trees*) saglabāšana kailcirtēs Ziemeļamerikā uzsākta pirms apm. 25 gadiem, Ziemeļeiropā pirms apm. 20 gadiem, bet Latvijā pirms 15 gadiem (1997.g.24.aprīļa VMD rīkojums „Galvenās cirtes norādījumi”).

Ekoloģisko koku, sausokņu un kritalu saglabāšanas primārais mērķis ir nodrošināt pēctecību (kontinuitāti) ekosistēmas struktūrā, funkcijās un kompozīcijā starp kokaudzes paaudzēm (ģenerācijām).

Ekoloģisko koku funkcionālā loma ir sekojoša:

Nodrošina vidi sugām, kuras var izturēt / pārciest traucējumu (kailcirti), bet kurām vajadzīgi veci vai kaltoši koki, lai izdzīvotu saimnieciskajos mežos (piem., epifītiem, koksnē dzīvojošiem insektiem un sēnēm);

Potenciālie ligzdu koki nākotnē;

Izplatīšanās salas (stepping stones);

Barošanās vieta/medību vieta;

Dzīves vieta (ligzdu koki).

1997.g. VMD rīkojums noteica, ka galvenajā cirtē atstājami:

Atsevišķi (5-10 koki uz ha) vecākie vēja izturīgi koki: apses, priedes, ozoli, oši, kļavas, gobas un vīksnas,

Dobumaini koki un sauso koku stubeņi

Koki ar lielām ( $d > 50\text{cm}$ ) putnu ligzdām un koku rinda ap tiem.

Atbilstoši MK noteikumiem (2013.g.), cērtot kokus, patlaban saglabā šādus augošus kokus:

rēķinot uz cirsmas hektāru, vismaz piecus ekoloģiskos kokus – augtspējīgus iepriekšējās paaudzes kokus – vai, ja tādu nav, – augtspējīgus kokus, kuru caurmērs lielāks par valdošās koku sugas koku vidējo caurmēru nogabalā. Ieteicams vispirms izvēlēties ozolus, liepas, priedes, ošus, gobas, vīksnas, kļavas, melnalkšņus, apses un bērzus, kā arī, ja tādi ir, kokus ar deguma rētām;

kokus ar lielām (vairāk nekā 50 centimetru diametrā) putnu ligzdām, ja tādi ir, kā arī koku rindu un pamežu ap tiem;

dobumainus kokus, kuru dobuma diametrs ir lielāks par 10 centimetriem, ja tādi ir.

LVM iekšējie normatīvi akti (Dabas aizsardzības prasības meža darbos)<sup>36</sup> paredz, ka cērtot kokus, saglabāt vismaz 10 kokus, rēķinot vidēji uz cirsmas hektāru. Pārējās izvirzītās prasības ir atbilstošas MK noteikumiem.

P. Zālīša vadībā 1999.g., izvērtējot ekoloģisko koku saglabāšanos 182 izcirtumos saglabātajiem ekoloģiskajiem kokiem, konstatēts, ka vidēji saglabā 8 (1-40) kokus uz ha. 42% no izcirtumiem tiek atstātas priedes ar vidējo tilpumu  $1,8\text{ m}^3$ . Apses ekoloģiskie koki dominē 27% izcirtumu (vidējais koka tilpums  $2,9\text{ m}^3$ ). Ozoli kā dominējošie ekoloģiskie koki atstāti 17% no izcirtumiem (vidējais koka tilpums  $1,9\text{ m}^3$ ). Bērzi kā dominējošā ekoloģiskie koki atstāti 8% no izcirtumiem (vidējais koka tilpums  $1,3\text{ m}^3$ ). Citu koku īpatsvars atstājamo koku starpā ir neliels (6%) un dilstošās rindas kārtībā to veido egle, melnalksnis, osis, liepa, kļava ar viena stumbra vidējo tilpumu  $0,9\text{ m}^3$  (Zālītis, 2000).

LVM izvērtējot ekoloģisko koku monitoringa rezultātus<sup>37</sup> konstatējis, ka vidēji uz ha tiek saglabāti 11 koki uz cirsmas ha, bet apsekotajā paraugkopā 11,8 koki uz ha. 44% no saglabātajiem kokiem ir priede, 23% - apse, 13% - ozols u.c. c.l.k., 7,6% - bērzs, 6% - melnalksnis. Salīdzinot nocirsto apjomu ar saglabāto ekoloģisko koku apjomu, konstatējams, ka proporcionāli biežāk tiek saglabāti cietie

<sup>36</sup> [http://www.lvm.lv/lat/mezs/dabas\\_aizsardziba/normativie\\_akti/](http://www.lvm.lv/lat/mezs/dabas_aizsardziba/normativie_akti/)

<sup>37</sup> [http://www.lvm.lv/tools/download.php?name=files%2Ftext%2FEkokoku\\_monitorings.pdf](http://www.lvm.lv/tools/download.php?name=files%2Ftext%2FEkokoku_monitorings.pdf)

lapukoki, melnalksnis, apse, priede, savukārt proporcionāli retāk egles, baltalksnis un bērzs. Secināts, ka 10 gadus pēc ciršanas dzīvo koku īpatsvars Oz, Os, u.c. citiem cietajiem lapu kokiem, liepai, kļavai un citiem mīkstajiem lapu kokiem ir 75%, bērzam 45%, eglei 28%. Galvenais bojāejas iemesls: nolauzti vai izgāzti.

VMD 2009. gadā 368 izcirtumos veicis ekoloģisko koku saglabāšanās pārbaudi privātajos mežos<sup>38</sup>. Pavisam apsekotajās teritorijās kopā atzīmēti 3820 koki, galvenokārt tās ir priedes (24%) un apses (19%). Konstatēts, ka visvairāk nokaltušas egles 49% (n=97). Pārējām sugām šis daudzums nepārsniedz 30% - piemēram, bērzam – 30%; priedei – 27% un apsei 21%. Vismazākais nokaltušo koku procentuālais daudzums ir ozolam – tikai 5% (n=19). Dobumi konstatēti tikai 1% ekoloģisko koku (45 gab.) pie tam 2/3 no tiem bija nokaltuši. Ligzdas netika konstatētas nevienā no ekoloģiskajiem kokiem.

### 3.1.2. Ekoloģisko koku nozīme

Ekoloģiskie koki ir nozīmīgi ornitofaunai, gan kā ligzdošanas vietas izcirtumā nākamās paaudzes audzē (ligzdas, dobumi), gan kā barošanās vieta (koks no kura baroties - dzeņveidīgie u.c., koks, no kura vērot, - plēsīgie putni), gan arī kā sugas izplatīšanās salas (*stepping stones*). Lielākie ieguvēji cirmās, kurās atstāti ekoloģiskie koki, ir meža putni: dzeņi, dzilnas, meža baloži, dažas dienas un nakts plēsīgo putnu sugas. Izcirtumi un ekoloģiskie koki un tajos izkaltie dzeņu dobumi ir piemērota ligzdvieta meža baložiem, kuru skaits, pateicoties šiem kokiem un dobumiem, pēdējos gados pieaudzis vairākas reizes. Meža baložiem izcirtumi ir līdzīgi to dabiskajai ligzdošanas vietai – dabiski izretotām mežaudzēm ar liela diametra kokiem (Pēterhofs, 2012). Dzilnu un dzeņu dobumus labprāt izmanto arī pūces: meža pūce, bikšainais apogs un apodziņš. Šo putnu skaits mežā lielā mērā ir atkarīgs no dzeņu izkaltajiem dobumiem. Jo vairāk dzeņu, jo vairāk dobumu un vairāk ligzdvieta pūcēm. Priežu mežu masīvu izcirtumos bieži uzturas un riesto rubeņi – šie putni labprāt sēž tur atstātajos ekoloģiskajos kokos, lai labāk pārredzētu apkārtni. Pavisam parasts izcirtumu iemītņieks patlaban ir klijāns – šie putni sēž atstāto ekoloģisko koku zaros un uzglūn medījumam. Zināmi arī gadījumi, kad peļu klijāni un pat jūras ērglis izveidojis ligzdu šādos kokos. Lielākā daļa no minētajām putnu sugām Latvijā tiek uzskatītas par retām un īpaši aizsargājamām (Pēterhofs 2012). Pētījumi Igaunijā liecina, ka lielu dobumainu koku saglabāšana var veicināt urālpūces *Strix uralensis* (Lohmus 2003).

Pētījumi par saglabājamo koku saistību ar bezmugurkaulnieku sugu sastāvu pēdējos gados strauji pieaug, bet joprojām ir visai fragmentāri un nepilnīgi (Rosenvald, Lohmus 2008). Saglabātie koki kalpo par dzīves vidi koksnē dzīvojošām sēnēm (Runnel et al. 2013).

Ekoloģiskajiem kokiem ir nozīmīga loma epifītu un epiksīlu izdzīvošanā. Uz koku mizas augošo sūnu sugu sastāvs ir atkarīgs no:

- koka sugas;
- koka vecuma;
- meža tipa vai atsevišķa koka novietojuma.

Visvairāk epifītu sastop uz lapu kokiem ar saplaisājušu, maz lobījušos mizu: ošiem, vīksnām, kļavām, liepām. Uz kokiem ar gludu, maz lobījušos mizu - apsēm, baltalkšņiem sūnas sastopamas nelieliem laukumiem.

Izšķirošais vides faktors epifītu attīstībā ir gaisa mitrums. Epifītiskā veģetācija var atšķirties uz vienas un tās pašas koku sugas oligotrofos vai mezotrofos un eitrofos augšanas apstākļos. Pirmajā gadījumā tā ir nabadzīga, bet otrajā, kur intensīvi iztvaiko bagātais lakstaugu stāvs un pamežs, sastop daudzveidīgu epifītisko veģetāciju. Tāpat epifīti bagātīgi aug uz koku stumbriem dziļās upju ielejās un strautu gravās, kur gaiss ir mitrāks.

Visvairāk lapu sūnu sugu - 74 - konstatētas uz koku pamatnēm. Daudzas no tām ir parastas meža zemsedzes sugas. Tās sastop arī uz tādu koku pamatnēm, uz kuriem īstie epifīti sastopami maz - bērza, priedes, egles.

<sup>38</sup> <http://www.vmd1.gov.lv/index.php?sadala=35&id=1154&ord=56>

Uz koku stumbriem un zariem pavisam atrastas 27 lapu sūnu sugas, no kurām tikai 5 ir obligātie epifīti, bet pārējās sastopamas arī uz citiem substrātiem (Аболинь 1968).

Dažas epifītiskās sūnu sugas iekļautas reto un aizsargājamo sūnu sarakstā vai raksturo cilvēka darbības maz ietekmētus mežus: viļņainā un gludā nekera (*Neckera pennata*, *N. complanata*), vairākas kažoceņu sugas (*Anomodon attenuatus*, *A. longifolius*, *A. viticulosus*), Baumgartnera pārzobe (*Zygodon baumgartneri*), arī aknu sūnas tamarisku frulānija (*Frullania tamarisci*), doblapu leženeja (*Lejeunea cavifolia*), dakšveida mecgērija (*Metzgeria furcata*) (Āboliņa 1994; Suško 1998). Tās ir izdalītas kā dabisku mežu indikatorsugas arī Zviedrijā (Hallingbäck 1991). Jūtīgās epifītu sugas Zviedrijā biežāk sastopamas mežos uz nogāzēm, kur aug daudz vecu platlapu koku un ir liels koku un krūmu sugu skaits (Gustafsson et al. 1992). Līdzīgi rezultāti iegūti arī Latvijā, pētot epifītus gravu un nogāžu mežos (Mežaka, Znotiņa 2006; Mežaka, Znotiņa, Piterāns 2005). Pētījumi par epifītu saglabāšanos uz ekoloģiskajiem kokiem Latvijā veikti pirmoreiz.

Igaunijā konstatēts, ka 5 – 6 gadus pēc cirtes ķērpju daudzveidība uz saglabātajiem kokiem pieaug, bet briofītu daudzveidība stabilizējas līmenī, kāds bija 3 gadus pēc cirtes. Tomēr saglabātos kokus reti kolonizē retās sugas un to apdraud saglabāto koku atmiršana (Lõhmus & Lõhmus 2010).

### **3.2. Pētījuma mērķi**

Noskaidrot saglabāto ekoloģisko koku izdzīvošanas dinamiku;

Noskaidrot ekoloģisko koku ietekmi uz nākamās paaudzes kokiem;

Noskaidrot saglabāto ekoloģisko koku funkcionalitāti bioloģiskās daudzveidības aspektā.

Darba uzdevumi 2013.g.:

Izvērtēt ekoloģisko koku izdzīvošanu dažādās Latvijas vietās pēc aerofotoattēlu analīzes datiem.

Izvērtēt ekoloģisko koku izdzīvošanu un stāvokli un ietekmi uz nākošās paaudzes kokiem.

Atkārtoti apsekot 2000.g. ierīkotos parauglaukumus un noskaidrot ekoloģisko koku nozīmīgumu epifītu bioloģiskās daudzveidības saglabāšanā.

Atkārtoti apsekot 2000.g. ierīkotos parauglaukumus un noskaidrot ekoloģisko koku nozīmīgumu kukaiņu daudzveidības saglabāšanā.

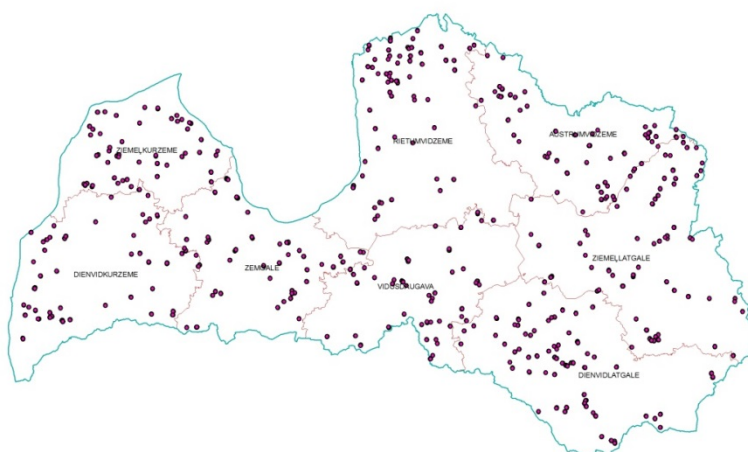
### **3.3. Ekoloģisko koku saglabāšanās un atmiršanas dinamika**

#### **3.3.1. Ortofoto attēlu izmantošana ekoloģisko koku stāvokļa novērtējumā**

##### **3.3.1.1. Materiāls un metodika**

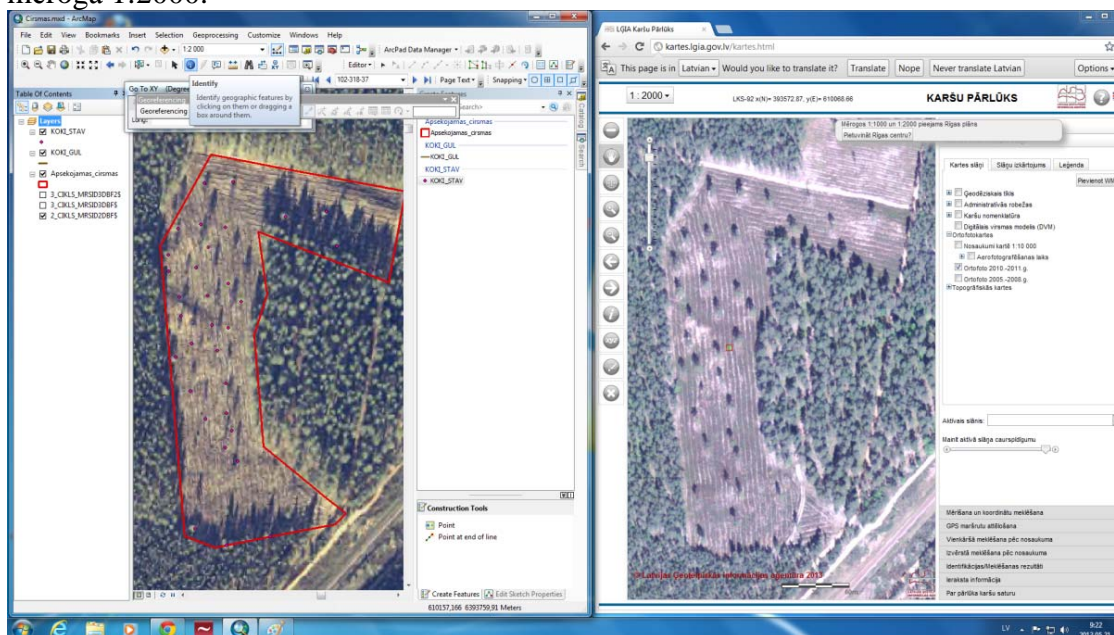
Vizuālai novērtēšanai atlasāmo objektu saraksts veidots pēc sekojoša principa: izmantojot LVMI Silava rīcībā esošo 2.aerofotografēšanas cikla (2003.-2005.gads) krāsainās ortofotokartes mērogā 1:10000, kuru uzņemšanas datumi atspoguļoti LĢIA mājas lapā ([www.lgia.gov.lv](http://www.lgia.gov.lv)), atlasītas platības, kurās kailcirte veikta vienu gadu pirms aerofotografēšanas, t.i., 2002.g. cirsmas teritorijās, kurās aerofotografēšana veikta 2003.gadā, un attiecīgi 2003.g. cirsmas – 2004.g. aerofotografēšanas teritorijās, 2004.g. cirsmas – 2005.g. aerofotografēšanas teritorijās.

Katrā LVM mežsaimniecībai no atbilstošo nogabalu poligonu saraksta pēc nejaušības principa (MS Excel funkcija rand()), atlasītas 50 audzes/izcirtumi, kopā 400 platības (izvietojumu skat. Attēls 0.110).



Attēls 0.110. Atlasīto pētniecisko objektu izvietojums Latvijas teritorijā

Izlozētājā poligonā, izvērtējot vizuāli, balstoties uz ortofotoattēlu dešifrēšanas pamatprincipiem (Березин, 1963), datorprogrammā ArcGIS 10.1. ieciparoti pirmajā novērtēšanas reizē (2.aerofotogrāfēšanas cikla ortofotokartē) redzami augošie koki kā punkti, bet izgāztie koki kā līnijas. Pēc tam, izmantojot 3.aerofotogrāfēšanas cikla (2007.-2008.) ortofotokartes (teritorijām, kurām tās nav mūsu rīcībā tika izmantotas internetā pieejamās kartes (<http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>))(Attēls 0.111), novērtēts cik daudzi no 2.cikla attēlos atpazītajiem stāvošajiem kokiem ir izgāzti. Šajā gadījumā izgāztais koks tika ieciparots kā līnija ar kopējām sākuma koordinātēm kā augošam kokam, izmantojot funkciju *snap*. Gadījumos, ja ekoloģiskais koks netika atpazīts 2.cikla kartē, bet bija identificējams 3.cikla kartē, tas tika ieciparots kā saglabātais koks arī 2.cikla kartē. Ja 3.cikla kartē redzama kritāla no 2.cikla kartē neidentificēta koka, tad „izveidots” koks arī pirmajai novērtējuma reizei. Koku ciparošana veikta mērogā 1:2000.



Attēls 0.111. Ekoloģisko koku atpazīšana dažādu periodu ortofotokartēs. (c) Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra

Kopā ekoloģisko koku ciparošana veikta 400 cīsmām.



Tālāk analizēts stāvošu koku daudzums cirmās un izgāzto koku daudzums ar mērķi noskaidrot ekoloģisko koku izdzīvošanas reģionālās atšķirības.

Datu analizē izmantota vienfaktora dispersijas analīze. Gradācijas klases savstarpēji salīdzinātas, izmantojot Tjukija HSD testu.

### 3.3.1.2. Rezultāti

Vidējais identificēto ekoloģisko koku skaits uz ha dažādos Latvijas reģionos (ainavzemēs)

Kopā analizētajos nogabalos kā augoši ekoloģiskie koki noteikti 5038 koki, savukārt par kritālām nosaukti 803 koki (Tabula 0.13). Vidēji tas ir 6,4 augoši koki uz ha un 1 kritāla uz ha.

Tabula 0.13

Ortofotoottēlos atpazīto ekoloģisko koku skaits dažādās LVM mežsaimniecībās

Mežsaimniecība	Augoši	Kritālas	Kopā	Platība, ha	Augoši koki/ha	Kritālas/ha	Kopā/ha
Austrumvidzeme	670	72	742	94,9	7,1	0,8	7,8
Dienvidkurzeme	578	149	727	102,3	5,7	1,5	7,1
Dienvidlatgale	556	38	594	107,7	5,2	0,4	5,5
Rietumvidzeme	640	42	682	107,6	5,9	0,4	6,3
Vidusdaugava	534	109	643	83,5	6,4	1,3	7,7
Zemgale	835	173	1008	103,3	8,1	1,7	9,8
Ziemeļkurzeme	669	178	847	91,8	7,3	1,9	9,2
Ziemeļlatgale	556	42	598	98,1	5,7	0,4	6,1
Kopā	5038	803	5841	794,6	6,4	1,0	7,4

Veicot dispersijas analīzi, konstatēts, ka ir būtiskas atšķirības starp konstatēto stāvošo ekoloģisko koku skaitu uz ha dažādās LVM mežsaimniecībās  $F(7, 376)=3,1022$ ,  $p=0,00342$ ). Salīdzinot gradācijas klases (Mežsaimniecības) izmantojot Tjukija HSD testu, konstatēts, ka Zemgales mežsaimniecībā ir būtiski lielāks noteikto ekoloģisko koku skaits uz ha nekā Dienvidlatgales un Dienvidkurzemes MS ( $\alpha=0,05$ ). Arī, novērtējot kritālu skaitu uz ha, konstatētas būtiskas atšķirības starp LVM mežsaimniecībām  $F(7, 376)=7,5520$ ,  $p=0,00001$ ). Būtiski vairāk kritālu ir Ziemeļkurzemes, Zemgales, Dienvidkurzemes un Vidusdaugavas MS salīdzinājumā ar Dienvidlatgales un Rietumvidzemes un Ziemeļlatgales MS un MS, salīdzinājumā ar Dienvidlatgales un Rietumvidzemes MS.

Tabula 0.14

Tjukija HSD testa rezultāti - kritālas

Tukey HSD test; variable kr-ha

Homogenous Groups, alpha = .05000; Error: Between MS = 2.2019, df = 376.00

Cell No.						
	MS	kr-ha Mean	1	2	3	4
3	DIENVIDLATGALE	0.365983	****			
4	RIETUMVIDZEME	0.389617	****			
8	ZIEMEĻLATGALE	0.569636	****	****		
1	AUSTRUMVIDZEME	0.680469	****	****	****	
5	VIDUSDAUGAVA	1.287842	****	****	****	****
2	DIENVIDKURZEME	1.445514		****	****	****
6	ZEMGALE	1.479533			****	****
7	ZIEMEĻKURZEME	1.923148				****

Katra no LVM mežsaimniecībām, kas izveidotas kā administratīvas vienības, atrodas vairākās tipoloģiski atšķirīgās ainavzemēs (Ramans 1994), kas atšķiras gan pēc reljefa formām, mežainuma, gan pēc meža tipu dažādības, tādēļ papildus analīzei pa administratīvajām vienībām veikta analīze pa ainavzemēm. Analizējot atpazīto ekoloģisko koku skaitu uz ha dažādās

ainavzemēs, konstatēts, ka pētāmo audžu izvietojums ir nevienmērīgs, piem., Austrumvidzemē ir tikai analizēta 2,6 ha liela platība, bet Piejūrā 132,1 ha, tādēļ pašlaik analizē izmantotas tikai tās ainavzemes, kurās novērtēti vismaz 50 ha. Veicot dispersijas analīzi konstatēts, ka pastāv būtiskas atšķirīgas starp gradācijas klasēm (analizētajām ainavzemēm) ( $F(6, 291)=2,5783$ ,  $p=0,01893$ ). Tjukija HSD tests norāda, ka būtiski atšķiras Augšzeme no Austrumzemgales un Gaujas zemes.

Tabula 0.15

Ortofototēlos atpazīto ekoloģisko koku skaits dažādās ainavzemēs

Ainavzeme	Augoši	Kritālas	Kopā	Platība, ha	Augoši koki/ha	Kritālas/ha	Kopā/ha
Aiviekstes zeme	721	83	804	123,2	5,85	0,67	6,53
Augšzeme	320	11	331	68,3	4,69	0,16	4,85
Austrumkursā	559	185	744	92,7	6,03	2,00	8,03
Austrumlatgale	68		68	17,3	3,93	0,00	3,93
Austrumvidzeme	20	1	21	2,6	7,69	0,38	8,08
Austrumzemgale	665	107	772	87,9	7,57	1,22	8,78
Dienvidvidzeme	199	20	219	29,4	6,77	0,68	7,45
Gaujaszeme	405	41	446	51,3	7,89	0,80	8,69
Latgales augstiene	150	3	153	26,9	5,58	0,11	5,69
Piejūra	875	215	1090	132,1	6,62	1,63	8,25
Rietumkursā	126	17	143	22,2	5,68	0,77	6,44
Rietumzemgale	63		63	12,6	5,00	0,00	5,00
Ventaszeme	306	68	374	39,8	7,69	1,71	9,40
Vidzemes augstiene	146	20	166	18,5	7,89	1,08	8,97
Ziemeļvidzeme	415	32	447	69,8	5,95	0,46	6,40
Kopā	5038	803	5841	794,6	6,34	1,01	7,35

Tabula 0.16

Tjukija HSD testa rezultāti - augoši koki

Tukey HSD test; variable aug-ha

Homogenous Groups, alpha = .05000; Error: Between MS = 15.160, df = 291.00

Cell No.	Ainavzeme	aug-ha Mean	1	2
2	Augšzeme	4.976062		****
7	Ziemeļvidzeme	6.310980	****	****
1	Aiviekstes zeme	6.312962	****	****
3	Austrumkursā	6.498812	****	****
6	Piejūra	7.081031	****	****
4	Austrumzemgale	7.838027	****	
5	Gaujaszeme	8.402694	****	

Salīdzinot kritālu skaitu uz ha dažādās ainavzemēs, arī konstatētas būtiskas atšķirības ( $F(6, 291)=6.8496$ ,  $p=0,00000$ ). Visvairāk kritālu uz ha konstatētas Piejūrā un Austrumkursā, kur to ir būtiski vairāk nekā Aiviekstes zemē, Ziemeļkurzemē un Augšzemē.

Tabula 0.17

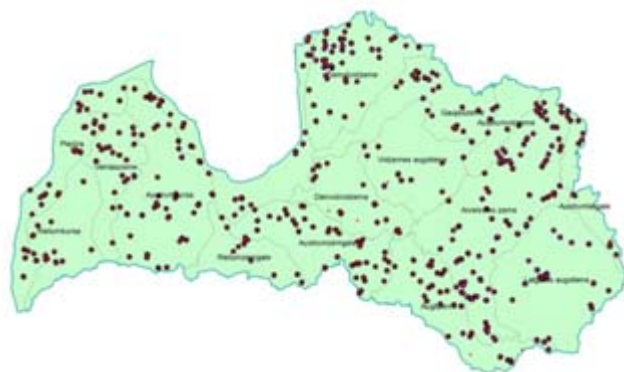
Tjukija HSD testa rezultāti - kritālas

Tukey HSD test; variable kr-ha-1

Homogenous Groups, alpha = .05000; Error: Between MS = 2.4500, df = 291.00

Cell No.	Ainavzeme	kritālas-ha-1 Mean	1	2
2	Augšzeme	0.151103	****	
7	Ziemeļvidzeme	0.437833	****	
1	Aiviekstes zeme	0.703398	****	
5	Gaujaszeme	0.860092	****	****
4	Austrumzemgale	1.104296	****	****

Cell No.	Ainavzeme	kritālas-ha-1 Mean	1	2
6	Piejūra	1.582177		****
3	Austrumkurša	2.005731		****



Attēls 0.112. Analizēto cirsmu izvietojums ainavzemēs

### 3.3.2. Ekoloģisko koku apsekojumi dabā

#### 3.3.2.1. Materiāls un metodika

No atlasīto cirsmu (400 gab.) datu bāzes katrā LVM mežsaimniecībā izlozētas 10 jaunaudzēs (kopā 80 gab.), kuras apsekotas dabā, un apsekojuma rezultāti salīdzināti ar ortofotoattēlu dešifrēšanas rezultātiem ar mērķi noskaidrot, cik pamatoti ekoloģisko koku skaita izmaiņu novērtējumā izmantot pašreiz pieejamos attālās izpētes (krāsainos ortofoto) datus, kā arī novērtēt ekoloģisko koku stāvokli sugu līmenī.

Stāvošajiem (arī tiem, kas nav atzīmēti kartē) ekoloģiskajiem kokiem fiksēts:

koka Nr. kartē un jaunais Nr., katrā cirsma sākot ar 1;

meža tips;

suga;

stāvoklis – dzīvs; sausoknis; stubenis;

paaudze: 1-koks ir tās pašas paaudzes koks, kā lielākā daļa ekoloģisko koku; 2-koks ir ievērojami jaunāks; 6-koks ir ievērojami vecāks;

krūšaugstuma caurmērs (precizitāte 0.1cm) divos virzienos;

sausokņiem un stubenīem fiksēta mizas esamība un sadalīšanās pakāpe (x.tabula);

vainaga caurspīdīgums (Attēls 0.113) (rudenī lapu kokiem vairs nav vērtēts);

vainaga forma (rudenī lapu kokiem vairs nav vērtēts);

koka bojājumus (Tabula 0.19);

koordinātes (tikai kartē neesošiem kokiem, vai ja koks kartē ir stipri nobīdīts).

Koka, vainaga sākuma un pirmā zaļā zara augstums (0.1m) novērtēts vismaz 10 dzīviem dažādu dimensiju kokiem no valdošās sugas un pa 5 no katras citas sugas. Dzīvo koku neesamības gadījumā koku garums vērtēts tām kritālām, kuras saglabājušās pilnā garumā.

Izgāztajiem ekoloģiskajiem kokiem fiksēts:

koka Nr. kartē un jaunais Nr., katrā cirsma sākot ar 1;

meža tips;

izgāztā stumbra virziens (precizitāte 1°);

suga;

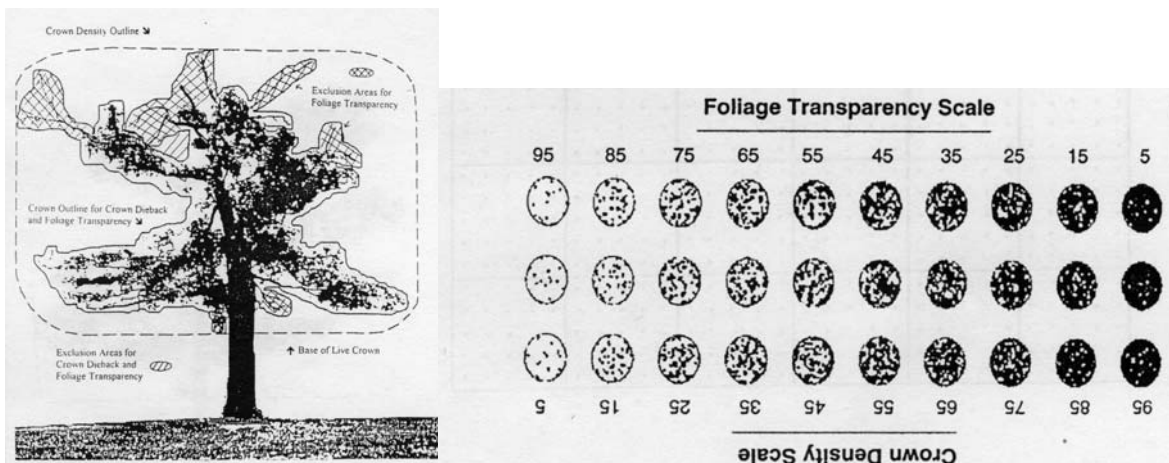
krūšaugstuma caurmērs (precizitāte 0.1cm) divos virzienos;

mizas esamību un sadalīšanās pakāpi (Tabula 0.18);

kukaiņu un sēņu bojājumus;

koordinātes (tikai kartē neesošiem kokiem, vai ja koks kartē ir stipri nobīdīts).

Datu analizē izmantota dispersijas analīze, gradācijas klašu salīdzināšanai - Tjukija HSD tests. Cirkulāro datu izvērtēšana veikta, izmantojot datorprogrammu Axis 1.1. (Pisces conservation Ltd). Koku krišanas virzienu vienmērības novērtēšana veikta, izmantojot Omnibusa testu un Kuipera statistisko rādītāju (Arsham, 1988).



Attēls 0.113. Vainaga caurspīdīguma (Foliage Transparency Scale) šablons

Tabula 0.18

Kritalu sadalīšanās pakāpes

Kods	Apraksts
1	ar mizu;
2	cieta koksne bez mizas;
3	koksne nedaudz mīksta, tajā var viegli iedurt nazi 1cm dziļumā;
4	koksne mīksta, nazis viegli ieiet 5 cm dziļumā;
5	koksne ļoti mīksta, tā viegli drūp rokās

Tabula 0.19

Bojājumu kodi

	Kods	Skaidrojums
Bojājuma lokalizācija	0	Bojājumu nav
	1	Redzamās saknes un celms 30 cm augstumā no augsnes virskārtas
	2	Saknes un stumbra apakšējā daļa
	3	Stumbra apakšējā daļa (apakšējā stumbra puse starp celmu un dzīvā vainaga sākumu)
	4	Stumbra apakšējā un augšējā daļa
	5	Stumbra augšējā daļa (augšējā stumbra pusē starp celmu un dzīvā vainaga sākumu)
	6	Stumbrs dzīvā vainaga daļā
	7	Zari
	8	Pumpuri un dzinumi (pēdējais pieaugums)
9	Lapotne	
Bojājuma veids	1	Vēzis
	02X	Puni, augļkermeņi (021) un citi progresējušas sabrukšanas indikatori: mīksta koksne (022), plaisas (023), dobumi (024), vaļējas brūces, kas saskaras ar zemi (025), putni (026), kukaiņi (027)
	3	Vaļējas brūces (bez mizas, bet bez redzamām trupes pazīmēm)
	4	Sasveķojumi
	11	Nolūzis stumbrs vai saknes tuvāk par 1 m no stumbra
	12	Vējslotas uz stumbra
	13	Nolūzušas vai atmirušas saknes (> 1 m no stumbra)
	21	Apikālās dominantes zudums, atmirusi galotne
	22	Nolūzuši vai atmiruši zari
	23	Pārmērīga zarošanās vai vējslotas
	24	Bojāta lapotne, pumpuri vai dzinumi
	25	Lapotnes dehromācija
	33	dedzis
	44	atsveķots
55	atmiruši izkrituši zari	
66	ligzdas	
31	Citi	

### 3.3.2.2. Rezultāti

Ekoloģisko koku skaits, satuss

Veicot atpazīšanu pēc ortofoto 80 nogabalos ar kopējo platību 168,9 ha, kopumā konstatēti 1318 koki ( $8,2 \text{ koki ha}^{-1}$ ). No tiem stāvoši bijuši 86,7% (1225) koku; pirmajā novērtējumā stāvoši, bet otrajā guļoši – 8,8% (125) koku; savukārt jau pirmajā novērtējumā guļoši – 2,7% (38) koku (Tabula 0.20).

Veicot atpazīšanu dabā, no stāvošajiem kokiem atrasti 78,0 % (955) koki kā stāvoši, vēl 10,9% (134) koki ir konstatēti kā kritālas. 3% koku atradās blakus nogabalā. No 8,1% (99) koku, kas netika vērtēti, daļa bija sazāģēti un aizvesti, citi konstatēti dabā kā paugas koki, vai arī mežsaimnieciskās darbības rezultātā likvidēti (tīrot grāvju trases, vai būvējot ceļu).

Dabā ir atrasti 63,2% (24) guļošo koku, pārējie 14 koki nav vērtēti.

No sākotnēji pēc ortofoto novērtējuma stāvošajiem, bet vēlāk guļošajiem kokiem 73,6% (92) atrasti dabā kā guļoši, vēl 12,0% (15) koku bijuši stumbeņi, bet 13,6% (17) koku nav vērtēti iepriekš minēto apsvērumu dēļ.

Kopumā var secināt, ka no pēc ortofoto atpazītajiem kokiem, dabā ir atrasti un nogabala robežās atrodas aptuveni 88% koku.

Tabula 0.20

Ortofoto atpazīto koku novērtējums dabā

Atpazīts kartē	Konstatēts dabā				Kopā
	blakus nogabalā	guļošs	nav vērtēts	stāvošs	
guļošs		24	14		38
nav redzams		184	2	989	1175
stāvošs	37	134	99	955	1225
stāvošs/guļošs	1	92	17	15	125
<b>Kopā</b>	<b>38</b>	<b>434</b>	<b>132</b>	<b>1959</b>	<b>2563</b>

Dabā ir konstatēti vēl 1175 koki, kas nav atpazīti veicot ortofoto vērtēšanu, jeb 49,1% no kopējā koku daudzuma, kas konstatēti dabā. 84,2% (989) no tiem bijuši stāvoši, 15,7% (184) – guļoši, bet 2 koki konstatēti kā svaigi celmi (Tabula 0.20).

Priedes un apses ir atpazītas vislabāk kā koki ortofoto attēlos - attiecīgi 64,4% un 59,6% gadījumu (abula 0.21).

Lielākais vidējais caurmērs starp atstātajām koku sugām konstatēts apsei –  $51,1 \pm 0,53 \text{ cm}$ , kam seko goba ar  $46,0 \pm 3,21 \text{ cm}$  un priede ar  $40,7 \pm 0,30 \text{ cm}$  (abula 0.21.). Visām koku sugām ortofoto attēlos neatpazīto koku vidējais caurmērs ir mazāks nekā atpazīto koku caurmērs. Iespējams, ka daļa uzskaitīto koku nav atstāti kā ekoloģiskie koki, jo to caurmērs varētu būt mazāks nekā normatīvajos aktos noteiktais atstājamo koku caurmērs (lielāks nekā vidējais valdošās koku sugas caurmērs). Sevišķi tas attiecas uz ozoliem, kuru uzmērīto koku vidējais caurmērs ir viens no mazākajiem –  $30,1 \pm 1,21 \text{ cm}$ . Turklāt 56,7% ozolu bija ievērojami jaunāki nekā lielākā daļa ekoloģisko koku konkrētajos nogabalos. Savukārt neliela daļa (0,3%) no uzmērītajiem kokiem jau pirms ciršanas bija beigti un tika atstāti kā sausokņi un stumbeņi, nevis kā dzīvi ekoloģiskie koki. Bet daļa no ciršanas brīdī atstātajiem kokiem, iespējams, nav atrasta, jo, ja koks nebija atpazīts ortofoto attēlā, bet dabā bija nocirsts pēc kailcirtes veikšanas, tad atrast šādu celmu bija praktiski neiespējami, sevišķi, ja tas nocirsts dažus gadus pēc kailcirtes.

abula 0.21

Ortofoto atpazīto un neatpazīto koku caurmēri krūšaugstumā pa koku sugām

Suga	Konstatēts ortofoto						Neatpazīts ortofoto						Kopā				
	N	D <sub>1,3</sub>					N		D <sub>1,3</sub>				Skaitis		D <sub>1,3</sub>		
		Vid	Min	Max	STDEV	SE	N	%	Vid	Min	Max	STDEV	SE	N	%	Vid	SE
Priede	616	42.9	19.6	72.6	8.53	0.34	340	35.6	36.7	11.0	68.8	9.27	0.50	956	39.9	40.7	0.30
Egle	20	36.6	19.8	60.6	13.33	2.98	68	77.3	26.8	12.6	60.5	10.99	1.33	88	3.7	29.0	1.30
Bērzs	88	40.8	16.6	59.1	8.74	0.93	100	53.2	31.6	10.0	60.4	11.14	1.11	188	7.9	35.9	0.81
Melnalksnis	47	44.8	26.7	73.2	9.36	1.37	66	58.4	37.0	16.7	59.3	9.27	1.14	113	4.7	40.3	0.94
Apse	257	52.9	30.8	89.2	9.95	0.62	174	40.4	48.4	18.4	85.6	11.97	0.91	431	18.0	51.1	0.53
Baltalksnis							11	100	17.7	12.1	28.6	5.23	1.58	11	0.5	17.7	1.58
Ozols	62	37.0	14.4	97.7	15.84	2.01	101	62.0	25.8	12.4	98.7	13.62	1.36	163	6.8	30.1	1.21
Osis	27	35.8	22.8	56.7	9.50	1.83	64	70.3	31.2	11.5	61.0	12.70	1.59	91	3.8	32.5	1.26
Liepa	74	33.0	15.7	60.2	6.90	0.80	206	73.6	26.6	12.8	55.6	6.48	0.45	280	11.7	28.3	0.43
Goba	17	50.0	22.5	96.4	19.88	4.82	16	48.5	41.8	27.6	81.5	16.33	4.08	33	1.4	46.0	3.21
Citi	12	28.7	17.2	41.1	8.33	2.40	27	69.2	24.9	13.5	45.6	8.74	1.68	39	1.6	26.1	1.39
<b>Kopā</b>	<b>1220</b>						<b>1173</b>							<b>2393</b>			

No 616 priedēm, kas atpazītas ortofoto, jau pēc pirmā ortofoto vērtējuma 2,6% konstatētas kā guļošas (

Tabula 0.20). Pēc otrā ortofoto vērtējuma kā guļošas konstatētas vēl 8,8% priežu. No tām, pēc vērtējuma dabā kā kritālas konstatētas 90,7% priežu, bet pārējās konstatētas kā stumbeņi kopā ar no stumbeņa nolauzto kritālu (turpmāk tekstā kā stumbeņi). No tiem 88,6% priežu, kuras otrajā vērtējumā bijušas dzīvas, pēc novērtējuma dabā aizgājušas bojā vēl 21,2% priežu, turklāt lielākā daļa – 63,8% bijušas kritālas. Pārējās bija stumbeņi vai sausokņi. Kopumā kā dzīvas konstatētas 69,8% priežu, bet no beigtajām priedēm 74,7% ir kritālas, 18,3% stumbeņu, bet 7,0% sausokņu.

No 257 apsēm, kas atpazītas ortofoto, pēc pirmā ortofoto vērtējuma 1,9% konstatētas kā kritālas. Pēc otrā ortofoto vērtējuma kā guļošas konstatētas 13,2% apšu. No tām pēc vērtējuma dabā kā kritālas konstatētas 82,4% apšu, bet pārējās konstatētas kā stumbeņi. No tiem 84,8% apšu, kuras otrajā vērtējumā bijušas dzīvas, pēc novērtējuma dabā aizgājušas bojā vēl 46,3% apšu. 44,6% bija stumbeņi, 43,6% kritālas, bet 11,9% sausokņu. Kopumā kā dzīvas konstatētas 45,5% apšu, bet no beigtajām apsēm 55,0% ir kritālas, 36,4% stumbeņu, bet 8,6% sausokņu.

No 88 bērziem, kas atpazīti ortofoto, pēc pirmā ortofoto vērtējuma 2,3% bērzu konstatēti kā guļoši. Pēc otrā ortofoto vērtējuma kā guļoši konstatēti vēl 17,0% bērzu. Savukārt no tiem 80,7% bērzu, kuri otrajā vērtējumā bijuši dzīvi, pēc vērtējuma dabā aizgājuši bojā vēl 21,1% bērzu. Kopumā kā dzīvi konstatēti 63,6% bērzu, bet no beigtajiem bērziem 68,8% ir kritālas, 28,1% stumbeņu, bet 3,1% sausokņu.

No 47 melnalkšņiem, kas atpazīti ortofoto attēlos, arī pēc otrā ortofoto vērtējuma visi konstatēti kā stāvoši. Pēc novērtējuma dabā, konstatēts, ka 6 (12,8%) melnalkšņi ir gājuši bojā.

No ortofoto attēliem atpazītas 20 egles, no kurām lielākā daļa (16 egles) pēc novērtējuma dabā joprojām ir dzīvas. No ortofoto atpazītās egles, iespējams, cirmsmās atstātas kā otrā stāva vai lielākās paaugas egles, jo, lai gan to vidējais caurmērs ir  $34,6 \pm 3,4$  cm, tomēr vidējais augstums ir tikai  $18,2 \pm 1,8$  m.

No kopumā 180 ozoliem, ošiem, liepām un gobām, kas atpazītas ortofoto, kā guļoši pēc otrā ortofoto vērtējuma konstatēti 2 koki. Pēc novērtējuma dabā izdzīvojuši ir 95,2% ozolu, 66,7% ošu, 97,3% liepu un 88,2% gobu.

Tabula 0.22

Ortofoto atpazīto koku novērtējums dabā pa sugām

Konstatēts dabā	Konstatēts ortofoto							
	guļošs		stāvošs/guļošs		stāvošs		kopā	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Priede</b>	16	2.6	54	8.8	546	88.6	616	
<b>beigts</b>	16		54		116	21.2	186	30.2
kritala	16		49	90.7	74	63.8	139	74.7
sausoknis					13	11.2	13	7.0
stumbenis			5	9.3	29	25.0	34	18.3
dzīvs					430	78.8	430	69.8
<b>Egle</b>	1	5.0	1	5.0	18	90.0	20	
<b>beigts</b>	1		1		2	11.1	4	20.0
kritala	1						1	25.0
stumbenis			1	100	2	100	3	75.0
dzīvs					16	88.9	16	80.0
<b>Bērzs</b>	2	2.3	15	17.0	71	80.7	88	
<b>beigts</b>	2		15		15	21.1	32	36.4
kritala	2		13	86.7	7	46.7	22	68.8
sausoknis					1	6.7	1	3.1
stumbenis			2	13.3	7	46.7	9	28.1
dzīvs					56	78.9	56	63.6
<b>Melnalksnis</b>					47	100	47	
<b>beigts</b>					6	12.8	6	12.8
kritala					2	33.3	2	33.3
stumbenis					4	66.7	4	66.7
dzīvs					41	87.2	41	87.2
<b>Apse</b>	5	1.9	34	13.2	218	84.8	257	
<b>beigts</b>	5		34		101	46.3	140	54.5
kritala	5		28	82.4	44	43.6	77	55.0
sausoknis					12	11.9	12	8.6
stumbenis			6	17.6	45	44.6	51	36.4
dzīvs					117	53.7	117	45.5
<b>Ozols</b>			1	1.6	61	98.4	62	
<b>beigts</b>			1		2	3.3	3	4.8
kritala			1	100			1	33.3
sausoknis					1	50.0	1	33.3
stumbenis					1	50.0	1	33.3
dzīvs					59	96.7	59	95.2
<b>Osis</b>			1	3.7	26	96.3	27	
<b>beigts</b>			1		8	30.8	9	33.3
kritala			1	100	5	62.5	6	66.7
sausoknis					3	37.5	3	33.3
dzīvs					18	69.2	18	66.7
<b>Liepa</b>					74	100	74	
<b>beigts</b>					2	2.7	2	2.7
kritala					1	50.0	1	50.0
stumbenis					1	50.0	1	50.0
dzīvs					72	97.3	72	97.3
<b>Goba</b>					17	100	17	
<b>beigts</b>					2	11.8	2	11.8
sausoknis					1	50.0	1	50.0
stumbenis					1	50.0	1	50.0
dzīvs					15	88.2	15	88.2
<b>kopā</b>	24	2.0	106	8.8	1078	89.2	1208	

Kopumā dabā konstatēti (kuriem bija iespējams uzmērīt krūšaugstuma caurmēru)  $14,2 \pm 2,57$  koki  $\text{ha}^{-1}$  no kuriem  $2,6 \pm 0,56$  koki  $\text{ha}^{-1}$  ir guļoši, bet  $11,6$  koki  $\text{ha}^{-1}$  - stāvoši. Divi no nogabaliem ir īpatnēji, jo tajos ir atstāti attiecīgi  $113,1$  un  $40,0$  koki  $\text{ha}^{-1}$  (šķērslaukums attiecīgi  $8,1$  un  $10,7 \text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ , krāja attiecīgi  $73,5$  un  $141,2 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) (Tabula 0.23).

Tabula 0.23

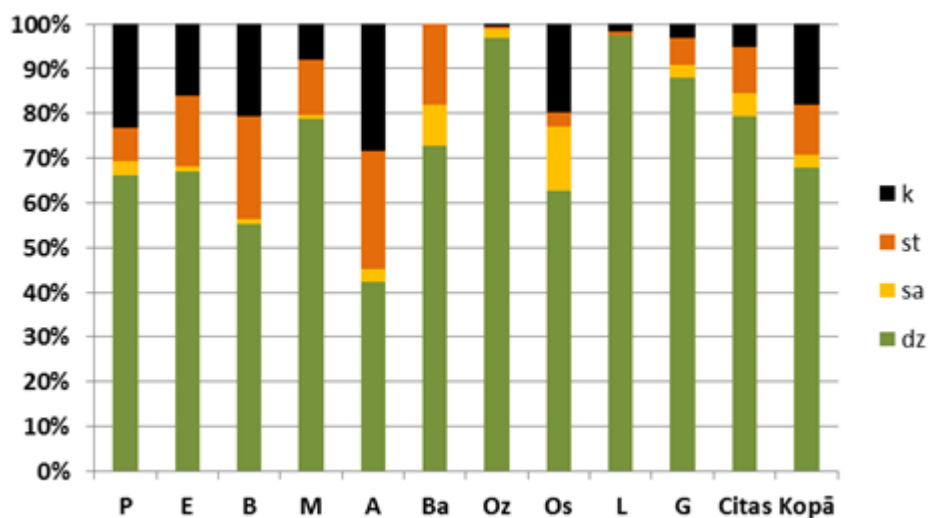
Objekts (KvAppg-Kv-Nog)	Plat	MT	Atstātās koku sugas		Šķērslaukums m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>					Krāja m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>					Koku skaits ha <sup>-1</sup>							
			Skaits	Galvenās sugas	Dzīvie	Beigti				Dzīvie	Beigti				Dzīvie	Beigti						
						Sa	St	K	Kopā		Sa	St*	K	Kopā*		Sa	St	K	Kopā			
102_198_4	3.6	Mrs	1	P	0.4	0.00	0.05	0.32	0.37	0.8	5.0	0.00	0.07	3.55	3.62	8.7	3.3	0.0	0.3	2.8	3.1	6.4
102_318_37	1.7	Ks	3	P;B	0.5	0.04	0.12	1.15	1.32	1.8	5.6	0.50	0.12	14.45	15.07	20.7	3.5	0.6	1.2	10.0	11.8	15.3
104_147_14	2.6	Dm	3	P;E	1.7	0.10	0.18		0.28	2.0	24.7	0.63	0.88		1.51	26.2	8.8	0.8	1.2		1.9	10.8
106_387_8	1.6	Kp	5	B;E;P	1.9	0.06	0.07	0.15	0.28	2.2	21.0	0.75	0.03	1.17	1.94	23.0	13.8	0.6	0.6	0.6	1.9	15.6
108_206_11	2.6	Ln	2	P	0.9	0.04	0.11	0.06	0.20	1.1	11.0	0.39	0.29	0.77	1.45	12.5	7.3	0.8	1.5	0.4	2.7	10.0
108_393_5	1.0	Mrs	1	P	1.8	0.05			0.05	1.9	21.4	0.55			0.55	22.0	14.0	1.0			1.0	15.0
109_63_3	4.2	Dm	3	P;A	1.3	0.04	0.08	0.14	0.26	1.5	17.0	0.45	0.39	1.72	2.57	19.6	7.6	0.5	0.7	1.2	2.4	10.0
111_22_11	1.5	Ap	9	A;Os;M;Ulm	8.1	0.17	1.19	1.26	2.61	10.7	117.0	2.27	3.47	18.39	24.13	141.2	27.3	0.7	6.7	5.3	12.7	40.0
111_359_4	3.4	Gr	4	A	2.4	0.12	0.20	0.30	0.62	3.1	36.5	1.77	0.62	4.36	6.76	43.3	10.9	0.6	1.2	2.4	4.1	15.0
111_492_2	1.2	Vr	5	A;K	1.3		1.86	0.69	2.55	3.8	12.7		8.44	9.93	18.37	31.1	11.7		10.8	4.2	15.0	26.7
202_15_14	4.0	Ln	4	P;M	0.7		0.06	0.30	0.35	1.1	8.0		0.08	3.78	3.85	11.8	3.8		0.5	2.8	3.3	7.0
202_174_27	1.5	Dm	4	P;A	2.6	0.42	0.36	0.07	0.85	3.4	35.0	4.77	2.04	1.03	7.83	42.8	10.7	0.7	1.3	0.7	2.7	13.3
204_47_13	1.8	Sl	2	P	1.4		0.10	0.24	0.34	1.7	14.0		0.35	2.39	2.74	16.8	8.9		1.1	2.8	3.9	12.8
207_368_1	1.0	Vr	2	A;Z	1.3		0.19	0.48	0.66	2.0	16.6		0.74	4.24	4.99	21.6	8.0		1.0	3.0	4.0	12.0
208_176_32	1.5	Vr	3	A;Oz	2.6					2.6	36.7					36.7	12.7					12.7
209_134_14	1.4	Am	3	P;Os	1.0			0.13	0.13	1.2	9.9			1.17	1.17	11.0	8.6			2.1	2.1	10.7
209_167_14	2.0	As	2	P	1.1		0.15	0.12	0.26	1.4	13.1		0.68	1.28	1.95	15.1	6.5		1.5	1.0	2.5	9.0
209_342_15	3.0	Dms	4	P;E	0.4		0.06	0.27	0.32	0.7	5.0		0.21	3.25	3.45	8.4	2.3		0.7	2.7	3.3	5.7
210_261_3	2.8	Dm	5	P;Oz;B	1.5		0.33	0.13	0.46	1.9	17.2		1.59	1.56	3.15	20.3	8.6		2.1	1.4	3.6	12.1
211_182_9	1.8	Vrs	2	A;P	0.8			0.08	0.08	0.8	10.2			0.90	0.90	11.1	3.9			1.1	1.1	5.0
302_148_14	1.5	As	4	A;B;P	0.9		0.27	0.42	0.68	1.6	12.9		0.83	5.33	6.16	19.1	4.7		3.3	2.7	6.0	10.7
303_255_11	1.5	Kp	5	Os;A	2.2		0.43	0.36	0.80	3.0	31.5		2.11	4.40	6.51	38.0	11.3		4.0	4.0	8.0	19.3
304_233_5	2.1	Vr	6	A;Os	1.1	0.31	1.13	0.10	1.55	2.6	15.3	4.56	5.79	1.45	11.80	27.1	8.1	2.4	6.7	1.4	10.5	18.6
304_64_7	1.5	Am	1	P	1.1	0.08	0.06		0.14	1.2	10.5	0.78	0.29		1.07	11.6	8.0	0.7	0.7		1.3	9.3
305_209_17	2.2	Ks	4	P	0.9			0.35	0.35	1.2	11.0			4.73	4.73	15.8	7.3			3.2	3.2	10.5
305_59_3	1.9	Gr	8	L;Os;Oz	1.3	0.02		0.14	0.17	1.5	13.3	0.21		2.03	2.24	15.5	13.2	0.5		1.1	1.6	14.7
306_23_8	1.9	Ln	2	P	0.9		0.36	0.20	0.56	1.4	9.6		1.11	2.16	3.27	12.8	4.7		2.6	1.6	4.2	8.9
306_51_10	2.3	Mr	2	P	0.7		0.16	0.08	0.24	0.9	6.9		0.54	0.73	1.27	8.1	5.2		1.7	1.3	3.0	8.3
309_284_13	1.6	Dm	1	P	3.4					3.4	44.0					44.0	19.4					19.4
310_157_11	2.0	Dms	4	P;A	1.7		0.48	0.13	0.61	2.3	21.0		2.33	1.72	4.05	25.0	8.0		3.0	1.0	4.0	12.0
402_374_6	3.1	Ap	4	M;Ulm;B;L	1.5		0.08	0.10	0.19	1.7	17.9		0.36	1.14	1.50	19.4	9.7		0.6	0.6	1.3	11.0
403_152_10	3.8	Dms	3	P;A	0.4	0.18	0.37	0.78	1.32	1.8	5.7	2.12	2.10	10.33	14.55	20.2	3.2	1.6	2.4	6.3	10.3	13.4
403_155_6	2.0	Mrs	2	P	1.3		0.09	0.05	0.13	1.5	16.4		0.25	0.52	0.78	17.2	10.0		1.0	0.5	1.5	11.5
403_268_5	2.3	Ks	2	A;P	1.7	0.14	0.11	0.69	0.94	2.6	25.0	1.67	0.54	9.32	11.53	36.5	5.2	0.4	0.9	5.2	6.5	11.7
403_82_2	2.8	Vr	3	A	0.5		0.31	0.66	0.97	1.5	7.5		1.07	5.41	6.48	13.9	3.2		1.8	3.6	5.4	8.6
407_24_5	4.8	Dm	3	P	0.2		0.08	0.51	0.59	0.8	2.7		0.18	6.29	6.46	9.1	1.7		0.8	4.6	5.4	7.1
407_479_5	1.0	Nd	1	P	0.4			0.40	0.40	0.8	3.3			3.10	3.10	6.4	4.0			4.0	4.0	8.0
408_187_2	3.3	Sl	1	P	1.1	0.04	0.03	0.20	0.27	1.4	10.4	0.29	0.12	1.76	2.17	12.6	8.5	0.6	0.3	1.8	2.7	11.2
408_497_1	3.0	Ks	4	P	1.3	0.13	0.08	0.27	0.48	1.8	15.7	1.42	0.36	3.22	5.00	20.7	10.0	1.3	1.0	3.0	5.3	15.3
410_13_2	1.8	Ln	3	P	0.7	0.02	0.16	0.03	0.21	0.9	8.6	0.19	0.74	0.32	1.25	9.8	6.7	0.6	2.8	0.6	3.9	10.6
501_382_4	1.3	Gr	4	A;Os;L	1.8		0.18	0.18	2.0	28.0			1.91	1.91	29.9	9.2			2.3	2.3	11.5	
501_393_15	1.4	Vrs	3	A;P;E	1.6	0.13	1.47	0.71	2.30	3.9	20.8	1.94	7.44	9.02	18.39	39.2	10.0	0.7	12.1	4.3	17.1	27.1
503_389_18	2.0	Mr	2	P;B	1.6		0.23	0.23	1.9	17.9		1.04		1.04	18.9	10.0		2.0		2.0	12.0	
504_197_11	1.6	Ln	2	P	1.4		0.05	0.35	0.39	1.8	18.3		0.10	3.64	3.74	22.0	10.0		0.6	4.4	5.0	15.0
504_312_14	1.2	Dms	3	M;B	1.7		0.07	0.07	0.14	1.9	21.3		0.38	0.77	1.15	22.4	13.3		0.8	0.8	1.7	15.0
506_121_26	1.2	Dm	2	P	1.2	0.07		0.31	0.39	1.6	14.3	0.87		3.98	4.84	19.2	8.3	0.8		2.5	3.3	11.7
507_152_14	1.1	Kp	5	M;A	0.7	0.43	0.47	1.09	1.99	2.7	8.9	5.97	1.72	13.31	21.00	29.9	4.5	0.9	2.7	8.2	11.8	16.4
507_258_11	1.4	Nd	3	P	0.5	0.04	0.08	0.56	0.68	1.2	5.2	0.33	0.25	5.48	6.06	11.3	5.7	0.7	2.9	9.3	12.9	18.6
511_154_5	1.6	Gr	7	K;Oz;M;Os	1.1	0.35		0.03	0.38	1.5	13.2	3.81		0.28	4.09	17.3	10.0	3.1		0.6	3.8	13.8
511_255_9	1.9	Vr	9	Oz;A;P;B	1.5	0.12	0.19	0.59	0.90	2.4	15.6	1.52	1.30	6.67	9.48	25.1	13.7	1.1	2.1	4.2	7.4	21.1
601_91_6	3.2	Ks	8	Os;M;E	1.5	0.10	0.05	0.09	0.24	1.7	15.1	0.86	0.58	0.99	2.42	17.6	14.1	2.2	0.3	0.9	3.4	17.5
605_88_4	1.3	Dm	9	A;B	0.6	0.06	1.90	1.05	3.01	3.6	7.8	0.71	9.76	15.55	26.03	33.8	5.4	0.8	10.8	3.8	15.4	20.8
606_349_14	4.3	Vr	5	Oz;B	0.7	0.03	0.19	0.44	0.65	1.4	7.3	0.27	0.46	5.19	5.92	13.2	9.3	0.2	1.4	2.8	4.4	13.7
608_114_5	4.2	Gr	6	A;Oz;Os	1.0	0.15	0.14	0.74	1.03	2.1	13.7	2.15	0.53	9.84	12.51	26.3	5.5	0.7	1.2	4.3	6.2	11.7
608_223_8	1.5	Dm	6	Oz;P	1.7		0.08	0.09	0.17	1.8	18.4		0.32	1.02	1.34	19.7	14.7		1.3	0.7	2.0	16.7
608_3_17	1.0	Vr	2	Oz;Os	0.8	0.06		0.06	0.9	9.0	0.79			0.79	9.8	11.0	1.0				1.0	12.0
609_178_3	1.6	Ap	5	L	6.7		1.11	0.34	1.45	8.1	66.2		2.87	4.42	7.29	73.5	105.6		5.0	2.5	7.5	113.1
609_18_7	2.1	Ks	4	E;A	0.9		0.23	0.45	0.68	1.6	6.3		1.16	4.68	5.84	12.1	12.9		1.9	4.3	6.2	19.0
610_236_7	1.2	Kp	6	M;L;A;P	2.3					2.3	28.3					28.3	15.0					15.0
611_88_11	1.2	Vrs	4	P;Oz;E	2.6		0.16		0.16	2.7	31.1		0.06		0.06	31.2	10.8		0.8		0.8	11.7
704_57_5	1.7	Mrs	2	P	0.9	0.20	0.09	0.37	0.65	1.6	8.7	1.97	0.24	3.61	5.82	14.5	6.5	1.2	0.6	3.5	5.3	11.8
705_411_5	1.1	Sl	1	P	0.8	0.35	0.59	0.18	1.11	2.0	8.2	3.39	2.22	1.71	7.32	15.5	4.5	2.7	4.5	2.7	10.0	14.5
707_69_19	1.8	Ks	6	P;Ba;B;A	1.6		0.10	0.36	0.47	2.1	16.1		0.46	3.67	4.13	20.2	18.9		0.6	2.2	2.8	21.7
707_91_																						



no stumbeņiem nokritušo galotņu krāja). Trijos nogabalos nav konstatēts neviens beigts koks (

Tabula 0.25.).

Vērtējot visus dabā konstatētos kokus pēc skaita, 67,7% koku ir dzīvi. No beigtajiem kokiem 56,2% ir kritālas, 34,8% stumbeņi un 8,9% sausokņi (Attēls 0.114).



Attēls 0.114. Koku īpatsvars pa sugām pēc to stāvokļa dabā (dz-dzīvs; sa-sausoknis; st-stumbeņis; k-kritāla)

Visvairāk cirmsmās konstatētas priedes -kopumā 956 (39,9% no kopējā koku skaita), no kurām 66,0% priežu ir dzīvas (Tabula 0.24) (Attēls 0.114). Lielākais dzīvo priežu īpatsvars konstatēts sausieņu mežu tipu rindā – 73,4±4,09%, bet mazākais purvaiņu-kūdreņu mežu tipu grupā – 54,4±7,72%. No beigtajām priedēm 68,6% ir kritālas, 21,5% stumbeņi, bet vēl 9,8% -kā sausokņi (2.att.). No kopējā beigto priežu īpatsvara būtiski lielāks kritālu īpatsvars konstatēts purvaiņu-kūdreņu meža tipu grupā – 78,1±9,49%, salīdzinot ar sausieņiem – 57,1±8,89%. Arī slapjainu-āreņu mežu tipu grupā konstatētas vairāk kritālas (73,7±7,48%) nekā sausieņos. Sausieņos konstatēts vairāk stumbeņu – 31,1±8,32%, salīdzinot ar slapjainiem-āreņiem (20,3±6,84%), un purvaiņiem-kūdreņiem 8,2±6,29%. Sausokņu daudzums pa mežu tipu grupām būtiski neatšķiras.

Otra visvairāk konstatētā koku suga cirmsmās ir apse – kopumā 431 (18,0% no kopējā koku skaita), no kurām dzīvas ir 42,2% (mazākais dzīvo koku īpatsvars starp uzmērītajiem kokiem). Lielākais dzīvo koku īpatsvars konstatēts slapjainu-āreņu meža tipu grupā – 47,4±6,74%, tomēr atšķirība no citām mežu tipu grupām nav būtiska. No beigtajām apsēm 49,0% konstatētas kā kritālas, 45,8% kā stumbeņi un 5,2% kā sausokņi. Arī apsei lielākais kritālu īpatsvars no kopējā beigto koku skaita konstatēts purvaiņu-kūdreņu meža tipu grupā – 63,3±17,25%, tomēr atšķirība nav būtiska. Līdz ar to mazākais stumbeņu īpatsvars arī ir purvaiņu-kūdreņu mežu tipu grupā – 30,0±16,40%. Sausokņu daudzums pa mežu tipu grupām būtiski neatšķiras.

Trešā visvairāk konstatētā suga ir liepa –280 (28,6% no kopējā koku skaita). Liepām ir lielākais dzīvo koku skaits – 97,5%. Salīdzinoši ar priedēm un apsēm, kas ir konstatētas 80% un 63,8% no apsekotajām cirmsmās, liepas ir konstatētas tikai 12,5% jeb 10 cirmsmās, turklāt vienā no cirmsmās ir vairāk nekā puse - 57,5% (161 koki) no visām konstatētajām liepām (

Tabula 0.25.).

Tabula 0.24

Koku īpatsvars pa sugām un stāvokļiem un meža tipu grupām

	dzīvs		beigts								kopā	
	N	%	sa		st		k		kopā		N	%
			N	%	N	%	N	%	N	%		
Priede	631	66,0	32	9,8	70	21,5	223	68,6	325	34,0	956	39,9
purvaiņi_kūdreņi	87	54,4	10	13,7	6	8,2	57	78,1	73	45,6	160	16,7
sausieņi	329	73,4	14	11,8	37	31,1	68	57,1	119	26,6	448	46,9
slapjaiņi_āreņi	215	61,8	8	6,0	27	20,3	98	73,7	133	38,2	348	36,4
Egle	59	67,0	1	3,4	14	48,3	14	48,3	29	33,0	88	3,7
purvaiņi_kūdreņi	31	83,8			3	50,0	3	50,0	6	16,2	37	42,0
sausieņi	7	58,3			2	40,0	3	60,0	5	41,7	12	13,6
slapjaiņi_āreņi	21	53,8	1	5,6	9	50,0	8	44,4	18	46,2	39	44,3
Bērzs	104	55,3	2	2,4	43	51,2	39	46,4	84	44,7	188	7,9
purvaiņi_kūdreņi	32	62,7			8	42,1	11	57,9	19	37,3	51	27,1
sausieņi	40	51,3			22	57,9	16	42,1	38	48,7	78	41,5
slapjaiņi_āreņi	32	54,2	2	7,4	13	48,1	12	44,4	27	45,8	59	31,4
Melnalksnis	89	78,8	1	4,2	14	58,3	9	37,5	24	21,2	113	4,7
purvaiņi_kūdreņi	12	57,1			3	33,3	6	66,7	9	42,9	21	18,6
sausieņi	5	83,3			1	100			1	16,7	6	5,3
slapjaiņi_āreņi	72	83,7	1	7,1	10	71,4	3	21,4	14	16,3	86	76,1
Apse	182	42,2	13	5,2	114	45,8	122	49,0	249	57,8	431	18,0
purvaiņi_kūdreņi	17	36,2	2	6,7	9	30,0	19	63,3	30	63,8	47	10,9
sausieņi	65	37,6	5	4,6	51	47,2	52	48,1	108	62,4	173	40,1
slapjaiņi_āreņi	100	47,4	6	5,4	54	48,6	51	45,9	111	52,6	211	49,0
Baltalksnis	8	72,7	1	33,3	2	66,7			3	27,3	11	0,5
purvaiņi_kūdreņi					1	100			1	100	1	9,1
sausieņi			1	50,0	1	50,0			2	100	2	18,2
slapjaiņi_āreņi	8	100								0,0	8	72,7
Ozols	158	96,9	3	60,0	1	20,0	1	20,0	5	3,1	163	6,8
purvaiņi_kūdreņi	2	100									2	1,2
sausieņi	116	95,9	3	60,0	1	20,0	1	20,0	5	4,1	121	74,2
slapjaiņi_āreņi	40	100	0								40	24,5
Osis	57	62,6	13	38,2	3	8,8	18	52,9	34	37,4	91	3,8
purvaiņi_kūdreņi	10	55,6		0,0	1	12,5	7	87,5	8	44,4	18	19,8
sausieņi	14	66,7	3	42,9	1	14,3	3	42,9	7	33,3	21	23,1
slapjaiņi_āreņi	33	63,5	10	52,6	1	5,3	8	42,1	19	36,5	52	57,1
Liepa	273	97,5			2	28,6	5	71,4	7	2,5	280	11,7
purvaiņi_kūdreņi												
sausieņi	27	100									27	9,6
slapjaiņi_āreņi	246	97,2			2	28,6	5	71,4	7	2,8	253	90,4
Goba	29	87,9	1	25,0	2	50,0	1	25,0	4	12,1	33	1,4
purvaiņi_kūdreņi	1	100									1	3,0
sausieņi	12	80,0	1	33,3	2	66,7			3	20,0	15	45,5
slapjaiņi_āreņi	16	94,1					1	100	1	5,9	17	51,5
Citas	31	79,5	2	25,0	4	50,0	2	25,0	8	20,5	39	1,6
purvaiņi_kūdreņi	1	33,3			1	50,0	1	50,0	2	66,7	3	7,7
sausieņi	24	88,9	2	66,7	1	33,3			3	11,1	27	69,2
slapjaiņi_āreņi	6	66,7			2	66,7	1	33,3	3	33,3	9	23,1
Kopā	1621	67,7	69	8,9	269	34,8	434	56,2	772	32,3	2393	
purvaiņi_kūdreņi	193	56,6	12	8,1	32	21,6	104	70,3	148	43,4	341	14,2
sausieņi	639	68,7	29	10,0	119	40,9	143	49,1	291	31,3	930	38,9
slapjaiņi_āreņi	789	70,3	28	8,4	118	35,4	187	56,2	333	29,7	1122	46,9

Bērzs ir konstatēts 57,5% cirsma, tomēr no kopējā uzskaitīto koku skaita veido tikai 7,9%. Bērzam ir otrs zemākais izdzīvojušo koku īpatsvars – 55,3%. Lielākais izdzīvojušo koku īpatsvars konstatēts purvaiņu-kūdreņu mežu tipu grupā- 62,7±13,27%, tomēr atšķirība no citām mežu tipu grupām nav būtiska. No beigtajiem bērziem 51,2% konstatēti kā stumbeņi, 46,4% kā kritālas un 2,4% kā sausokņi.

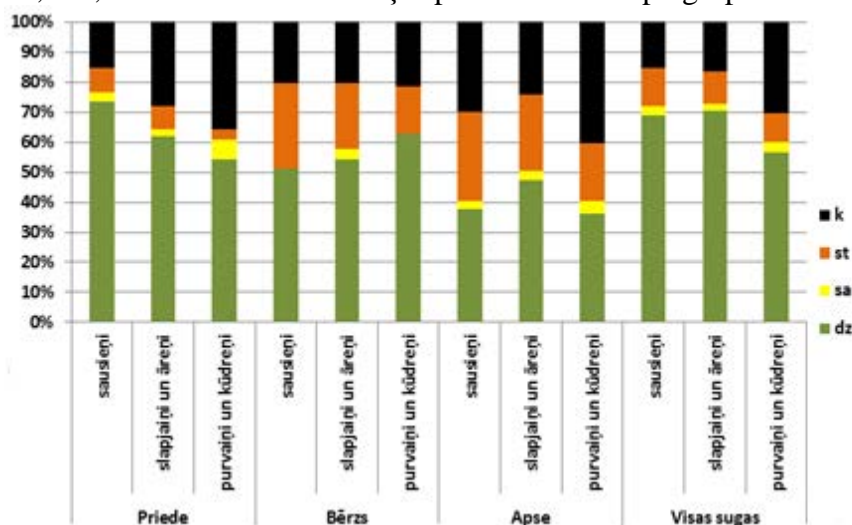
Ozoli konstatēti 30% cirsma, bet no kopējā uzmērīto koku skaita veido 6,8%. Jāatzīmē, ka 30,1% no visiem ozoliem konstatēti vienā cirsma. Ozoliem ir otrs lielākais izdzīvojušo koku īpatsvars – 96,9%.

Tabula 0.25

Koku sugu īpatņu skaits un īpatsvars pa apsekotajām cirmām

Cirma	P		E		B		M		A		Ba	Oz	Os	L	G	Cita		Kopā					
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N				
102_198_4	23	2.4																	23				
102_318_37	21	2.2			4	2.1											1	2.6	26				
104_147_14	24	2.5	3	3.4	1	0.5													28				
106_387_8	5	0.5	7	8.0	10	5.3	2	1.8	1	0.2									25				
108_206_11	24	2.5								2	0.5								26				
108_393_5	15	1.6																	15				
109_63_3	35	3.7			2	1.1			5	1.2									42				
111_22_11			2	2.3	3	1.6	9	8.0	22	5.1		2	1.2	11	12.1	1	0.4	9	27.3	1	2.6	60	
111_359_4					1	0.5	1	0.9	48	11.1		1	0.6										51
111_492_2					1	0.5	1	0.9	15	3.5		3	1.8					12	36.4				32
202_15_14	23	2.4			1	0.5	3	2.7												1	2.6		28
202_174_27	13	1.4			1	0.5			5	1.2		1	0.6										20
204_47_13	22	2.3			1	0.5																	23
207_368_1									9	2.1		3	1.8										12
208_176_32			1	1.1					15	3.5		3	1.8										19
209_134_14	12	1.3											2	2.2			1	3.0					15
209_167_14	17	1.8	1	1.1																			18
209_342_15	13	1.4	2	2.3	1	0.5			1	0.2													17
210_261_3	12	1.3	2	2.3	7	3.7			2	0.5		11	6.7										34
211_182_9	2	0.2							7	1.6													9
302_148_14	3	0.3	1	1.1	4	2.1			8	1.9													16
303_255_11					1	0.5	2	1.8	10	2.3	1	9.1		15	16.5								29
304_233_5	2	0.2					3	2.7	17	3.9		2	1.2	14	15.4					1	2.6		39
304_64_7	14	1.5																					14
305_209_17	19	2.0	1	1.1	1	0.5						2	1.2										23
305_59_3	1	0.1			1	0.5			2	0.5		4	2.5	5	5.5	13	4.6	1	3.0	1	2.6		28
306_23_8	16	1.7			1	0.5																	17
306_51_10	18	1.9			1	0.5																	19
309_284_13	31	3.2																					31
310_157_11	18	1.9	1	1.1			1	0.9	4	0.9													24
402_374_6					4	2.1	21	18.6						4	1.4	5	15.2						34
403_152_10	44	4.6	1	1.1					6	1.4													51
403_155_6	21	2.2							2	0.5													23
403_268_5	9	0.9							18	4.2													27
403_82_2	2	0.2	1	1.1					21	4.9													24
407_24_5	32	3.3	1	1.1								1	0.6										34
407_479_5	8	0.8																					8
408_187_2	37	3.9																					37
408_497_1	41	4.3	1	1.1	3	1.6			1	0.2													46
410_13_2	17	1.8							1	0.2											1	2.6	19
501_382_4			1	1.1					6	1.4			4	4.4	4	1.4							15
501_393_15	11	1.2	5	5.7					22	5.1													38
503_389_18	12	1.3			12	6.4																	24
504_197_11	22	2.3			2	1.1																	24
504_312_14					2	1.1	15	13.3	1	0.2													18
506_121_26	13	1.4			1	0.5																	14
507_152_14			1	1.1	1	0.5	11	9.7	4	0.9			1	1.1									18
507_258_11	22	2.3			2	1.1			2	0.5													26
511_154_5					1	0.5	2	1.8	1	0.2		3	1.8	2	2.2					13	33.3		22
511_255_9	4	0.4			4	2.1			9	2.1	2	18.2	16	9.8	1	1.1	2	0.7	1	3.0	1	2.6	40
601_91_6	5	0.5	7	8.0	5	2.7	15	13.3	1	0.2			20	22.0	2	0.7							56
605_88_4	1	0.1			9	4.8			11	2.6		1	0.6	1	1.1			1	3.0	3	7.7		27
606_349_14			1	1.1	24	12.8			5	1.2		25	15.3	4	4.4								59
608_114_5			1	1.1	2	1.1	2	1.8	34	7.9		5	3.1	5	5.5								49
608_223_8	7	0.7			1	0.5	1	0.9	2	0.5		13	8.0	1	1.1								25
608_3_17												8	4.9	4	4.4								12
609_178_3	3	0.3	5	5.7			1	0.9	11	2.6						161	57.5						181
609_18_7	3	0.3	23	26.1	1	0.5			13	3.0													40
610_236_7	2	0.2					9	8.0	2	0.5		1	0.6	1	1.1	3	1.1						18
611_88_11	8	0.8	2	2.3			1	0.9				3	1.8										14
704_57_5	19	2.0			1	0.5																	20
705_411_5	16	1.7																					16
707_69_19	18	1.9	1	1.1	6	3.2			4	0.9	8	72.7								2	5.1		39
707_91_8	25	2.6																					25
708_39_23	18	1.9																					18
709_22_16	2	0.2	8	9.1			2	1.8	4	0.9		1	0.6		89	31.8			2	5.1		108	
711_73_1	2	0.2			3	1.6			11	2.6		49	30.1		1	0.4				1	2.6		67
712_144_11	24	2.5	2	2.3								3	1.8										29
712_199_20	3	0.3			13	6.9			3	0.7													19
713_167_6	11	1.2	2	2.3	1	0.5	2	1.8	2	0.5													18
803_275_16			1	1.1	1	0.5	5	4.4	28	6.5		2	1.2				3	9.1	1	2.6		41	
804_173_30	17	1.8			4	2.1																	21
806_136_32	24	2.5							1	0.2										1	2.6		26
809_208_3	28	2.9							1	0.2													29
809_208_7	9	0.9			6	3.2																	15
810_28_17			1	1.1			3	2.7	11	2.6													15
810_8_17	6	0.6			2	1.1			11	2.6										6	15.4		25
812_202_15	17	1.8			16	8.5			2	0.5										2	5.1		37
812_48_12	2	0.2			11	5.9			4	0.9													17
812_92_49	8	0.8	2	2.3	8	4.3	1	0.9	3	0.7													22
Kopā	956		88		188		113		431		11		163		91		280		33		39		2393
Max		4.6		26.1		12.8		18.6		11.1		72.7		30.1		57.5		36.4		33.3			
Sastopamība,%		80.0		37.5		57.5		28.8		63.8		3.8		30.0		20.0		12.5		10.0			21.3

Kopumā sausieņu un slapjaiņu-āreņu mežu tipu grupās konstatēts samērā līdzīgs dzīvo koku īpatsvars attiecīgi  $68,7 \pm 2,98\%$  un  $70,3 \pm 2,67\%$ , bet purvaiņu-kūdreņu mežu tipu grupā dzīvo koku īpatsvars ir būtiski mazāks –  $56,6 \pm 5,26\%$  (Tabula 0.18 Attēls 0.115.). Purvaiņu-kūdreņu mežu tipu grupā konstatēts arī būtiski lielāks kritālu īpatsvars no kopējā beigto koku īpatsvara –  $70,3 \pm 7,36\%$ , salīdzinoši ar slapjajiem-āreņiem  $56,2 \pm 5,33\%$  un sausieņiem  $49,1 \pm 5,74\%$ . Savukārt sausokņu īpatsvars mežu tipu grupās ir līdzīgs – vidēji  $8,9\%$ .



Attēls 0.115. Koku īpatsvars pa sugām un meža tipu grupām pēc to stāvokļa dabā (dz-dzīvs; sa-sausoknis; st-stumbenis; k-kritāla).

Salīdzinot dzīvo un beigto koku skaitu pa reģioniem var konstatēt, ka Kurzemes reģionā ir līdzīgs beigto priežu īpatsvars kā pārējā teritorijā – attiecīgi  $36,5 \pm 5,94\%$  un  $33,1 \pm 3,48\%$  (Tabula 0.26). Bērzam mazāks beigto koku īpatsvars ir Kurzemes reģionā, salīdzinot ar pārējo teritoriju, attiecīgi  $37,1 \pm 16,0\%$  un  $46,4 \pm 7,9\%$ . Apsei būtiski mazāk beigto koku ir konstatēts Kurzemes reģionā  $41,3 \pm 12,16\%$ , salīdzinot ar pārējo teritoriju –  $60,6 \pm 4,99\%$ .

Tabula 0.26

Dzīvo un beigto koku īpatsvars pa reģioniem

Suga	Atrašanās vieta			
	Kurzeme <sup>a</sup>		Pārējā teritorija <sup>b</sup>	
	N	%	N	%
<b>Priede</b>	252	26.4	704	73.6
beigts	92	36.5	233	33.1
dzīvs	160	63.5	471	66.9
<b>Bērzs</b>	35	18.6	153	81.4
beigts	13	37.1	71	46.4
dzīvs	22	62.9	82	53.6
<b>Apse</b>	63	14.6	368	85.4
beigts	26	41.3	223	60.6
dzīvs	37	58.7	145	39.4

Apzīmējumi: a- Ziemeļkurzemes un Dienvidkurzemes mežsaimniecība; b- pārējās mežsaimniecības.

Priedei, eglei, bērzam un apsei mazāk izgāž indivīdus ar mazāku augstuma un caurmēra (h/d) attiecību. Sakarība nav statistiski būtiska tikai bērzam ( Tabula 0.27).

Tabula 0.27

Augstuma un caurmēra attiecības pa sugām dzīvajiem kokiem un kritālām

Suga	Stāvoklis					
	dzīvs			kritala		
	N	h/d	SE	N	h/d	SE
Priede	584	0.61	0.005	135	0.75	0.010
Egle	40	0.61	0.022	10	0.82	0.089
Bērzs	91	0.65	0.015	12	0.69	0.031
Apse	159	0.55	0.007	54	0.62	0.016

#### Ekoloģisko koku bojājuma pakāpe

Ekoloģisko koku bojājuma pakāpes novērtējums veikts, balstoties uz indivīda „veselības” stāvokļa novērtējumu, tādējādi netieši sniedzot prognozi par koku turpmāko izdzīvošanu, pieņemot, ka bojājumi norāda uz traucējumiem normālajos koku fizioloģiskajos procesos.

Izvērtējot ekoloģisko koku bojājuma pakāpi, konstatēts, ka no 2013.g. dzīvajiem ekoloģiskajiem kokiem, bojāti ir 1153 jeb 73,3% (

Tabula 0.28). Taču pastāv ievērojamas atšķirības starp sugām. Visaugstākais bojāto ekoloģisko koku īpatsvars ir apsei (88,8%), savukārt viszemākais ir priedei (60%). Pārējām sugām bojāto koku īpatsvars ņemot vērā standartkļūdu (SE) ir starp šiem diviem lielumiem.

Visbiežāk dzīvajiem ekoloģiskajiem kokiem konstatēti sekojoši bojājumi: priedei – vaļējas brūces un sasveļojumi, eglei – sasveļojumi, bērzam vaļējas brūces, melnalksnim, ozolam, osim, liepai – pārmērīga zarošanās, apsei –puni un augļķermeņi (Tabula 0.29).

Tabula 0.28

2013.g. dzīvo ekoloģisko sadalījums pa bojājuma grupām

Koku suga	Nav bojāts	Ir bojāts	Kopā	Bojāts, %	Bojāts, SE %
Priede	252	378	630	60,0	2,0
Egle	20	26	46	56,5	7,3
Bērzs	26	72	98	73,5	4,5
Melnalksnis	16	73	89	82,0	4,1
Apse	20	158	178	88,8	2,4
Baltalksnis			0		-
Ozols	33	125	158	79,1	3,2
Osis	11	46	57	80,7	5,2
Liepa	26	233	259	90,0	1,9
Goba, vīksna	3	26	29	89,7	5,7
Blīgzna	0	3	3	100,0	0,0
Kļava	10	10	20	50,0	11,2
Pīlādzis	1	3	4	75,0	21,7
Vilkābele	1	0	1	0,0	0,0
Mežābele	1	0	1	0,0	0,0
Kopā	420	1153	1573	73,3	1,1

Tabula 0.29

Dažādu bojājumu veidu sastopamība dzīvajiem ekoloģiskajiem kokiem

Bojājumu veids	Koku sugas														Kopā	
	Priede	Egle	Bērzs	Melnalksnis	Apse	Baltalksnis	Ozols	Osīs	Liepa	Goba, vīksna	Blīgzna	Klava	Pīlādzis	Vilkābele		Mežābele
Vēzis	5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Puni, augļkermeni	59	1	24	4	125	0	5	8	12	5	2	0	2	0	0	247
Mīksta koksne	2	0	2	0	2	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	12
Plaisas	15	1	9	4	22	0	23	14	11	3	1	1	1	0	0	105
Dobumi	6	0	4	0	17	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	30
Vajējas brūces, kas saskaras ar zemi	3	0	1	1	1	0	2	2	2	2	1	0	0	0	0	15
Putni	4	1	6	2	37	2	4	2	2	1	2	1	0	0	0	64
Kukaiņi	27	2	18	2	55	3	6	11	5	3	2	1	0	0	0	135
Vajējas brūces (bez mizas, bet bez redzamas trapes pazīmes)	147	7	29	24	79	0	30	14	38	13	0	8	3	0	0	392
Sasveļojumi	144	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161
Nolūzis stumbrs vai saknes tuvāk par 1m no stumbra	3	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	6
Vējslotas uz stumbra	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Apikālās dominantes zudums, atmirusi galotne	26	6	12	10	3	0	13	2	45	7	2	4	0	0	0	130
Nolūzuši vai atmiruši zari	6	2	22	12	15	0	17	18	46	8	0	0	1	0	0	147
Pārmērīga zarošanās vai vējslotas	1	0	8	49	1	0	94	19	211	12	1	2	0	0	0	398
Dedzis	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Atsveķots	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
Atmiruši, izkrituši zari	25	0	1	0	6	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	34
Līdzdas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2

Izvērtējot koku vainagu stāvokli, konstatēts, ka vainagu caurspīdīgums lielāks par 60% ir aptuveni 4% dzīvo ekoloģisko koku (

Tabula 0.30).



Tabula 0.30

Dzīvo ekoloģisko koku sadalījums pa vainagu caurspīdīguma grupām

Suga	Vainagu caurspīdīgums, %			Kopā
	<20	21-60	60<	
Priede	11	544	25	580
Egle	19	17	2	38
Bērzs	0	24	4	28
Melnalksnis	1	30	0	31
Apse	1	60	3	64
Baltalksnis	0	0	0	0
Ozols	4	8	0	12
Osis	1	2	0	3
Liepa	0	10	0	10
Goba, vīksna	5	10	0	15
Blīgzna	0	0	0	0
Kļava	0	0	0	0
Pilādzis	0	1	0	1
Vilkābele	0	0	0	0
Mežābele	0	0	0	0
Kopā	42	706	34	782

Ekoloģisko koku funkcionālā loma

Daļa no bojājumiem norāda uz šo ekoloģisko koku funkcijām ekosistēmas procesos. Par tādiem šī projekta ietvaros esam uzskatījuši:

- Augļķermeņi,
- Dobumi
- Putnu barošanās pēdas
- Kukaiņu bojājumi
- Ligzdas.

Uz dzīvajiem kokiem piepes konstatētas uz apsēs – 70,2% apšu, retāk bērziem - 24% bērzu, bet priedēm - tikai 9.4% priežu (

Tabula 0.31) Dobumi konstatēti gandrīz 10% apšu un tikai 1% priežu. Arī dzeņveidīgo putnu barošanās pēdas visbiežāk konstatētas uz apsēm (21% apšu), savukārt ksilofāgo kukaiņu darbības pēdas konstatētas uz 31% apšu un 18% bērzu. Savukārt uz kritālām, stumbeņiem un sausokņiem 30- 50% koku ir redzamas ksilofāgo kukaiņu darbības pēdas, un uz 23% atmirušo koku ir redzamas dzeņveidīgo putnu barošanās pēdas.

Tabula 0.31

Dzīvo un atmirušo ekoloģisko koku funkcionālā loma

Suga	Dzīvi						Sausokņi, stumbeņi, kritālas					
	Augļķermeņi u.c. trupes pazīmes	Dobumi	Putnu barošanās pēdas	Ksilofāgo kukaiņu darbības pēdas	Putnu ligzdas	Dzīvi kopā, gab.	Augļķermeņi u.c. trupes pazīmes	Dobumi	Putnu barošanās pēdas	Ksilofāgo kukaiņu darbības pēdas	Putnu ligzdas	Sausokņi, stumbeņi, kritālas kopā gab.
Priede	59	6	4	27	1	630	13	14	38	95	0	319
Egle	1	0	1	2	0	46	5	1	9	14	0	28
Bērzs	24	4	6	18	0	98	34	2	32	42	1	83
Melnalksnis	4	0	2	2	0	89	7	2	13	14	0	21
Apse	125	17	37	55	0	178	88	20	76	123	0	249
Baltalksnis						0	1	0	2	3	0	3
Ozols	5	0	4	6	0	158	0	1	1	3	0	5
Osis	8	1	2	11	0	57	7	1	1	8	0	25
Liepa	12	0	2	5	0	259	0	0	0	0	0	5
Goba, vīksna	5	2	1	3	1	29	1	1	0	2	0	4
Blīgzna	2	0	2	2	0	3	0	0	1	2	0	2
Kļava	0	0	1	1	0	20	1	0	0	0	0	1
Pilādzis	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Vilkābele	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Mežābele	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Nenosakama suga	0	0	0	0	0	0	2	0	3	3	0	4
Kopā	247	30	62	132	2	1573	159	42	176	309	0	749

## Ekoloģisko koku kritalu virziens

Latvijā līdzīgi kā citur mērenajā zonā nozīmīgus koku bojājumus vējgāžu un vējlaužu veidā rada: ārpustropiskās zonās cikloni, negaisa vētras un virpuļviesuļi. Cikloni parasti skar lielas teritorijas (to diametrs var būt vairāki tūkstoši km un vienā vietā tie var būt līdz pat 3 diennaktīm), un tie parasti pūš no DR, R, ZR. Lokālo negaisa vētru diametrs visbiežāk ir 10-ti km, ilgums līdz 30 minūtēm vienā vietā, taču tajās vēja virziens var būt no dažādām debespusēm. Virpuļviesuļi jeb tornado parasti ir līdz 2 km plati, 400 km gari, ilgums vienā vietā - dažas minūtes). Šajā gadījumā vēja virziens pat nelielā teritorijā ir atšķirīgs. Izvērtējot koku gāšanās virzienus, būtu iespējams prognozēt 1) cik nozīmīga ir meža sienu saglabāšana rietumu pusē ekoloģisko koku ilglaicības nodrošināšanai; 2) vai, izvietojot ekoloģiskos kokus, iespējams radīt „tiltu”, kas potenciāli varētu savienot sugas, kurām ir neliels izplatīšanās attālums. Tā kā Kurzemē ir kopumā spēcīgāki ciklonu vēji, salīdzinātas divas grupas – Kurzeme un pārējā Latvijas daļa.

Salīdzinātas sekojošas grupas: P, B, A ekoloģisko koku kritalas, pa reģioniem (Kurzeme, pārējā Latvijas teritorija), priedes, kas izgāztas 3-5 gadus pēc cirtes veikšanas, un priedes, kas izgāztas 6-10 gadus pēc cirtes veikšanas.

Veicot Omnibusa testu krišanas virziena vienmērības noteikšanai, konstatēts, ka ar 95% vai 99% varbūtību var apgalvot, ka koki nevienā no analizētajām grupām, kurā ir vismaz 30 kritalas, nav krituši visos virzienos vienmērīgi (Tabula 0.32).

Tabula 0.32

Omnibusa testa rezultāti ekoloģisko koku krišanas virziena vienmērības novērtējumam

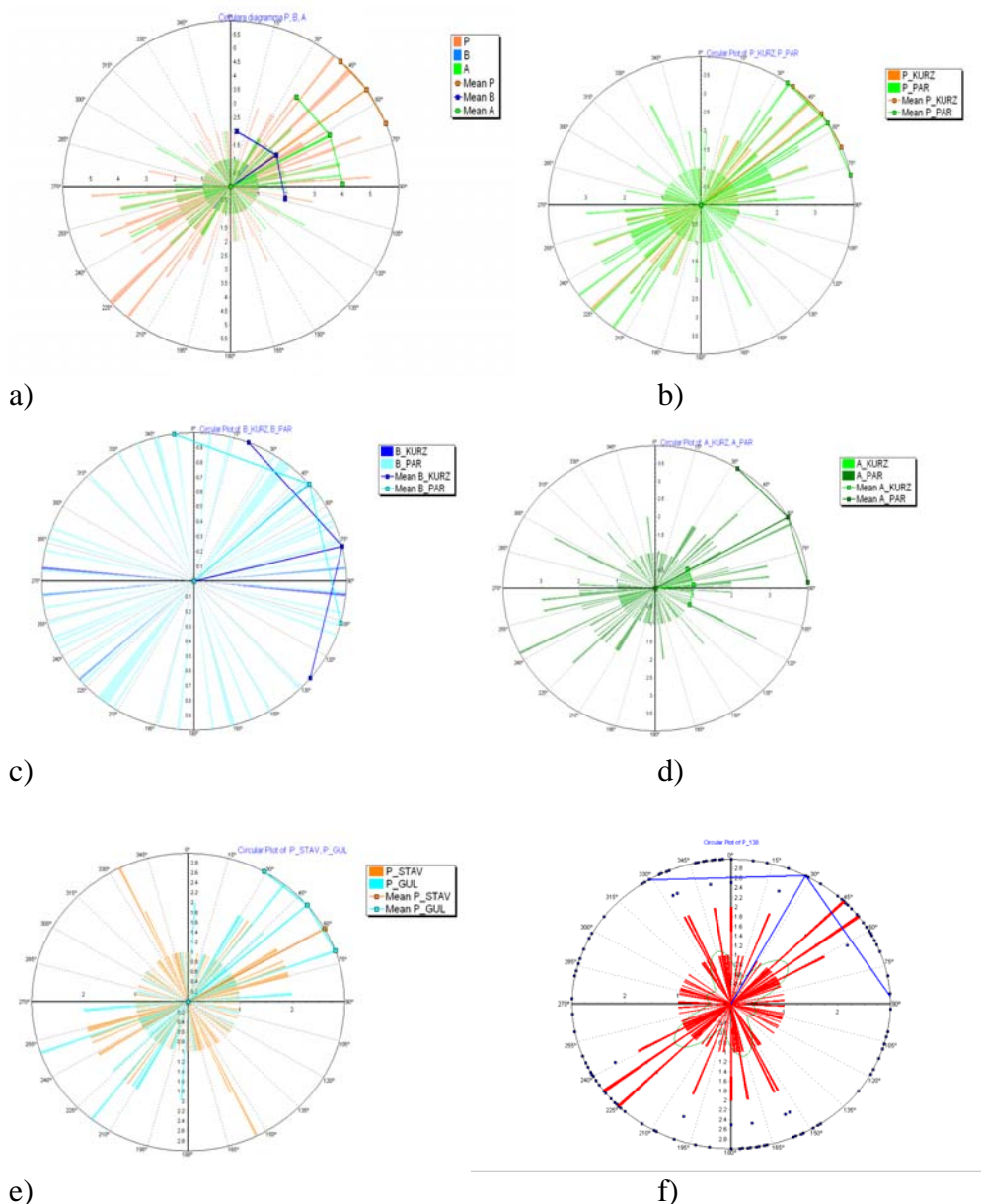
Rādītāji	P	B	A	P Kurzemē	P pārējā LV	B Kurzemē	B pārējā LV	A Kurzemē	A pārējā LV	P stāvoša*	P guloša**
Random Omnibus Ungrouped	4.38262	1.74733	2.46187	3.81398	2.85546	1.50796	1.52116	1.47372	2.42728	1.80254	2.93611
Probability	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.5	0.5	0.5	0.01	0.05	0.01

Tabula 0.33

Statistikas rādītāju kopsavilkums ekoloģisko koku krišanas virziena raksturošanai

Rādītāji	P	B	A	P Kurzemē	P pārējā LV	B Kurzemē	B pārējā LV	A Kurzemē	A pārējā LV	P stāvoša*	P guloša**
Novērojumu skaits	218	31	117	64	154	3	28	9	108	73	48
Vidējais virziens	54.26	54.86	62.31	52.03	56.32	76.42	49.21	84.61	60.09	60.65	49.51
Zemākais 95% vidējais	40.94	6.29	36.09	37.06	34.52	20.86	352.35	57.48	32.59	-99	28.96
Augšējie 95% vidējais	67.57	103.43	88.53	66.99	78.13	130.43	106.06	116.99	87.6	-99	70.06
Vidējais rezultējošais garums	0.37	0.31	0.27	0.61	0.27	0.78	0.29	0.36	0.27	0.12	0.54
Cirkulārā dispersija	0.63	0.69	0.73	0.39	0.73	0.22	0.71	0.64	0.73	0.88	0.46
Cirkulārā standartnovirze	80.49	87.47	92.65	56.72	92.12	40.75	90.14	81.86	92.39	117.4	63.23
Mediānas virziens	52	48	63	47.5	53	84	47	77	62	68	46.5
Zemākā 95% Mediānas	45	34	52	40	44	-99	31	-99	48	58	37
Augstākā 95% Mediāna	59	67	72	64	61	-99	73	-99	73	74	65
Cirkulārā izkliede	172.43	259.94	340.61	63.63	316.91	32.32	292.77	136.41	343.51	1311.54	88.21
Asimetrijas rādītājs	5.18	4.26	-6.85	6.53	3.73	-95.93	6.65	38.73	-7.41	8.67	-5.92
Ekscesa rādītājs	20.08	12.16	-12.05	8.83	16.9	-722.93	13	-24.96	-8.71	21.33	-1.25

Analizējot detālāk koku krišanas virziena statistiskos rādītājus (Tabula 0.33), konstatēts, ka kritalas, kuras veidojušās nolūstot vai izgāzoties ekoloģiskajiem kokiem, P, B, A, lielākoties ir kritušas ziemeļaustrumu virzienā (vidējais krišanas virziens ir 54 līdz 62°). Nav konstatēta arī būtiska atšķirība krišanas virzienā Kurzemē augošajām priedēm salīdzinājumā ar citiem Latvijas reģioniem (Y stat=0,422 p=0,516). Tāpat nav konstatētas būtiskas atšķirības krišanas virzienā starp priedēm, kuras kritušas laika periodā līdz 5 gadiem pēc nociršanas vai kuras nokritušas starp 6 un 10 gadu pēc cirtes (Y stat 0,433, p=0,51), tomēr jānorāda, ka „vidējais rezultējošais garums” priedēm, kas nogāztas pēdējo 3 gadu laikā ir 0,12, salīdzinājumā ar 0,54 agrāk nogāztajām priedēm, kas norāda, ka nesen gāztās priedes ir gāztas ne tikai galvenokārt no dienvidrietumu vējiem (kas bija dominējošie 2005.g. janvāra vētrā), bet to gāšanos ir ietekmējušas vietējās negaisa vētras, tādējādi ekoloģisko koku saglabāšanai tuvu rietumu pusē esošajai meža sienai nav tik būtiska nozīme. Tomēr kopumā tendence rāda, ka, ja vēlas, lai koku krišanas gadījumā veidotu „tiltu” sugām ar ierobežotu izplatīšanās attālumu, tie izvietojami DR – ZA virzienā.



Attēls 0.116. Izgāzto ekoloģisko koku krišanas virziens (atsevišķa paraugkopas elementa, vidējais (mean) un būtiskums ar 95% varbūtību: a) P - priede, B – bērzs, A- apse visi gāztie koki; b) gāztās P Kurzemē un pārējā Latvijā; c) gāztie B Kurzemē un pārējā Latvijā; d) gāztās A Kurzemē un pārējā Latvijā; e) 3-5 gadus pēc cirtes gāztās P (P\_GUL) un 6-10 gadus pēc cirtes gāztās priede (P\_STAV); f) priežu krišanas virziens Rietumvidzemes, Ziemeļlatgales un Dienvidlatgales MS parauglaukumos.

Interesanti, ka, analizējot Austrumvidzemes, Dienvidlatgales un Ziemeļlatgales mežsaimniecību teritorijās apsekotājās audzēs izgāztos priedes ekoloģiskos kokus, to vidējais gāšanās virziens ir  $27^{\circ}$  (Attēls 0.116), kas ievērojami atšķiras no citiem reģioniem (apm.  $50-60^{\circ}$ ) kas izskaidrojams ar relatīvi lielu koku skaitu, kas gāzti ZR virzienā. To visticamāk ir ietekmējušas lokālas vasaras vētras.

### 3.3.3. Ekoloģisko koku ietekme uz meža atjaunošanos (jaunaudžu strukturālā daudzveidība)

#### 3.3.3.1. Materiāls un metodika

Ekoloģisko koku ietekme uz nākamās paaudzes kokiem vērtēta tajos pašās audzēs (80 gab.), kurās vērtēts ekoloģisko koku stāvoklis.

Atjaunošanās novērtēšanai katrā audzē uzmērīta atjaunošanās apkārt 2 - 6 (parasti 4) ekoloģiskajiem kokiem. Atjaunošanās uzskaitē veikta, laukumus izvietojot no koka 4 kardinālos virzienos (Z;A;D;R). Aplveida uzskaites laukumu centri izvietoti 2m; 6m; 10m; 14m attālumā no ekoloģiskā koka. No viena ekoloģiskā koka atjaunošanās uzmērīta 2 vai 4 kardinālajos virzienos. Uzmērot kokam tikai 2 kardinālos virzienus, tie izvietoti pretējos virzienos (Z un D vai A un R). Vienā nogabalā uzmērīti 8 – 16 kardinālie virzieni (32 – 64 uzskaites laukumi).

Ja atjaunojušos kociņu vidējais augstums nogabalā mazāks par 3m, ierīkoti  $5\text{m}^2$  ( $R=1,28\text{m}$ ) lieli uzskaites laukumi, ja atjaunojušos kociņu augstums lielāks – tad  $10\text{m}^2$  ( $R=1,78\text{m}$ ).

Atjaunošanās novērtēšanai izvēlēti dzīvi (pēc iespējas veselīgāki) dažādu sugu (pārsvārā valdošās koku sugas) un dimensiju ekoloģiskie koki. Koki izvēlēti tā, lai tie atrastos pēc iespējas tālāk no citiem ekoloģiskajiem kokiem, audzes malas, grāvjiem un atstātajām paaugas grupām. Ja uzmērīti netālu esošie koki, tad kardinālo virzienu līnijas izvietotas tā, lai tās nekrustotos, un vienā uzskaites laukumā uzmērītais kociņš netiktu uzmērīts arī citā uzskaites laukumā.

Katrā uzskaites laukumā fiksēts:

meža tips;

atjaunošanās kociņu suga. Pie atjaunošanās uzskaitītas sekojošas koku sugas – P; E; B; A; M; Ba; Oz; Os;

atjaunošanās kociņu stāvs (pie viena stāva pieder koki, kas ir vismaz  $\frac{1}{2}$  no vidējā kociņu stāva augstuma). Katrai sugai iespējami 3 stāvi;

skaitis pa sugā (tiek skaitīts viens koks uz  $0,25\text{m}^2$ ). Fiksēts tikai pirmā stāva kokiem un valdošās koku sugas otrā stāva kokiem (otram stāvam nefiksē, ja audze ir kopta un otrais stāvs ir atvases (B, A, u.t.t.).

valdošās koku sugas 2 augstāko koku caurmēru un augstumu. Ja nav izteiktas valdošās sugas, tad uzmēra vairāku koku sugu kociņiem. Ja uzskaites laukumā nav neviena valdošās koku sugas kociņa, tad augstumu un caurmēru uzmēra uzskaites laukumam tuvāk esošajam valdošās koku sugas kociņiem (šos kociņus izvēloties taisnstūra laukumā (Attēls 0.117));

zemsedzes procentuālais segums un vidējais augstums (rudenī mērītajiem laukumiem nav fiksēts);

saglabātās vecās paaugas procentuālo segumu, vidējo augstumu un sugas;

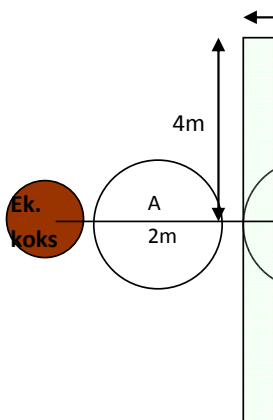
pameža procentuālo segumu, vidējo augstumu un sugas;

treilēšanas ceļa procentuālo segumu (ja iespējams atpazīt);

mineralizētās augsnes procentuālo segumu (ja iespējams atpazīt);;

ja no uzskaites laukuma centra līdz citam ekoloģiskajam kokam vai cirsmas malai attālums mazāks par 14m, tad fiksē virzienu (Z;ZA;A;DA;D;DR;R;ZR) un attālumu (0,1m) līdz tam;

ekoloģiskajam kokam uz katru mērīto kardinālo virzienu fiksē vainaga platumu.



Attēls 0.117. UL izvie

### Datu atlase un pieņēmumi:

izmanto tikai tos uzskaites laukumus, kuros attālums no ekoloģiskā koka ir mazāks nekā uzskaites laukuma attālums no audzes malas un kuros attālums līdz audzes malai ir vismaz 10 m, datu analīzē par meža tipu visiem uzskaites laukumiem pieņem pie ekoloģiskā koka novērtēto meža tipu,

datu analīzē pieņem, ka uzskaites laukuma virzienam (Z;A;D;R) nav būtiskas ietekmes uz koku augstumu, jo ekoloģiskā koka radītais noēnojums ir īslaicīgs un ekoloģiskā koka sakņu sistēmas radītā konkurence ir vienāda visos virzienos,

analīzē iekļauj datus par priedi, egli, bērzu un apsi, jo pārējās koku sugas ir novērtētas nepietiekoši daudz uzskaites laukumos.

### Zemsedze

Zemsedzes projektīvais segums un zemsedzes vidējais augstums novērtēts 1582 uzskaites laukumos 44 nogabalos.

Veģetācijas (sīkkrūmu, lakstaugu) projektīvais segums procentuāli (precizitāte  $\pm 5\%$ ) un vidējais augstums (precizitāte  $\pm 0.1\text{m}$ ) vērtēts ekoloģiskā koka uzskaites laukumos, kas ierīkoti atjaunošanās uzskaitē, tas ir, 2m, 6m, 10m un 14m attālumā no koka.

Uzskaites laukumi, atkarībā no ekoloģisko koku tuvuma, izdalīti četrās funkcionālās grupās (2,6,10,14), piemēram, ja uzskaites laukuma tuvumā atrodas vēl cits koks, tad attālums ņemts no tuvākā koka. Savukārt tos uzskaites laukumus, kas ierīkoti tuvāk par 10m no nogabala malas, neanalizēja, jo rezultāti neatspoguļotu ekoloģiskā koka ietekmi, bet malas ietekmi uz zemsedzes augstumu un projektīvo segumu. Datu analīzē apvienoti pēc veģetācijas līdzīgie mežu tipi - šaurlapju kūdrēnis un šaurlapju ārenis, kā arī platlapju kūdrēnis un platlapju ārenis.

Uzskaites laukumu dati salīdzināti, izmantojot dispersijas analīzi.

### Paauga un pamežs

Paaugas un pameža katras sugas projektīvais segums un vidējais augstums novērtēts visos 3054 atjaunošanās uzskaites laukumos 80 nogabalos.

Paaugas un pameža sugas vērtētas uzskaites laukumos, ja to projektīvais segums procentuāli (precizitāte  $\pm 5\%$ ) lielāks par pieciem procentiem. Datu analīzē pameža sugas, kas sastopamas tikai dažos uzskaites laukumos, apvienotas vienā grupā. Pameža procentuālais sadalījums atkarībā no procentuālā seguma sadalīts piecās grupās:

0% – uzskaites laukumā nav uzskaitīts neviens indivīds;

10% – uzskaites laukumā pameža projektīvais segums aizņem 5%-15%;

25% – uzskaites laukumā pameža projektīvais segums aizņem 20%-30%;

40% – uzskaites laukumā pameža projektīvais segums aizņem 35%-45%;

50% – 100% – uzskaites laukumā pameža projektīvais segums aizņem 50%-100%;

Uzskaites laukuma dati salīdzināti, izmantojot pazīmes procentuālo īpatsvara analīzi.

### 3.3.3.2. Rezultāti

Atjaunošanās uzmērīta apkārt 262 ekoloģiskajiem kokiem - 160 priedēm, 48 apsēm, 12 melnalkšņiem, 10 bērziem, 8 ozoliem, 8 liepām, 7 gobām, 5 ošiem, 2 eglēm un 1 kļavas. Jaunās paaudzes koku augstums un caurmērs uzmērīts 4405 kociņiem - 2012 priedēm, 640 eglēm, 1452 bērziem un 301 apsei.

Datu analīzē, lai raksturotu ekoloģiskā koka ietekmi uz jaunās (nākamās) paaudzes koku augstumu, izmanto jaunās paaudzes koku relatīvo augstumu – katras koku sugas uzskaites laukuma 1-2 augstāko koku augstuma attiecība pret attiecīgās koku sugas pie viena ekoloģiskā koka mērīto uzskaites laukumu maksimālo augstumu (tālāk tekstā vienkāršības labad – augstums).

Priede. Aritmētiski vidējais jaunās paaudzes koku augstums attāluma grupās līdz 10 metriem savstarpēji atšķiras būtiski (starpība lielāka par 1,96 standartklūdām), bet starp attāluma grupām 10 un 14 metriem nav būtiskas augstuma starpības. Meža tipa vai tipu grupas ietvaros ekoloģiskā koka būtiska negatīva ietekme uz jaunās paaudzes koku augstumu ir tikai 2 metru attāluma grupā. (

Tabula 0.34).

Egle. Attālumam no atstātā ekoloģiskā koka nav būtiskas ietekmes uz jaunās paaudzes koku augstumu, jo lielākajā daļā gadījumu starpības starp attāluma grupām nav būtiskas, bet būtiskajām starpībām ir gadījuma raksturs nevis loģiskas tendences.

Bērzs. Aritmētiski vidējais jaunās paaudzes koku augstums 2 metru attāluma grupā ir būtiski mazāks nekā pārējās attāluma grupās. Neatkarīgi no meža tipa būtiskas augstuma starpības ir arī starp 6 un 14 metru grupām, bet meža tipa vai tipu grupas ietvaros starp šīm attāluma grupām nav konstatētas būtiskas augstuma starpības.

Apse. Aritmētiski vidējais jaunās paaudzes koku augstums starp attāluma grupām neatšķiras būtiski, tomēr 2 metru attāluma grupā tas ir ievērojami mazāks nekā pārējās attāluma grupās.

Tātad priedei, bērzam un apsei konstatēta ekoloģiskā koka būtiska negatīva ietekme uz jaunās paaudzes koku augstumu ir līdz 4 metru attālumam, lai gan negatīvas tendences atsevišķos gadījumos konstatētas līdz 8 metru attālumam (norādītie attālumi starp analizētajām grupām). Savukārt eglei attālumam no ekoloģiskā koka nav būtiskas ietekmes uz jaunās paaudzes koku augstumu.

Tabula 0.34

Jaunās paaudzes koku relatīvais augstums (Hi/Hmax) atkarībā no uzskaites laukuma attāluma līdz ekoloģiskajam kokam

Attālums no ekoloģiskā koka, m		Priede				Egle				Bērzs				Apse					
		2m	6m	10m	14m	2m	6m	10m	14m	2m	6m	10m	14m	2m	6m	10m	14m		
Meža tips	Sl	vid	0.30	0.43	0.60	0.60													
		se	0.04	0.04	0.05	0.04													
	Mr	vid	0.50	0.55	0.65	0.64													
		se	0.02	0.03	0.02	0.03													
	Ln	vid	0.61	0.67	0.66	0.63					0.35	0.54	0.68	0.74					
		se	0.02	0.03	0.03	0.03					0.04	0.08	0.06	0.07					
	Dm	vid	0.61	0.71	0.71	0.74	0.57	0.63	0.67	0.69	0.67	0.72	0.82	0.81					
		se	0.03	0.03	0.03	0.04	0.06	0.04	0.08	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03					
	Vr;Gr	vid					0.78	0.65	0.60	0.49	0.68	0.73	0.76	0.77	0.63	0.75	0.80	0.79	
		se					0.04	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	
	Mrs;Dms	vid	0.48	0.57	0.62	0.61	0.57	0.72	0.74	0.66	0.54	0.69	0.72	0.71					
		se	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03					
	Vrs;Grs	vid					0.47	0.72	0.76	0.74	0.57	0.72	0.77	0.76					
		se					0.05	0.07	0.08	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04					
	Nd	vid									0.51	0.56	0.62	0.55					
		se									0.05	0.05	0.06	0.06					
	Am;Km	vid	0.47	0.67	0.65	0.66													
		se	0.05	0.04	0.05	0.05													
	As;Ks	vid	0.58	0.75	0.68	0.66	0.60	0.65	0.68	0.67	0.63	0.71	0.71	0.80	0.49	0.66	0.68	0.63	
		se	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.06	0.06	0.15	0.15	
Ap;Kp	vid									0.58	0.69	0.76	0.69	0.74	0.78	0.72	0.71		
	se									0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03	0.05	0.07		
Kopā	vid	0.52	0.60	0.65	0.64	0.59	0.67	0.70	0.65	0.58	0.69	0.73	0.75	0.62	0.71	0.74	0.71		
	se	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04		

vid - aritmētiski vidējais relatīvais (Hi/Hmax) augstums; se - standartklūda

N- priede-1055; egle-352; bērzs – 858; apse-157.

Zemsedzes augstuma aritmētiski vidējās vērtības variē no 0.30±0.12m (±standartklūda) lānā līdz pat 1.01±0.4m platlapju kūdrēnī

Dati atspoguļo, ka visos 2m uzskaites laukumos zemsedzes augstums ir mazāks nekā tajos uzskaites laukumos, kas ierīkoti tālāk no ekoloģiskā koka, piemēram, lānā 2m zemsedzes vidējais aritmētiskais augstums ir 0.31±0.03m, bet 14m attālumā no ekoloģiskā koka - 0.5±0.03m. Lielākajā daļā meža tipu uzskaites laukumos var novērot sakarību - jo tālāk uzskaites laukums no ekoloģiskā koka, jo augstāks zemsedzes vidējais augstums (

Tabula 0.42)

Tabula 0.35

Zemsedzes augstums atkarībā no meža tipa un attāluma grupas no ekoloģiskā koka, m

MT	Rādītāji	Attālums no ekoloģiskā koka, m				Kopā
		2	6	10	14	
Sl	Vid	0.33	0.40	0.44	0.42	0.39
	SE	0.05	0.02	0.04	0.04	0.09
	N	24	39	18	13	94
Mr	Vid	0.26	0.33	0.32	0.30	0.30
	SE	0.03	0.03	0.03	0.04	0.12
	N	57	54	53	40	204
Ln	Vid	0.31	0.37	0.47	0.50	0.40
	SE	0.03	0.03	0.07	0.08	0.20
	N	61	62	50	39	212
Dm	Vid	0.49	0.60	0.56	0.62	0.57
	SE	0.09	0.10	0.10	0.14	0.28
	N	24	32	29	21	106
Vr	Vid	0.65	0.74	0.79	0.79	0.74
	SE	0.10	0.09	0.11	0.15	0.25
	N	18	21	16	16	71
Gr	Vid	0.37	0.46	0.48	0.56	0.46
	SE	0.10	0.12	0.15	0.26	0.29
	N	15	17	14	11	57
Mrs	Vid	0.33	0.38	0.35	0.37	0.36
	SE	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08
	N	45	47	40	30	162
Dms	Vid	0.38	0.53	0.59	0.54	0.51
	SE	0.06	0.12	0.14	0.12	0.24
	N	22	17	19	18	67
Vrs	Vid	0.70	0.74	0.69	0.74	0.72
	SE	0.08	0.09	0.11	0.12	0.22
	N	22	24	19	13	78
Grs	Vid	0.57	0.63	0.66	0.80	0.65
	SE	0.24	0.20	0.24	0.28	0.35
	N	9	10	10	6	35
Nd	Vid	0.48	0.56	0.64	0.50	0.55
	SE	0.16	0.16	0.23	0.17	0.39
	N	16	20	17	16	69
As; Ks	Vid	0.76	0.88	0.98	1.02	0.90
	SE	0.10	0.10	0.11	0.11	0.43
	N	75	74	58	50	255
Ap; Kp	Vid	0.94	1.04	1.02	1.09	1.01
	SE	0.11	0.11	0.13	0.15	0.40
	N	55	46	32	28	160

Vid - aritmētiski vidējais zemsedzes augstums, m

SE - 1.96\*standartklūda

MT- meža tips

N- uzskaites laukumu skaits

Veicot dispersijas analīzi, statistiski būtiska atšķirība starp zemsedzes vidējo augstumu un uzskaites laukuma attālumu no ekoloģiskā koka novērojama oligotrofos meža tipos – silā, mētrājā un lānā (



Tabula 0.36). Tuvāk ekoloģiskam kokam (2m) sastopama zemsedze ar zemāku vidējo augstumu nekā 14m attālumā no koka. Mezatrofos un eitrofos meža tipos zemsedzes kopējā augstuma izmaiņās nav novērotas šādas statistiski būtiskas sakarības, apstiprinot, ka izmaiņas viena meža tipos ir bijušas niecīgas. Kā izņēmums ir šaurlapju kūdrenis un šaurlapju ārenis, kur pastāv statistiski būtiska atšķirība starp uzskaites laukumiem, kas atrodas tālāk no ekoloģiskā koka. Taču statistiskās atšķirības rezultātos skaidrojamas kā nenozīmīgas, jo starpība starp veģetācijas vidējo augstumu uzskaites laukumos ir tikai 0.1m.

Tabula 0.36

Dispersijas analīze būtiskuma rādītāji atkarība no zemsedzes projektīvā seguma, meža tipa un attāluma grupas no ekoloģiskā koka, m

MT	Attālums no ekoloģiskā koka, m					
	2			6		10
	6	10	14	10	14	14
Sl	*	*	*			
Mr	*					
Ln		*	*	*	*	
Dm						
Vr						
Gr						
Mrs						
Dms						
Vrs						
Grs						
Nd						
As; Ks				*	*	
Ap; Kp						

MT- meža tips

\*- statistiski būtiska atšķirība

Zemsedzes kopējais projektīvais segums silā sasniedz  $41.01 \pm 0.12\%$ , kas ir divas reizes mazāks kā, piemēram, platlapju kūdrēnī -  $90.78 \pm 2.62\%$ . Dispersijas analīzes rezultātā, salīdzinot zemsedzes projektīvo segumu un parauglaukuma attālumu no ekoloģiskā koka, statistiski būtiskas atšķirības ir līdzīgas kā augstuma analīzē. (Tabula 0.37, Tabula 0.38) Oligotrofos meža tipos ekoloģiskajam kokam tuvākajos parauglaukumos (2m) aizzēlums ir vidēji par 20% skrajāks nekā 6m attālumā no koka. Līdz ar to aizzēlums var radīt konkurenci tikai tiem jaunajiem kociņiem, kas atrodas tālāk no ekoloģiskā koka.

Projektīvā seguma atšķirības novērojamas arī šaurlapju kūdrēnī un šaurlapju ārenī, kas skaidrojams kā nejaušība, jo statistiskās atšķirības neatspoguļo būtisku atšķirību dabā (10%). Vairumā gadījumu meža tipa ietvaros izmaiņas ir nenozīmīgas, jo projektīvie segumi novērtēti vizuāli, kur iespējama liela varbūtība kļūdīties.

Tabula 0.37

Zemsedzes segums atkarībā no meža tipa un attāluma grupas no ekoloģiskā koka, %

MT	Rādītāji	Attālums no ekoloģiskā koka, m				Kopā
		2	6	10	14	
Sl	Vid	26.04	43.08	51.94	47.31	41.01
	SE	7.65	6.70	8.83	13.39	4.57
	N	24	39	18	13	94
Mr	Vid	43.95	62.69	71.04	72.38	61.52
	SE	6.04	6.48	4.99	6.82	3.41
	N	57	54	53	40	204
Ln	Vid	55.66	73.23	77.70	79.49	70.38
	SE	6.90	5.24	4.96	6.63	3.27
	N	61	62	50	39	212
Dm	Vid	64.79	74.84	70.69	71.67	70.80
	SE	10.82	8.13	8.84	8.77	4.56
	N	24	32	29	21	106
Vr	Vid	82.22	84.29	81.25	79.38	81.97
	SE	8.61	8.98	11.19	12.87	5.06
	N	18	21	16	16	71
Gr	Vid	59.67	67.35	76.07	73.18	68.60
	SE	15.17	14.87	12.71	20.86	7.80
	N	15	17	14	11	57
Mrs	Vid	57.89	70.96	69.25	65.83	65.96
	SE	5.53	5.06	4.96	6.27	2.81
	N	45	47	40	30	162
Dms	Vid	64.09	77.35	76.84	81.94	74.47
	SE	10.11	10.09	11.54	7.27	5.14
	N	22	17	19	18	76
Vrs	Vid	83.64	86.88	86.32	81.92	85.00
	SE	7.93	6.10	7.96	10.90	3.89
	N	22	24	19	13	78
Grs	Vid	43.89	45.00	47.00	65.83	48.86
	SE	23.20	17.83	21.33	24.85	10.65
	N	9	10	10	6	35
Nd	Vid	82.81	76.25	74.41	78.44	77.83
	SE	8.72	10.03	13.20	10.46	5.32
	N	16	20	17	16	69
As; Ks	Vid	77.60	84.46	90.69	87.20	84.40
	SE	4.93	3.51	2.86	4.70	2.16
	N	75	74	58	50	257
Ap; Kp	Vid	87.82	91.52	91.09	95.00	90.78
	SE	4.88	5.15	6.33	3.23	2.62
	N	55	46	32	28	161

Vid - aritmētiski vidējais zemsedzes augstums, m

SE - 1.96\*standartklūda

MT- meža tips

N- uzskaites laukumu skaits

Tabula 0.38

Dispersijas analīze būtiskuma rādītāji atkarība no zemeszemes projektīvā seguma, meža tipa un attāluma grupas no ekoloģiskā koka, %

MT	Attālums no ekoloģiskā koka, m					
	2			6		10
	6	10	14	10	14	14
Sl	*	*				
Mr	*	*	*			
Ln	*	*	*			
Dm						
Vr						
Gr						
Mrs	*	*				
Dms						
Vrs						
Grs						
Nd						
As; Ks		*	*			
Ap; Kp						

MT- meža tips

\*- statistiski būtiska atšķirība

### Paaugas un pameža rezultāti

Lai gan paaugas un pameža sugas uzskaitītas visos uzskaites laukumos, objektīvu datu salīdzināšanas analīzi ar atjaunošanos datiem nav iespējams veikt, jo gandrīz visos objektos veikta kopšana. Tāpēc rezultātiem, tāpat kā veģetācijas datiem, ir tikai reprezentatīva - aprakstoša nozīme.

Kopumā visos objektos uzskaitītas 10 paaugas un 14 pameža sugas. Aplūkojot pameža un paaugas sugu sastopamību dažādos meža tipos, visbiežāk pameža un paaugas sugu sastopamas gāršā (81.36%), bet vismazāk- silā- 3.38% (Tabula 0.39).

Tabula 0.39

Pameža un paaugas sugu procentuālā sastopamība meža tipos,%

MT	Sl	Mr	Ln	Dm	Vr	Gr	Mrs	Dms	Vrs	Grs	Nd	Am	As	Ap	Km	Ks	Kp
<b>Paaugas un pameža sastopamība,%</b>	3.38	7.77	17.53	48.85	76.00	81.36	8.11	25.08	77.37	75.00	58.25	2.08	41.15	50.87	43.75	61.45	71.93

Pameža procentuālajā sadalījumā atkarībā no sugas procentuālā seguma var novērot, ka 63% no visiem uzskaites laukumiem nav sastopama neviena no pameža sugām. Krasas atšķirības vērojamas starp meža tipiem- oligotrofos meža tipos apmēram tikai 10% uzskaites laukumu sastopama kāda no pameža sugām, savukārt eitrofos mežos- vairāk kā pusē uzskaites laukumu (Tabula 0.40).

Tabula 0.40

Pameža procentuālais sadalījums atkarībā no procentuālā seguma meža tipos, %

MT	Pameža procentuālais sadalījums atkarībā no procentuālā seguma, %				
	0%	10%	25%	40%	50%-100%
Sl	100%	0%	0%	0%	0%
Mr	94%	6%	0%	0%	0%
Ln	83%	16%	1%	0%	0%
Dm	52%	41%	6%	1%	0%
Vr	25%	46%	18%	6%	4%
Gr	20%	59%	17%	2%	2%
Mrs	94%	5%	0%	0%	0%
Dms	79%	18%	2%	1%	1%
Vrs	26%	58%	11%	3%	3%
Grs	33%	42%	22%	0%	3%
Nd	50%	42%	7%	1%	1%
Am	98%	2%	0%	0%	0%
As	61%	34%	3%	1%	2%
Ap	50%	39%	7%	1%	2%
Km	56%	44%	0%	0%	0%
Ks	43%	48%	5%	2%	2%
Kp	30%	49%	16%	4%	2%
Kopā	63%	32%	7%	1%	1%

MT-meža tips

Visbiežāk sastopamās pameža sugas ir kārkli (*Salix sp.*), kas, piemēram, slapjajā gāršā aizņem  $63.89 \pm 8.01$  ( $\pm$  īpatsvara reprezentatīvā kļūda) lielu procentuālo īpatsvaru, krūklī (*Rhamnus frangula*), pīlādži (*Sorbus aucuparia*) un lazdas (*Corylus avellana*).

Silā, mētrājā, mētru ārenī, kur pēc literatūras datiem parasti pamežs nav sastopams vai arī ir ļoti rets, uzņēmītie dati arī apstiprina šo sakarību. Salīdzinot savstarpēji eitrofos meža tipus vislielākais sugu procentuālais īpatsvars novērojams gāršā, vērī, slapjajā gāršā (Tabula 0.41).

Tabula 0.41

Pameža sugu sastopamība un procentuālais īpatsvars atkarībā no meža tipa

MT	Rādītāji	Pameža sugu procentuālais īpatsvars,%								N
		Kārkli	Kadiķi	Pīlādži	Krūklji	Lazdas	Ievas	Sauserži	Irbenes, segliņi, plūškoki, mežābele alpu vērene	
Sl	Īpatsvars,%	0	0	0	0	0	0	0	0	148
	Īpatsvara repr. kļ	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mr	Īpatsvars,%	2.83	0	0	3.18	0	0	0	0	283
	Īpatsvara repr. kļ	0.99	0	0	1.04	0	0	0	0	
Ln	Īpatsvars,%	6.87	1.72	7.90	1.72	0	0	0.34	0	291
	Īpatsvara repr. kļ	1.48	0.762	1.58	0.76	0	0	0.34	0	
Dm	Īpatsvars,%	24.62	0.77	8.08	8.85	13.08	0.77	0	1.92	260
	Īpatsvara repr. kļ	2.67	0.542	1.69	1.76	2.09	0.54	0	0.85	
Vr	Īpatsvars,%	34.00	0	12.80	7.60	38.40	2.40	1.60	1.20	250
	Īpatsvara repr. kļ	3.00	0	2.11	1.68	3.08	0.97	0.79	0.69	
Gr	Īpatsvars,%	37.29	0	10.17	18.64	15.25	1.69	20.34	6.78	59
	Īpatsvara repr. kļ	6.30	0	3.93	5.07	4.68	1.68	5.24	3.27	
Mrs	Īpatsvars,%	3.15	0	1.351	0.90	0	0.45	0	0	222
	Īpatsvara repr. kļ	1.17	0	0.77	0.63	0	0.45	0	0	
Dms	Īpatsvars,%	13.50	0	3.22	2.57	2.89	0.32	0	0	311
	Īpatsvara repr. kļ	1.94	0	1.00	0.90	0.95	0.32	0	0	
Vrs	Īpatsvars,%	45.79	0	13.68	10.00	15.79	3.68	0	2.63	190
	Īpatsvara repr. kļ	3.61	0	2.49	2.18	2.65	1.37	0	1.16	
Grs	Īpatsvars,%	63.89	0	2.78	2.78	16.67	0	0	0	36
	Īpatsvara repr. kļ	8.01	0	2.74	2.74	6.21	0	0	0	
Nd	Īpatsvars,%	25.24	0	1.94	33.98	0	0	0	0	103
	Īpatsvara repr. kļ	4.28	0	1.36	4.67	0	0	0	0	
Am	Īpatsvars,%	0	0	2.08	0	0	0	0	0	48
	Īpatsvara repr. kļ	0	0	0.02	0	0	0	0	0	
As	Īpatsvars,%	13.28	0	11.98	13.28	4.95	0.26	0	1.56	384
	Īpatsvara repr. kļ	1.73	0	1.66	1.73	1.11	0.26	0	0.63	
Ap	Īpatsvars,%	9.13	0	6.957	5.65	6.52	21.74	2.61	10.00	230
	Īpatsvara repr. kļ	1.90	0	1.68	1.52	1.63	2.72	1.05	1.98	
Km	Īpatsvars,%	0	0	6.25	37.5	0	0	0	0	16
	Īpatsvara repr. kļ	0	0	6.05	12.10	0	0	0	0	
Ks	Īpatsvars,%	29.52	0	12.05	18.67	0	6.02	0	3.01	166
	Īpatsvara repr. kļ	3.54	0	2.53	3.02	0	1.85	0	1.33	
Kp	Īpatsvars,%	5.26	0	21.05	7.02	24.56	28.07	0	3.51	57
	Īpatsvara repr. kļ	2.96	0	5.40	3.38	5.70	5.95	0.00	2.44	

MT- meža tips

N- uzskaites laukumu skaits

Īpatsvara repr. Kļ- īpatsvara reprezentīvā kļūda

Rezultātos atspoguļojas katram meža tipam raksturīgākās sugas, kaut gan kopšanas ietekmē visticamāk to projektīvais segums un procentuālais īpatsvars ir ievērojami mazāks nekā pirms kopšanas. Tāpēc arī lielākajā daļā pamežs un paauga nav ietekmējošais faktors, kas varētu ietekmēt jauno kociņu atjaunošanos.

### 3.3.4. Secinājumi

RGB ortofotoattēlos M1:10000 atpazīti aptuveni puse no dabā identificējamajiem kokiem. Biežāk netiek atpazīti relatīvi mazāki koki, kā arī grupās atstāti ekoloģiskie koki.

Priede saglabāta 80% no cirmām, apse 64% no cirmām, bērzs 57% cirmu.

Būtiski zemāka izdzīvošanas pakāpe 10 gadu periodā ir apsei (42%), salīdzinot ar vidējo rādītāju 67%.

Priedei bojā gājušie koki visbiežāk ir izgāzti (67%), savukārt apsei un bērzam vienlīdz liels ir izgāzto un nolauzto koku īpatsvars.

Izgāzto koku H/D attiecība ir augstāka nekā dzīvo koku H/D attiecība.

Dažāda veida bojājumi, kas varētu ietekmēt koku dzīvotspēju, konstatēti 89% apšu, 60% priežu. Paaugstināts vainagu caurspīdīgums (>60%) konstatēts 4% dzīvo ekoloģisko koku.

Dobumi konstatēti 10% dzīvo apšu un tikai 1% priežu. Savukārt dzeņveidīgo barošanās pēdas redzamas uz 23% atmirušo koku, bet uz 30-50% redzamas ksilofāgo kukaiņu barošanās pēdas. Lielākajā daļā Latvijas ekoloģiskie koki ir gāzti ZA virzienā, taču Latvijas austrumu daļā ir relatīvi liels koku skaits, kas gāzti arī citos virzienos, kas nozīmē, ka šajā Latvijas daļā ir nozīmīgas arī negaisa vētras, salīdzinot ar Latvijas rietumu un centrālo daļu, kurā nozīmīgākas ir ciklonu izraisītās vētras.

Ekoloģiskie koki atstāj būtisku ietekmi uz jaunās paaudzes kociņiem priedei, bērzam un apsei līdz 4m attālumā, savukārt eglei šāda sakarība nav konstatēta.

Ekoloģisko koku tiešā tuvumā zemsedze ir ar mazāku projektīvo segumu tikai oligotrofajos meža tipos.

### 3.3.5. Izmantotā literatūra

1. Березин А.М. 1963. Методы дешифрирования лесов по аэроснимкам. Изд-во Академии наук СССР [Ленинградское отд-ние], 1963 - 138 с.
2. Ramans K. 1994. Ainavrajonēšana. Grām.: G. Kavacs (red.) Latvijas daba: enciklopēdija, 1. sēj.
3. Rīga, Latvijas enciklopēdija, 23
4. Arsham, H. 1988. Kuiper's P-value as a measuring tool and decision procedure for the goodness-of-fit test. *J. Appl. Statist.* 15, 131-135.
5. Zālītis P., 2000. Mežsaimniecības pasākumu ietekmes uz vidi novērtēšanas metodikas izstrāde. LVMI Silava. ZM VMD pasūtīta pētījuma pārskats. 93.lpp.
6. Rosenvald,R., Lõhmus A, 2008. [For what, when, and where is green-tree retention better than clear-cutting? A review of the biodiversity aspects](#) Review Article *Forest Ecology and Management, Volume 255, Issue 1, 20 February 2008, Pages 1-15*
7. Lõhmus A, 2003. Do Ural owls (*Strix uralensis*) suffer from the lack of nest sites in managed forests? *Biological Conservation* 110 (2003) 1–9Lõhmus A.,Lõhmus P., 2010. Epiphyte communities on the trunks of retention trees stabilise in 5 years after timber harvesting, but remain threatened due to tree loss. *Biological Conservation* 143 (2010) 891–898
8. Runnel K., Rosenvald R., Lõhmus A. 2013. The dying legacy of green-tree retention: Different habitat values for polypores and wood-inhabiting lichens. *Biological Conservation* 159 (2013) 187–196
9. Perhans K., Appelgren L., Jonsson F., Nordin U., Söderström B., Gustafsson L. 2009 Retention patches as potential refugia for bryophytes and lichens in managed forest landscapes *Biological Conservation, Volume 142, Issue 5, May 2009, Pages 1125-1133*

### 3.4. Ekoloģisko koku epifītiskās veģetācijas novērtējums

#### 3.4.1. Darba metodika

Datu ievākšanai par ekoloģisko koku epifītisko veģetāciju ir izstrādāta veidlapa, kas sastāv no divām daļām (sk. 1. pielikumu). Pirmajā daļā atzīmē vispārīgus datus par izcirtumu: virsmežniecību, mežniecību, kvartālu, nogabalu, izcirstā meža tipu, platību, cirtes gadu. Reģistrē arī ziņas par meža atjaunošanos - atjaunojas dabiski vai kultūrā; ar kādām sugām, kāds ir to vidējais augstums un segums. Tālāk apraksta ekoloģisko koku, norādot sugu, augstumu, caurmēru krūšaugstumā, attālumu no tuvākās mežaudzes sienas; norāda, vai koks atstāts biogrupā vai atsevišķs. Atzīmē, kāda ir koka vitalitāte, kas raksturīgs tā mizai. Reģistrē koka bojājumus vai īpatnības, ja tādi ir.

Veidlapas otrā daļa veltīta epifītiskās veģetācijas raksturošanai. Tiek uzskaitītas visas sūnu un ķērpju sugas, norādot to segumu procentos atsevišķi koka ziemeļu un dienvidu pusē, koka stumbru nosacīti sadalot 3 posmos:

koka pamatne 0-0,5 m augstumā no zemes;

stumbra lejasdaļa 0,5-2 m augstumā;

stumbra augšdaļa virs 2 m.

Atsevišķi vēlreiz atzīmē retās un aizsargājamās sugas, kā arī dabisko meža biotopu (DMB) signālsugas, ja tādas ir. Ar signālsugām šai gadījumā saprot visu DMB indikatorsugu un speciālo sugu kopumu, līdzīgi, kā tas veikts Zviedrijā (Nitare (ed.) 2000).

Inventarizāciju iespējams veikt jebkurā gadalaikā bezsniega un bezsala apstākļos. Ieteicams izdarīt novērtēšanu pirmajā gadā pēc ciršanas un pēc tam reizi gadā vai retāk.

Sugu nomenklatūra: sūnām – Āboliņa, 2001, ķērpjiem – Piterāns, 2001.

#### 3.4.2. Izmēģinājuma inventarizācijas rezultāti 1999. gadā

Mežoles, Launkalnes un Valguma mežniecībās pēc izstrādātās metodikas apsekoti pavisam četrdesmit pieci kailcirtēs atstātie ekoloģiskie koki, tai skaitā 16 priedes, 16 apses, 10 bērzi, 2 melnalkšņi un 1 egle. Atzīmētas 34 sūnu sugas, tai skaitā 29 lapu sūnas un 5 aknu sūnas un 17 ķērpju sugas. Sūnām nereti ir pazemināta vitalitāte, pie tam ar pazeminātu vitalitāti sastop gan pret mikroklimata izmaiņām jutīgās sugas - viļņaino nekeru *Neckera pennata*, tievo gludlapi *Homalia trichomanoides*, gan bieži sastopamās epifītiskās sūnu sugas - lielo pūkcepureni *Ortotrichum speciosum*, ciprešu hipnu *Hypnum cupressiforme*, gan meža zemsedzes sugas, kas aug uz koku pamatnēm, piemēram, lielo spuraini *Rhytidiadelphus triquetrus*.

Sūnu sastopamība atšķiras ziemeļu un dienvidu pusē koka stumbram. Sūnu segums uz koka pamata Z pusē atzīmēts līdz 90 %, bet D pusē - līdz 70 %, stumbra lejasdaļā - Z pusē līdz 75 %, D pusē - līdz 20 %, bet augšdaļā - Z pusē līdz 10 %, bet D pusē līdz 40 %. Var secināt, ka stumbra augšdaļā ekspozīcijai vairs nav lielas nozīmes epifītu izplatībā, jo tur sastopamas tikai sausumizturīgas sugas, piemēram, ķērpji *Hypogymnia physodes*, *Platismatia glauca*. Epifītiskās sūnas augstāk par 2 m konstatētas tikai uz apsēm, bet uz priedēm to nav arī augstāk par 0,5 m. Ķērpji sastopami diezgan vienmērīgi pa visu stumbru, to sugu skaits un segums maz atkarīgs no

debes puses un augstuma uz stumbra (



Tabula 0.42.). Uz vienīgās apsekotās egles epifīti netika konstatēti.

Atšķirīgas atziņas par epifītiskās veģetācijas izplatību iegūtas Dānijā (Rasmussen 1975). Konstatēts, ka epifītu izplatība uz ošu stumbriem nav atkarīga no debess puses. Bagātīgākā epifītiskā veģetācija ir uz ošu pamatiem un stumbru "augšējās" puses, ja koks ir noliecies no vertikāla stāvokļa.

Mūsu pētījumā atzīmētas tikai divas epifītiskās sūnu signālsugas - viļņainā nekera un tievā gludlape, kas sastopamas uz apsēm. Uz apsēm atzīmēta arī bagātākā epifītu flora - 25 sūnu sugas un 10 ķērpju sugas. Tomēr tā ļoti atšķiras dažādos apsekotajos izcirtumos, kur ir dažādi augšanas apstākļi. Tā kā apsekotie izcirtumi nebija vecāki par 3 gadiem, pagaidām grūti spriest par epifītu tālāko attīstību.

Tabula 0.42

Epifītu sugu sastopamība uz dažādām koku sugām 1999. gadā

Epifītisko sūnu sugu skaits						
Koku suga	Z			D		
	0,5 m	0,5-2 m	>2 m	0,5 m	0,5-2 m	>2 m
Priede	5	0	0	1	0	0
Apse	25	12	8	19	8	4
Bērzs	10	4	0	2	0	0
Melnalksnis	5	2	0	5	0	0
Epifītisko ķērpju sugu skaits						
Priede	9	7	5	7	5	5
Apse	5	10	4	6	7	5
Bērzs	5	7	7	6	6	6
Melnalksnis	2	2	2	2	3	3

### 3.4.3. Secinājumi pēc pirmās uzskaites

1. Izmantojot izstrādāto metodiku, iespējams objektīvi novērtēt un salīdzināt epifītisko sūnu un ķērpju veģetāciju izcirtumos uz ekoloģiskajiem kokiem.
2. Lai noskaidrotu ekoloģisko koku lomu epifītu sugu saglabāšanā, nepieciešamas uzskaites ciršanas gadā un vēlāk atkārtoti, līdz izveidojas jauna mežaudze.

### 3.4.4. Ekoloģisko koku epifītiskā veģetācija – 1999. gada un 2013. gada datu salīdzinājums

2013. gada augustā - oktobrī atkārtoti apsekoti astoņi 1999. gadā pētītie objekti. Epifītiskā veģetācija pētīta sešos objektos, jo divos objektos Mežoles meža novadā ekoloģiskie koki ir gājuši bojā dabas apstākļu ietekmē (bebru darbība, vējgāzes). Pētīti kopā 30 koki – 19 priedes (tostarp trīs nokaltušas), 5 apses, 4 kļavas un 2 bērzi (viens nokaltis). Apsekotajos objektos atzīmētas 24 epifītisko sūnu, tostarp 20 lapu sūnu un 4 aknu sūnu, 14 ķērpju, kā arī divas lakstaugu sugas, kas auga uz ekoloģisko koku pamatnēm. Tālāk salīdzināti četri objekti, divi Ķemeru Nacionālajā parkā un divi Mežoles meža novadā.

Ķemeru NP Valguma mežniecība, 1999. g. 115. kv. 15. nog., 2013. g. 101. kv. 4. nog., jauktu koku As.

Objekts atrodas netālu no apdzīvotām mājām, un domājams, ka mežs šeit aug uz zemes, kas agrāk izmantota lauksaimniecībā. Saglabājušies sekli nosusināšanas grāvji, kurus vietām ietekmē bebru darbība. Izcirtums dabiski atjaunojas ar parasto egli, melnalksni, purva un āra bērzu. Zemsedzes veģetācija ir mainīga atkarībā no mitruma un apgaismojuma, bez izteiktiem dominantiem,. Vietām sastopami higrofīti – *Cirsium oleraceum*, *Eupatorium cannabinum*, *Filipendula ulmaria*, *Carex remota*, bet citur arī vidējiem mitruma un augsnes auglības apstākļiem raksturīgas meža zemsedzes sugas – *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Galebdolon luteum*, *Oxalis acetosella*. Reljefs līdzens, ar mitrākām, vietām - avotainām ieplakām.

1999. gadā epifīti vērtēti uz viena egles un četriem bērzu stumbriem, tostarp viena bērza stumbeņa. 2013. gadā šie koki nav atrodami, tāpēc vērtētas četras kļavas un viena priede. Līdz ar to objektīvs epifītu daudzuma salīdzinājums uz atsevišķiem stumbriem un ekoloģisko koku sugām nav iespējams, bet var raksturot epifītu sugu sastāvu objektā kopumā. 3.31.tabulā parādīta sūnu un ķērpju sugu skaita dinamika dažādā augstumā uz ekoloģisko koku stumbriem.



Tabula 0.43

Epifītu sugu skaita izmaiņas jauktu koku šaurlapju ārenī.

Novietojums uz stumbra, epifītu grupa	Sugu skaits	
	1999.	2013.
0-0,5 m H		
Sūnas	9	12
Ķērpji	2	1
0,5-2 m H		
Sūnas	2	5
Ķērpji	3	7
> 2 m H		
Sūnas	0	5
Ķērpji	4	7

Uz koku pamatnēm 0-0,5 m augstumā 2013. gadā atrastas septiņas sūnu sugas, kas netika konstatētas 1999. gadā: *Amblystegium serpens*, *Brachytheciastrum velutinum*, *Brachythecium rutabulum*, *Orthotrichum speciosum*, *Pylaisia polyantha*, *Radula complanata*, *Ulota crispa*. Atkārtoti nav atrastas 4 sūnu sugas: *Dicranum scoparium*, *Hypnum pallescens*, *Plagiothecium laetum* un viena ķērpju suga *Hypogymnia physodes*.

Stumbru lejasdaļā 0,5-2 m augstumā atrastas četras sūnu sugas, kas netika konstatētas 1999. gadā: *Hypnum cupressiforme*, *Lophocolea heterophylla*, *Orthotrichum speciosum*, *Ulota crispa*, kā arī 5 ķērpju sugas (sugas, kas nav izveidojušas apotēcijus, noteiktas tikai līdz ģintij): *Cladonia sp.*, *Lecanora sp.*, *Lecidella sp.*, *Melanelia sp.* un *Parmelia sulcata*. Atkārtoti nav atrastas divas sūnu un viena ķērpju suga: *Dicranum montanum*, *Plagiothecium laetum* un *Platizmatia glauca*.

Uz stumbriem augstāk par 2 m 1999. gadā epifītu bija ļoti maz – atzīmētas tikai 4 ķērpju sugas, bet sūnas nav konstatētas. Līdz ar to no jauna atrasts lielākais sugu skaits – piecas sūnu un 3 ķērpju sugas. Tās ir sūnas *Dicranum scoparium*, *Hypnum cupressiforme*, *Orthotrichum speciosum*, *Radula complanata* un *Ulota crispa*, kā arī ķērpji *Melanelia sp.*, *Lecanora sp.* un *Parmelia sulcata*.

Secinājums. Pētītajā objektā ievērojami palielinājusies epifītisko ķērpju un sūnu sugu daudzveidība. Tam ir arī subjektīvs iemesls – pirmajā uzskaitē apskatīti tikai koki ar skābu mizas reakciju (egle, bērzs), bet atkārtotajā - ar dažādu - gan skābu (priede), gan arī bāzisku – parastā kļava. Pirmajā uzskaitē nav konstatēta neviena reta vai aizsargājama suga vai DMB signālsuga. Atkārtotā uzskaitē atzīmēta viena DMB indikatorsuga – sūna *Ulota crispa*. Pārējās sugas ir bieži sastopamas uz dažādu koku stumbriem un zariem, dažas arī uz citiem substrātiem – trupošas koksnes vai augsnes un akmeņiem, piemēram, *Amblystegium serpens*, *Brachytheciastrum velutinum*, *Brachythecium rutabulum*, *Hypnum cupressiforme*, un ir tikai fakultatīvi epifīti.

Ķemeru NP Valguma mežniecība, 1999. g. 75. kv. 8. nog., 2013. g. 44. kv. 11. nog., priežu Dm.

Objekts atrodas daudzveidīga meža masīva centrā, gar nogabala rietumu malu tek dabisks strauts. Izcirtums atjaunots ar parasto priedi. Zemsedzes veģētācijā dominē vidēji auglīgiem skuju koku mežiem raksturīgas augu sugas – lakstaugu un sīkrūmu stāvā *Calamagrostis arundinacea*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, klajākās vietās arī *Pteridium aquilinum*, bet sūnu stāvā *Dicranum spp.*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum spp.* Reljefs paugurains.

1999. gadā epifīti vērtēti uz viena bērza un četriem priedes stumbriem. 2013. gadā arī vērtētas četras priedes un bērzs. Viena no priedēm un bērzs novērtēti atkārtoti. 3.32 tabulā parādīta sūnu un ķērpju sugu skaita dinamika dažādā augstumā uz ekoloģisko koku stumbriem.

Tabula 0.44

Epifītu sugu skaita izmaiņas priežu damaksnī.

Novietojums uz stumbra, epifītu grupa	Sugu skaits	
	1999.	2013.
0-0,5 m H		
Sūnas	4	3
Ķērpji	2	3
0,5-2 m H		
Sūnas	1	2
Ķērpji	3	4
> 2 m H		
Sūnas	0	0
Ķērpji	1	2

Uz koku pamatnēm 0-0,5 m augstumā 2013. gadā atrasta viena sūnu suga, kas netika konstatēta 1999. gadā – *Hypnum cupressiforme* un viena ķērpju suga *Hypogymnia physodes*. No jauna atzīmēti arī ķērpji *Cladonia chloropaea* un *C. coniocraea*, bet jādomā, ka šīs sugas pirmajā uzskaitē nav noteiktas apotēciju trūkum dēļ, jo atzīmēta tikai *Cladonia* sp.. Atkārtoti nav atrastas divas sūnu sugas: *Dicranum scoparium* un *Pohlia nutans*, kā arī viena ķērpju suga *Parmeliopsis ambigua*. Aknu sūna *Ptilidium pulcherrimum* uz bērza 1999. gadā tika atzīmēta kā „nokaltusi”, bet 2013. gadā tā ir atjaunojusies.

Stumburu lejasdaļā 0,5-2 m augstumā atrasta viena sūnu suga, kas netika konstatēta 1999. gadā - *Ptilidium pulcherrimum*, kā arī 2 ķērpju sugas *Cladonia coniocraea* un *Vulpicida pinastri*. Atkārtoti nav atrastas tikai viena ķērpju suga - *Parmeliopsis ambigua*.

Uz stumbriem augstāk par 2 m 1999. gadā epifītu bija un 2013. gadā joprojām ir ļoti maz – abās uzskaitēs atzīmēta tikai *Hypogymnia physodes*, bet 2013. gadā vēl arī *Cladonia* sp..

Secinājums. Pētītajā objektā epifītisko ķērpju un sūnu sugu daudzveidība gandrīz nav mainījusies, bet ir uzlabojusies epifītu vitalitāte un palielinājies projektīvais segums uz stumbriem. Abās uzskaitēs nav konstatēta neviena reta vai aizsargājama suga vai DMB signālsuga. Visas atzīmētās sugas ir bieži sastopamas uz skujkoku stumbriem, nereti arī uz trupošas koksnes.

Meža pētīšanas stacijas Mežoles meža novads, 1999. gadā Mežoles mežn. 108. kv. 20., 21. nog. („Kazarmu apses”), jauktu koku Vr.

Objekts atrodas vietējas nozīmes grants ceļa malā. Izcirtums atjaunojies ar parasto egli (līdz 7 m H), bērzu (līdz 10 m H), parasto kļavu (līdz 15 m H), baltalksni (līdz 8 m H), kā arī atsevišķiem parastās liepas un parastā gobas eksemplāriem. Krūmu stāvā dominē līdz 3 m augstas lazdas, sastop arī *Lonicera xylosteum*, *Salix caprea*, *Daphne mezereum*. Zemsedzi veido auglīgiem mežiem raksturīgas sugas – lakstaugi *Athyrium filix-femina*, *Aegopodium podagraria*, *Pulmonaria obscura*, *Galebdolon luteum*, *Galium odoratum* un sūnas *Plagiomnium undulatum*, *Plagiochila asplenoides*. Mitrum apstākļi nevienmērīgi, vietām mitrākās vietās sastop *Calamagrostis canescens*, *Filipendula ulmaria*, *Lysimachia vulgaris*, *Myosoton aquaticum*.

Kā ekoloģiskie koki izcirtumā atstātas tikai apses. Gan 1999., gan 2013. gadā epifītiskā veģetācija vērtēta uz piecām apsēm. Viena apse vērtēta atkārtoti. 3.33.tabulā parādīta sūnu un ķērpju sugu skaita dinamika dažādā augstumā uz ekoloģisko koku stumbriem.

Tabula 0.45

Epifītu sugu skaita izmaiņas jauktu koku vēri

Novietojums uz stumbra, epifītu grupa	Sugu skaits	
	1999.	2013.
0-0,5 m H		

Sūnas	11	16
Ķērpji	1	2
Lakstaugi	0	2
0,5-2 m H		
Sūnas	8	10
Ķērpji	3	2
> 2 m H		
Sūnas	3	6
Ķērpji	0	1

Uz koku pamatnēm 0-0,5 m augstumā 2013. gadā atrastas astoņas sūnu sugas, kas netika konstatēta 1999. gadā – *Amblystegium subtile*, *Brachythecium rutabulum*, *Cirriphyllum piliferum*, *Climacium dendroides*, *Eurhynchium angustirete*, *Orthotrichum speciosum*, *Plagiochila porelloides* un *Plagiomnium affine*, kā arī viena ķērpju suga *Lecanora sp.*. Atkārtoti nav atrastas trīs sūnu sugas: *Dicranum scoparium*, *Dicranum sp.* un *Hypnum cupressiforme*.

Stumbru lejasdaļā 0,5-2 m augstumā atrastas četras sūnu sugas, kas netika konstatēta 1999. gadā – *Ablystegium serpens*, *A. subtile*, *Hypnum cupressiforme* un *Orthotrichum obtusifolium*. Atkārtoti nav atrasta tikai viena ķērpju suga – *Graphis scripta* un viena sūnu suga *Hypnum pallescens*.

Uz stumbriem augstāk par 2 m atzīmētas trīs iepriekš nekonstatētas sūnu sugas *Ablystegium serpens*, *A. subtile* un *Sanionia uncinata*, kā arī viena ķērpju suga *Lecanora sp.*

**Secinājums.** Pētītajā objektā ievērojami palielinājusies epifītisko sūnu sugu daudzveidība, bet ķērpju daudzveidība gandrīz nav mainījusies. Abās uzskaitēs atzīmētas DMB indikatorsugas *Neckera pennata*, *Homalia trichomanoides* un *Ulota crispa*. Īssetas nekerai *Neckera pennata* un tievajai gludlapei *Homalia trichomanoides* ir palielinājies projektīvais segums uz apšu stumbriem.

Meža pētīšanas stacijas Mežoles meža novads, 1999. gadā Mežoles mežn. 74. kv. 5. nog. („Pie nekailciršu parauglaukuma”), priežu Ln (zemsedze vairāk atbilst Mrs).

Objekts atrodas meža ceļa ziemeļu malā. Izcirtums atjaunots ar parasto priedi. Dabiski atjaunojas arī āra un purva bērzs, parastā egle, parastā apse. Zemsedzi veido nabadzīgiem vai vidēji auglīgiem mežiem ar mainīgu mitruma režīmu raksturīgas sugas, galvenokārt sīkkrūmi *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *V. uliginosum*, *Calluna vulgaris* un graudzāles *Molinia caerulea*, *Calamagrostis epigeios*. Sūnu stāvā dominē bieži sastopamas meža zemsedzes sugas *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Dicranum polysetum*, *Ptilium crista-castrensis*, *Sphagnum capillifolium* *Polytrichum juniperinum*. Reljefs gandrīz līdzens ar lēzeniem pacēlumiem un ieplakām, mikroreljefs ciņains.

Kā ekoloģiskie koki izcirtumā atstātas tikai priedes. Gan 1999., gan 2013. gadā epifītiskā veģetācija vērtēta uz piecām priedēm. Divas priedes vērtētas atkārtoti. 3.34. tabulā parādīta sūnu un ķērpju sugu skaita dinamika dažādā augstumā uz ekoloģisko koku stumbriem.

Tabula 0.46

Epifītu sugu skaita izmaiņas priežu slapjajā mētrājā.

Novietojums uz stumbra, epifītu grupa	Sugu skaits	
0-0,5 m H	1999.	2013.
Sūnas	0	3
Ķērpji	5	4
0,5-2 m H		
Sūnas	0	0
Ķērpji	5	6

> 2 m H		
Sūnas	0	0
Ķērpji	4	5

Uz koku pamatnēm 0-0,5 m augstumā 2013. gadā atrastas trīs sūnu sugas, kas netika konstatētas 1999. gadā – *Dicranum scoparium*, *Pleurozium schreberi* un *Ptilidium pulcherrimum* un viena ķērpju suga *Hypogymnia physodes*. Atkārtoti nav atzīmēta viena ķērpju suga *Usnea hirta*.

Stumbru lejasdaļā 0,5-2 m augstumā sūnas nav konstatētas. No jauna atzīmētas divas ķērpju sugas *Melanelia sp. un Vulpicida pinastri*. Atkārtoti nav atrastas divas ķērpju sugas – *Cladonia sp. un Pseudevernia furfuracea*.

Arī uz stumbriem augstāk par 2 m ne 1999. gadā, ne 2013. gadā sūnas nav konstatētas, bet no jauna uz trim kokiem atzīmēts tikai ķērpis *Pseudevernia furfuracea*, ko uzskata par samērā tīra gaisa indikatoru.

**Secinājums.** Pētītajā objektā epifītisko ķērpju sugu daudzveidība gandrīz nav mainījusies, bet stumbru lejasdaļā ir atrastas trīs sūnu sugas, kas netika atzīmētas pirmajā uzskaitē. Abās uzskaitēs nav konstatēta neviena reta vai aizsargājama suga vai DMB signālsuga. Visas atzīmētās sugas ir bieži sastopamas uz skujkoku stumbriem, nereti arī uz trupošas koksnes.

### 3.4.5. Kopējie secinājumi par salīdzinātajiem objektiem

Pētītajos objektos 13 gadu laikā gandrīz nav mainījusies epifītisko ķērpju sugu sastopamība, bet ir palielinājusies epifītisko sūnu sugu daudzveidība un projektīvais segums, ir uzlabojusies sūnu vitalitāte.

Ekoloģiskie koki izcirtumos kopumā pozitīvi vērtējami no sūnu un ķērpju sugu daudzveidības saglabāšanas viedokļa. Ja arī koks aiziet bojā, tā koksne (sausoknis – stumbe – kritala) kalpo kā dzīvotne epiksīlajām sugām.

Epifītisko sūnu sugu daudzveidība saglabāšanā lielākā nozīme ir izcirtumos saglabātajiem lapu kokiem (mūsu pētījumā - parastajai apsei, parastajai kļavai), bet ķērpjiem ir svarīgi gan lapu, gan skuju koki.

Atsevišķi augoši ekoloģiskie koki ir maz noderīgi pret mikroklimata izmaiņām jutīgu epifītisko sugu saglabāšanai. Lai aizsargātu šādas sugas, jāaizsargā viss nogabals vai vismaz koku biogrups.

### 3.4.6. Izmantotā literatūra

1. Āboliņa A., 1994. Latvijas retās un aizsargājamās sūnas. LU Ekoloģiskā centra apgāds "Vide", Rīga, 24 lpp.
2. Āboliņa A., 2001. Latvijas sūnu saraksts. Latvijas Veģetācija, Rīga, 47.-87. lpp.
3. Gustafsson L., Fiskesjö A., Hallingbäck T., Ingelög T., Pettersson B., 1992. Semi-natural deciduous broadleaved wood in Southern Sweden - habitat factors of importance to some bryophyte species. Biological Conservation 59:175-181.
4. Hallingbäck T., 1991. Mossor som indikatorer på skyddsvärd skog. Svensk. Bot. Tidskr. 85:321-332.
5. Mežaka, A., Znotiņa, V., 2006. Epiphytic bryophytes in old growth forests of slopes, screes and ravines in north-west Latvia. Acta Universitatis Latviensis 710: 103–116.
6. Mežaka, A., Znotiņa, V., Piterāns, A., 2005. Distribution of epiphytic bryophytes in five Latvian natural forest stands of slopes, screes and ravines. Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis 5(2): 101–108.
7. Nitare J. (ed.) 2000. Signalarter. Indikatorer på skyddsvärd skog. Flora över kryptogamer. Skogsstyrelsens Förlag, 384. p.
8. Piterāns A. 2001. Latvijas ķērpju konspekts. Latvijas Veģetācija, Rīga, 5.-46. lpp.
9. Rasmussen L., 1975. The bryophytic epiphyte vegetation in the forest, Slotved Skov, Northern Jutland. Lindbergia 3:15-38.

10. Suško U., 1998. Latvijas dabiskie meži. Pētījums par bioloģiskās daudzveidības struktūrām, atkarīgajām sugām un meža vēsturi. WWF - Pasaules Dabas fonds. Rīga, 186 lpp.
11. Аболинь А., 1968:..Листостебельные мхи Латвийской ССР. - Рига, "Зинатне", 329 с.

### 3.4.7. Pielikumi

#### 1. pielikums

Ekoloģisko koku epifītiskās veģetācijas novērtējums

Koka numurs

Virsmēžniecība

Mežniecība

Kv. Nog.

Izcirtuma raksturojums

Izcirstā meža tips

Platība, ha

Cirtes gads

Meža atjaunošanās, norādot sugas:

Augstums

Segums %

Kultūrā

Dabiskā atjaunošanās

Koka raksturojums

Suga

Augstums

Caurmērs 1,3m H

Attālums no mežaudzes

Biogrupa

Vitalitāte: laba  vidēja  pazemināta

Koka mizas raksturojums

Gluda  rievaina  dziļi rievaina  atsevišķas rievās

tāss  kreve

Koka bojājumi

Koka īpatnības

Epifītiskās veģetācijas raksturojums

Suga, %	Z pusē	D pusē
1. Koka pamats 0-0,5 m H		
2. Stumbra lejasdaļa 0,5-2 m H		



3. Stumbra augšdaļa virs 2 m H		

Retās un aizsargājamās sugas

Piezīmes

Datums

Inventarizētāja paraksts:

## 2. pielikums

Epifītisko sūnu un ķērpju sugu segums % uz stumbriem 1999. un 2013. gadā.

Apzīmējumi: suga atzīmēta tikai 1999. gadā – brūns; suga atzīmēta tikai 2013. gadā – violets; suga atzīmēta abās uzskaitēs – nav iekrāsojuma; nok. – suga nokaltusi.

tabula

Objekts	Valguma mežn. 115-15, 1999.										Valguma mežn. 101-4, 2013.										
	A		B		C		D		E		1		2		3		4		5		
Koka Nr.	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	
Ekspozīcija/ H uz stumbra/ Suga																					
0-0,5 m																					
<i>Amblystegium serpens</i>												9	5	1							
<i>Brachytheciastrum velutinum</i>															10						
<i>Brachythecium salebrosum</i>					2										30	10					
<i>Brachythecium rutabulum</i>											10	1									
<i>Cladonia sp.</i>			5		1		1										1	1			
<i>Dicranum montanum</i>			10	5													1				
<i>Dicranum scoparium</i>			10																		
<i>Hypnum cupressiforme</i>	1												80	10						15	5
<i>Hypnum pallescens</i>						1															
<i>Hypogymnia physodes</i>				1	3	1	1														
<i>Lophocolea heterophylla</i>							1										1				
<i>Orthotrichum speciosum</i>																				1	2
<i>Plagiothecium curvifolium</i>							1										1				
<i>Plagiothecium laetum</i>										1											
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>				nok	1																
<i>Pylaisia polyantha</i>																					1
<i>Radula complanata</i>																				10	1
<i>Tetraphis pellucida</i>			10																		
<i>Ulota crispa</i>																					1

Objekts	Valguma mežn. 115-15, 1999.										Valguma mežn. 101-4, 2013.									
	A		B		C		D		E		1		2		3		4		5	
Koka Nr.	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D
0,5-2 m																				
<i>Cladonia sp.</i>																3	1			
<i>Dicranum montanum</i>			5																	
<i>Evernia prunastri</i>				1									1	20					1	1
<i>Hypnum cupressiforme</i>																			1	
<i>Hypogymnia physodes</i>			5	10	20		1	1					5	20						
<i>Lecanora sp.</i>											1									
<i>Lecidella sp.</i>											1		1						1	
<i>Lophocolea heyerophylla</i>																	1			
<i>Melanelia sp.</i>														5	1					1
<i>Orthotrichum speciosum</i>																			3	1
<i>Parmelia sulcata</i>													30		10	5			1	1
<i>Plagiothecium laetum</i>				nok																
<i>Platizmatia glauca</i>			1																	
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>				nok									1		5					
<i>Ulota crispa</i>															1	1				
>2 m																				
<i>Cladonia sp.</i>			1														1	1		
<i>Dicranum scoparium</i>																	1			
<i>Evernia prunastri</i>			1										70	50	50	20			1	1
<i>Hypnum cupressiforme</i>																			50	
<i>Hypogymnia physodes</i>			20	10	10		1						5	5	1					
<i>Melanelia sp.</i>																				1
<i>Orthotrichum speciosum</i>																			15	
<i>Parmelia sulcata</i>													5	5	20	5				
<i>Lecanora sp.</i>																5				

Objekts	Valguma mežn. 115-15, 1999.										Valguma mežn. 101-4, 2013.									
	A		B		C		D		E		1		2		3		4		5	
Koka Nr.	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D
Ekspozīcija/ H uz stumbra/ Suga																				
<i>Platizmatia glauca</i>			50	1																
<i>Radula complanata</i>																				1
<i>Ulota crispa</i>															1					

tabula

Objekts	Valguma mežn. 75-8, 1999.										Valguma mežn. 44-11, 2013.									
	A4		B4		C4		D4		E4		1=C		2		3		4		5	
Koka Nr.	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D
Ekspozīcija/ H uz stumbra/ Suga	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D
0-0,5																				
Cladonia sp.	5		1		1		1	1	1	1					10	1			20	10
Cladonia clorophaea											1	5								
Cladonia coniocraea											1	5	30	20			15	5		
Dicranum montanum	5	1	1	1	1	1		1	1		1		3	1	1					
Dicranum scoparium					1					1										
Hypnum cupressiforme																	1			
Hypogymnia physodes													1							
Parmeliopsis ambigua						1	1	1	1	1										
Pohlia nutans					1															
Ptilidium pulcherrimum	nok												10							
0,5-2																				
Cladonia sp.	2									1					1	1	5	1	1	1
Cladonia coniocraea											1	1	5	10						
Vulpicida pinastri											1									
Dicranum montanum	1												1							
Hypogymnia physodes	1	1						1	1				5	5						
Parmeliopsis ambigua								1	1	1										
Ptilidium pulcherrimum													3							
>2																				
Cladonia sp.													1					1		
Hypogymnia physodes	1	1											1	10						

tabula

Objekts, gads	Mežole, Kazarmu apses 1999.										Mežole, Kazarmu apses 2013.									
	A		B		C		D		E		1		2		3		4=C		5	
Koka Nr.	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D
0-0,5																				
<i>Amblystegium serpens</i>		1		2		1	1	1	1	1				1						10
<i>Amblystegium subtile</i>											5	10			10	30		10		
<i>Lecanora sp.</i>					1						1	1		1				1		
<i>Brachythecium rutabulum</i>											1	5	5	20	1	10	50	50		5
<i>Brachythecium salebrosum</i>	3	10	2	5			20	5	1	5	1				1	1				
<i>Cirriphyllum piliferum</i>																				10
<i>Climacium dendroides</i>											5	2								
<i>Dicranum scoparium</i>	1																			
<i>Dicranum sp.</i>									1											
<i>Eurhynchium angustirete</i>															2		10			
<i>Galeobdolon luteum</i>																	1			
<i>Homalia trichomanoides</i>	50	3	40	3	20	1	1	1	30	10	70	50	60	50		1	1		70	20
<i>Hypnum cupressiforme</i>						10	2													
<i>Lecidella sp.</i>														1	1	1		1		1
<i>Neckera pennata</i>	1		1		1				1		3	1	30	3	10	1	5			
<i>Orthotrichum speciosum</i>												1								
<i>Oxalis acetosella</i>													1		1					
<i>Plagiochila porelloides</i>											1		2		1					
<i>Plagiommium affine</i>											1									
<i>Plagiommium cuspidatum</i>	1		1		1						1					1		1		1
<i>Pylaisia polyantha</i>		1									1	1		1		1		1		
<i>Radula complanata</i>		1			1				1		3	1		1			5	1		2
<i>Sanionia uncinata</i>	20		1		1	1	1		3	2				1	10					5

Objekts, gads	Mežole, Kazarmu apses 1999.										Mežole, Kazarmu apses 2013.										
	A		B		C		D		E		1		2		3		4=C		5		
	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	
0,5-2																					
<i>Amblystegium serpens</i>											2	1									
<i>Amblystegium subtile</i>													1	1							
<i>Lecanora sp.</i>	50				20		5		30	70	10	10	4	2	5	1	5	1	5	3	
<i>Graphis scripta</i>					5																
<i>Hypnum cupressiforme</i>																					1
<i>Hypnum pallescens</i>	1																				
<i>Lecidella sp.</i>					2		1		10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Neckera pennata</i>	20						1				1		30		10	5	30				
<i>Orthotrichum obtusifolium</i>												1									
<i>Orthotrichum speciosum</i>	1									1		1				1	1	1	1	1	1
<i>Pylaisia polyantha</i>	1										3	1	10	1	1	5	1	1			1
<i>Radula complanata</i>	5	1	1		3		1		3	1			10	1	5	1	1	1	5	1	
<i>Sanionia uncinata</i>	5	1			1		1		2	1					5						
<i>Ulota crispa</i>	1								1				1								
>2																					
<i>Amblystegium serpens</i>											1	1									
<i>Amblystegium subtile</i>															1		1				
<i>Lecanora sp.</i>											1	1									
<i>Orthotrichum speciosum</i>									1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
<i>Pylaisia polyantha</i>	1										1	1	1		1	1	1	1			
<i>Radula complanata</i>	1				1		1						1				1	1			1
<i>Sanionia uncinata</i>																	1				

tabula

Objekts/ Gads	Mežole 74-5, 1999										Mežole 74-5, 2013										
	A		B		C		D		E		1		2		3		4=B		5=C		
	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	Z	D	
0-0,5																					
Cladonia sp.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	10	10	1	5	3	1	1	3	1	
Dicranum scoparium													1								
Hypogymnia physodes		1	10	3	10	1	1	1	5	3			30	1	20	1	15	3	15	1	
Parmeliopsis ambigua			1	1			1		1	1	1	5	1		1		1				
Platizmatia glauca			5	1	1	1	1		1	1	1		3	1			5	1	1		
Pleurozium schreberi											1		1		1		1		1		
Ptilidium pulcherrimum													1		3						
Usnea hirta	1		1			1				1											
0,5-2																					
Cladonia sp.							1	1													
Hypogymnia physodes	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5		10	1	5	1	1	1	
Melanelia subargentifera													1								
Parmeliopsis ambigua			1		1		1		1	1	2	1	1				1	1	1	1	
Platizmatia glauca			3	1	1	1	1		1	1	1	1	5		1		3	1	1		
Pseudevernia furfuracea										1											
Usnea hirta	1	1	1	1									1	1						1	
Vulpicida pinastri																1					
>2																					
Hypogymnia physodes	1	1	1	1	1	1	1		1	1			1		1		1	1	1	1	
Parmeliopsis ambigua							1				1	1	1				1	1			
Platizmatia glauca			1	1	1				1	1	1	1	1		1		1	1	1		
Pseudevernia furfuracea											1	1	2	1				3			
Usnea hirta	1	1	1	1													1				



### 3.5. Ekoloģisko koku ietekme uz bezmugurkaulnieku daudzveidību

#### 3.5.1. Ievads

Ir vispārzināms fakts, ka kailcirtes kopumā negatīvi ietekmē daudzas bezmugurkaulnieku sugas. Neskatoties uz to, ka pirmajos pāris gados cirmās pēc meža nociršanas parādās diezgan liela ksilofāgo un ksilofīto sugu daudzveidība, daudzas meža ekosistēmās ļoti nozīmīgas sugas izzūd vai strauji samazinās skaitā. Visvairāk cieš higrofilās un higrofitās sugas, kuras izcirtumos pēc meža izciršanas visbiežāk aizvieto kserofītās sugas. Lai samazinātu meža ciršanas negatīvo ietekmi uz meža bioloģisko daudzveidību cirmās, tiek atstāti tā saucamie ekoloģiskie koki. Vienlaicīgi nav pētījumu par to, kā kaitēkļi ietekmē ekoloģiskos kokus. Vai tie netiek vairāk pakļauti kaitēkļu ietekmei? Vai higrofilo sugu samazināšanos izcirtumos nekompensē ienākošās kserofilās sugas?

Pēc pašreizējiem noteikumiem cirmās, rēķinot uz cirmsas hektāru, jā saglabā vismaz 5 ekoloģiskie koki, savukārt LVM savos normatīvajos aktos paredzējis vismaz 10 ekoloģisko koku saglabāšanu uz cirmsas hektāra. Ekoloģiskajiem kokiem ir zināma nozīme mikroklimata uzturēšanā un tie kalpo kā sugu koncentrēšanās vietas. Latvijas apstākļos ekoloģisko koku nozīme meža bioloģiskās daudzveidības uzturēšanā ir maz pētīta. Ir izstrādāta pētījumu metodoloģija (Zālītis, Spuņģis 2000), kura šajā pētījumā tika aprobēta. Bez mugurkaulnieku pētīšanas un uzskaites metodikas mērķis ir izstrādāt tādas meža apsaimniekošanas metodes, lai nodrošinātu tādu mežsaimniecisko darbību, kas vismazāk ietekmē meža bioloģisko daudzveidību. Pētījumi par ekoloģisko koku nozīmi arī citur pasaulē uzsākti nesen (pēdējos 15-20 gados). Lai izstrādātu ieteikumus, nepieciešami ilgstoši lauka pētījumi. Tas norādīts daudzās publikācijās. Latvijā šāda veida pētījumi ir veikti tikai 2000 g. un šī gada vasarā.

Šī gada pētījums tika veikts jūlijā – augustā dažādās Latvijas vietās. Tika izmantotas logu, augsnes un līmes lamatas. Katrā no pētāmajām audzēm izvietotas divas logu lamatas, 6 augsnes lamatas (2 atkārtojumi pa 3 lamatām) un 5 līmes lamatas.

Ievāktais materiāls tika apstrādāts laboratorijas apstākļos. Ievāktais materiāls tika noteikts līdz sugas vai ģints līmenim. Atsevišķos gadījumos sīkie īpatņi tika noteikti tikai līdz dzimtas līmenim.

#### 3.5.2. Rezultāti

3.35. tabulā apkopoti pētījumu rezultāti – ievāktu taksonu un ievāktu īpatņu skaits sadalījumā pa parauglaukumiem.

Tabula 0.47

Taksonu un ievāktu īpatņu skaits parauglaukumos

Parauglaukuma Nr.	Lamatas, Nr.	Taksonu skaits	Ievāktu eksemplāru skaits	Komentāri
108-206-11	L1	6	11	<i>Ampedus nigrinus</i> - RS
108-206-11	L2	11	13	
108-206-11	A1	3	4	
108-206-11	A2	6	12	
305-105-3	L1	5	8	
305-105-3	L2	4	5	
305-105-3	A1	17	33	Izteikti higrofilās sugas
305-105-3	A2	3	12	Izteikti higrofilās sugas
511-154-5	L1	19	53	<i>Antherophagus nigricornis</i> - RS
511-154-5	L2	23	61	<i>Mycetophagus quadripustulatus</i> – DMI, <i>Dorcotoma sp.</i> – RS
511-154-5	A1	5	10	
511-154-5	A2	13	28	Ir higrofilās sugas

Parauglaukuma Nr.	Lamatas, Nr.	Taksonu skaits	Ievākto eksemplāru skaits	Komentāri
Mežole-55-12	L	2	3	
Mežole-55-12	A1	3	3	
Mežole-55-12	A2	4	5	
810-8-17	A1	3	5	
810-8-17	L1	19	27	Vairākas nozīmīgas sapsroksilofītas sugas
810-8-17	L2	18	55	Vairākas nozīmīgas sapsroksilofītas sugas
810-8-17	A2	10	19	
408-497-1	A1	21	72	Ir higrofilas sugas
408-497-1	A2	25	83	
408-497-1	L1	11	150	
208-176-32	A1	3	11	
208-176-32	A2	9	28	
208-176-32	L1	7	17	
208-176-32	L2	4	4	
608-114-5	L1	15	82	
Mežole-22-11	A1	2	3	
Mežole-22-11	A2	2	3	
Mežole-22-11	L	15	24	
Valgums-45-10	L	3	3	
Valgums-45-10	A1	9	34	
Valgums-45-10	A2	16	45	Ir higrofilas sugas
Mežole-83-4	A1	10	24	
Mežole-83-4	A2	13	29	
Mežole-83-4	L	11	195	
Mežole-2-9	L	2	7	
Mežole-2-9	A1	10	32	
Mežole-2-9	A2	11	23	
609-178-3	L1	19	49	
609-178-3	L2	17	31	
609-178-3	A1	12	51	
609-178-3	A2	14	99	Ir higrofilās sugas
712-144-11	L1	7	13	
712-144-11	L2	7	7	<i>Uloma rufa</i> - RS
712-144-11	A1	6	16	
410-13-2	A2	7	9	Pārsvarā kserofīlas sugas
410-13-2	A1	9	9	
410-13-2	L1	7	12	
410-13-2	L2	5	5	Ir retas sapsroksilofītas sugas
Valgums-101-4	L	13	22	Ir higrofilas sugas
Valgums-101-4	A1	19	94	Daudz higrofilu sugu
Valgums-101-4	A2	12	67	Ir higrofilas sugas
504-197-11	A2	12	50	Daudz higrofilu sugu
504-197-11	A1	12	55	Ir higrofilas sugas
504-197-11	L1	5	5	Ir RS, <i>Prionychus ater</i> - DMI
504-197-11	L2	6	7	
202-15-14	A1	10	27	Ir gan higrofilas, gan kserofīlas sugas
202-15-14	A2	7	41	
202-15-14	L2	6	6	
202-15-14	L1	9	18	
Valgums-44-11	A1	14	71	Daudz higrofilu sugu
Valgums-44-11	A2	11	54	Daudz higrofilu sugu
Valgums-44-11	L	14	28	Ir RS
Mežole-82-11	A1	10	26	Daudz higrofilu sugu
Mežole-82-11	A2	20	80	Daudz higrofilu sugu, liela sugu daudzveidība

Parauglaukuma Nr.	Lamatas, Nr.	Taksonu skaits	Ievākto eksemplāru skaits	Komentāri
Mežole-82-11	L	3	4	
810-28-17	A1	6	10	
810-28-17	A2	7	11	
810-28-17	L	8	17	
707-91-8	L1	12	19	Ir RS
707-91-8	A1	5	8	Ir higrofilas sugas
707-91-8	A2	8	16	
608-114-5	A1	19	71	Daudz higrofilu sugu
608-114-5	A2	11	29	Daudz higrofilu sugu
608-114-5	L	1	1	
108-393-5	L1	13	19	Daudz saproksilofītu sugu
108-393-5	L2	2	6	
108-395-5	A1	16	64	Daudz kserofītu sugu
108-395-5	A2	4	5	
Mežole-55-28	L	11	15	
Mežole-55-28	A1	17	47	Daudz higrofilu sugu
Mežole-55-28	A2	14	40	Daudz higrofilu sugu
304-64-7	A2	1	9	
304-64-7	A1	4	17	
304-64-7	L1	7	17	
304-64-7	L2	13	34	<i>Notorrhina muricata</i> – DMI, <i>Peltis grossa</i> – DMI, <i>Ampedus erythrogonus</i> – DMI, Ir RS, ir saproksilofītas sugas
KOPĀ			2647	

Lamatas: L – logu, A – augsnes. Komentāri: RS – reta suga, DMI – dabisko meža biotopu indikators vai speciālists

### 3.5.3. Secinājumi

2013. gada sezonas pētījums NEAPSTIPRINĀJA gan izstrādātajā metodikā (Zālītis, Spuņģis 2000) gan zinātniskajā literatūrā minēto hipotēzi, ka izcirtumos, mainoties klimatiskajiem u.c. apstākļiem, būtiski samazinās higrofilo sugu daudzums un īpatņu skaits. Vairumā parauglaukumu, bet it īpaši parauglaukumos Valgumā, Mežolē, 608-114-5, 202-15-14 u.c., kur dominēja vai parādījās tādas higrofilās sugas kā *Agonum (Europhilus) fuliginosus*, *Patrogus atrorufus* u.c. Iemesli tam var būt vairāki: neliela izcirtuma platība, mitrie meža nogabali netālu no izcirtuma, higrofilo sugu migrācijai labvēlīgi laika apstākļi u.c. Konkrētais fakts nenozīmē, ka metodikā ir nepamatoti norādīts uz izcirtumu negatīvo ietekmi uz meža bioloģisko daudzveidību. Tas drīzāk liecina par izvēlēto parauglaukumu specifiskām īpatnībām. Lai to apstiprinātu, nepieciešami regulāri un ilgstošāki pētījumi. Bija daži parauglaukumi (piem. 108-393-5, 202-15-14) kuros novērota lielāka kserofīlo sugu lielāka koncentrācija vai gan kserofīlās, gan higrofilās sugas kopā, taču šādu parauglaukumu skaits bija daudz mazāks, nekā to, kuros konstatētas galvenokārt higrofilās sugas. Situācijas precizēšanai turpmāk nepieciešams ievākt datus arī par parauglaukumu augsni un mitruma īpatnībām, kā arī izcirtuma lielumu. Visticamāk higrofilo sugu lielais īpatsvars izskaidrojams ar to migrāciju caur izcirtumu, nevis šajos gadījumos ar ekoloģisko koku nozīmi.

Vairākos parauglaukumos (Mežole, 304-64-7 u.c.) konstatēta liela saproksilofīto (trūdošā koksne dzīvojošu) sugu bioloģiskā daudzveidība. Visticamāk šīs sugas pārlidošanas laikā ekoloģiskos kokus izmanto kā nosēšanās vietu. Daudzām vaboļu sugām raksturīgi, ka lidojuma laikā sastopot šķērslī, tās nolaižas. Iespējams, tas izskaidrojams arī ar to, ka daži no ekoloģiskajiem kokiem parasti ir nokaltuši, kas piesaista saproksilofītus. Kritušiem un

stāvošiem kokiem ir ļoti liela nozīme meža bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanai, īpaši, ja tie atrodas izcirtumos vai mežmalās, tad tajos koncentrējas lielāka sugu daudzveidība.

Vairākos parauglaukumos uz ekoloģiskajiem kokiem tika konstatētas dažas Latvijā retas vai samērā reti sastopamas sugas tādas kā *Dorcotoma* ģints ķirmji, *Ampedus nigrinus*, *Notorrhina muricata*, *Antherophagus nigricornis*, *Salpingus ruficollis* u.c. sugas.

Vairākos parauglaukumos (Mežole, 304-64-7 u.c.) uz ekoloģiskajiem kokiem ir konstatēti dabisko meža biotopu indikatori vai speciālisti, piem. *Notorrhina muricata*, *Mycetophagus quadripustulatus*, *Pryonichus ater*, *Ampedus erythrogonus*, *Peltis grossa* u.c., kas liecina par to, ka izcirtumu apkārtnē ir dabiskie meža biotopi.

Atsevišķos parauglaukumos, piem. 108-393-5 konstatēta suga *Pterostichus quadrioveolatus*, kuru bieži izmanto kā mežu degumu indikatoru. Taču ir novērots, ka šī suga bieži ekspansīvi savairojas arī sausos kserofītos izcirtumos. Iespējams, ka šo sugu varētu uzskatīt kā vienu no kserofīto biotopu indikatoriem, kas pēc meža izciršanas parādās izcirtumos un indicē lokālās faunas izmaiņas.

Salīdzinot augsnes un logu lamatās ievākto materiālu, jāsecina, ka augsnes lamatas labāk parādīja higrofilo sugu klātbūtni pie ekoloģiskajiem kokiem, savukārt logu lamatas labāk raksturo saproksilofīto sugu sastāvu. Lamatu kompleksa izmantošana ir vēlama šādos pētījumos. Jāpiedomā pie līmes lamatu modificēšanas, jo lielāko daļu tajās ievāktā materiāla bija apēduši putni un pēc palikušajiem kukaiņu ķermeņu fragmentiem tos nebija iespējams identificēt. Iespējams, lamatām jāizmanto nevis balts, bet koka stumbra fonam pieskaņots fona papīrs.

Lai veiktu citus secinājumus par ekoloģisko koku nozīmi meža bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanā, nepieciešami regulāru un ilgstošāki pētījumi, kas jāveic visu sezonu vai sezonas sākumā – maijā, jūnijā, kad mežā vislielākā bezmugurkaulnieku daudzveidība. Šīs sezonas pētījums pagaidām neļauj izdarīt secinājumus par optimālāko atstājamo ekoloģisko koku skaitu uz hektāru meža Latvijas apstākļos. Jāņem vērā arī šī gada vasaras īpatnības, kad karstajā laikā dienas laikā ap kokiem nebija tik liela bezmugurkaulnieku aktivitāte, kā tas ir citās sezonās.

### 3.5.4. Pielikums

Ievākto vaboļu sugu sastāvs un īpatņu skaits dažādos parauglaukumos, sadalījumā pa lamatu tiem

810-28-17 logs 1	609-178-3 augsne 1
707-91-8 logs 2	<i>Silpha tristis</i> – 5
608-114-5 logs 2	<i>Anoplotrupes stercorosus</i> – 2
Tukši	<i>Nicrophorus vespilloides</i> – 3
	<i>Phosphuga atrata</i> – 1
	<i>Pterostichus aethiops</i> – 1
609-178-3 logs 1	<i>Pterostichus melanarius</i> – 8
<i>Cyllodes ater</i> – 5	<i>Staphylinus erythropterus</i> – 12
<i>Cychramus variegatus</i> – 2	<i>Ocypus</i> sp – 1
<i>Endomychus coccineus</i> – 1	<i>Phylonthus</i> sp. – 1
<i>Mordella holomelaena</i> – 1	<i>Drusilla canaliculata</i> – 9
<i>Mordella</i> sp. – 1	<i>Sciodrepoides</i> sp. – 6
<i>Anaspis frontalis</i> – 5	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> - 2
<i>Lagria hirta</i> – 1	
<i>Anisotoma</i> sp. – 1	609-178-3 augsne 2
<i>Meligethes</i> sp. – 8	<i>Silpha tristis</i> – 2
<i>Meligethes viridescens</i> – 9	<i>Oiceoptoma thoracica</i> – 1
<i>Meligethes aeneus</i> – 2	<i>Anoplotrupes stercorosus</i> – 8
<i>Anthaxia quadripunctata</i> – 2	<i>Pterostichus aethiops</i> – 2
<i>Antaxia godeti</i> – 1	<i>Pterostichus melanarius</i> – 10
<i>Buprestis haemorrhoidalis</i> – 1	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> - 1
<i>Pyrrhochroa coccinea</i> – 1	<i>Nicrophorus vespilloides</i> – 28
<i>Pseudocystela cerambioides</i> – 1	<i>Nicrophorus investigator</i> – 1
<i>Brachypterus urticae</i> – 3	<i>Staphylinus erythropterus</i> – 15
<i>Atomaria</i> sp. – 1	<i>Ocypus</i> – 1
<i>Staphylinidae</i> - 3	<i>Phylonthus</i> – 6
	<i>Drusilla canaliculata</i> – 2
609-178-3 logs 2	<i>Staphylinidae</i> – 12
<i>Trichius fasciatus</i> – 1	<i>Sciodrepoides</i> sp – 10
<i>Oiceoptoma thoracica</i> – 1	
<i>Nicrophorus vespilloides</i> – 1	712-144-11 logs 1
<i>Leptura quadrifasciata</i> – 2	<i>Trichius fasciatus</i> – 4
<i>Leptura melanura</i> - 5	<i>Leptura quadrifasciata</i> – 1
<i>Anoploclera livida</i> – 2	<i>Leptura melanura</i> – 1
<i>Anoploclera maculicornis</i> – 1	<i>Strophosoma capitata</i> – 3
<i>Anoploclera reyi</i> – 2	<i>Meligethes viridescens</i> – 2
<i>Cyphon variabilis</i> – 2	<i>Lagria hirta</i> – 1
<i>Cyphon padi</i> – 1	<i>Mordella</i> sp. – 1
<i>Cyphon pubescens</i> – 1	
<i>Cyphon</i> sp – 1	712-144-11 logs 1
<i>Dasytes plumbaeus</i> – 1	<i>Tricodes apiarius</i> – 1
<i>Cychramus luteus</i> – 2	<i>Uloma rufa</i> – 1
<i>Brachypterus urticae</i> – 6	<i>Lagria hirta</i> – 1
<i>Mordella</i> sp. – 1	<i>Mordella holomelaena</i> – 1
<i>Mordellistena</i> sp. – 1	<i>Strophosoma capitata</i> – 1
	<i>Staphylinidae</i> – 1

*Anisotoma humeralis* – 1

410-13-2 augsne 2

*Anoplotrupes stercorosus* – 1

*Oiceoptoma thoracica* – 1

*Ocypus* sp. 2

*Calathus micropterus* – 1

*Sciaphilus asperatus* – 1

*Stenus* sp. – 2

Staphylinidae – 1

712-144-11 augsne 2

*Anoplotrupes stercorosus* – 8

*Nicrophorus vespilloides* – 1

*Staphylinus erythropterus* – 2

Staphylinidae – 2

*Cercion* sp – 2

*Sciodrepoides* sp – 2

*Apion* sp. – 1

712-144-11 augsne 1

*Anoplotrupes stercorosus* – 9

*Aleochara curtula* – 1

Staphylinidae – 2

*Cercion* sp. – 2

*Orthoperus* sp. – 1

Scolytidae sp - 1

410-13-2 logs 1

*Serica brunnea* – 1

*Leptura melanura* – 1

*Sciaphilus asperatus* – 1

*Otiorrhynchus ovatus* – 1

*Moldella holomelaena* – 6

Staphylinidae – 1

*Apion* sp. – 1

410-13-2 logs 2

*Serica brunnea* – 1

*Platystomus albinus* – 1

*Mordella* sp. - 1

*Tomoxia bucephala* – 1

*Anisotoma* sp. – 1

410-13-2 augsne 1

*Anoplotrupes stercorosus* – 1

*Carabus violaceus* – 1

*Calathus micropterus* – 1

*Patrobus atrorufus* – 1

*Otiorrhynchus scaber* – 1

*Stenus* sp. – 1

Staphylinidae - 1

*Quedius* sp. – 1

*Ocypus* sp. – 1

Valgums-101-4 logs

*Cetonia aurata* – 1

*Phosphuga atrata* – 1

*Serica brunnea* – 1

*Nicrophorus vespilloides* – 8

*Anoplodera rubra* – 1

*Cyphon pubescens* – 1

*Cyphon variabilis* – 1

*Cyphon hylaris* – 1

*Dasytes* sp. – 2

*Atomaria* sp – 1

*Cis* sp. – 2

Staphylinidae – 3

Scydmaenidae - 1

Valgums-101-4 augsne 2

*Anoplotrupes stercorosus* – 6

*Nicrophorus vespilloides* – 15

*Pterostichus melanarius* – 3

*Quedius* sp – 1

*Cyphon* sp – 6

*Cyphon variabilis* – 1

*Cyphon hylaris* – 1

*Cyphon padi* – 3

*Sciodrepoides* sp. – 18

Staphylinidae – 10

*Coccinella septempunctata* – 2

*Phyllopertha horticola* - 1

Valgums-101-4 augsne 1

*Carabus granulatus* – 2

*Carabus nemoralis* – 1

*Anoplotrupes stercorosus* – 8

*Pterostichus melanarius* – 18

*Pterostichus aethiops* – 1

*Cychrus caraboides* – 2

*Nicrophorus vespilloides* – 9

*Agonum fuliginosus* – 2

*Agonum obscurum* - 1

*Calathus micropterus* – 2

*Calathus melanocephalus* – 3

*Drusilla canaliculata* – 3

*Phylonthus* sp – 2

*Ocypus* sp. – 1

*Epaphius secalis* – 2

*Trecus quadristriatus* – 3  
*Catops* sp. -4  
*Sciodrepoides* – 7  
*Staphylinidae* - 23

504-197-11 augsne 2  
*Carabus arvensis* – 3  
*Anoplotrupes stercorosus* – 3  
*Trypocopris vernalis* – 4  
*Pterostichus melanarius* – 17  
*Pterostichus aethiops* – 1  
*Poecilus lepidus* – 2  
*Poecilus versicolor* – 2  
*Calathus erratus* – 12  
*Harpalus quadripunctatus* – 1  
*Staphylinus erythropterus* – 1  
*Staphylinidae* – 3  
*Hylobius labietis* – 1

202-15-14 augsne 1  
*Anoplotrupes stercorosus* – 7  
*Nicrophorus vespilloides* – 1  
*Pterostichus melanarius* – 7  
*Poecilus lepidus* – 1  
*Ocypus* sp – 3  
*Staphylinus erythropterus* – 5  
*Harpalus quadripunctatus* – 1  
*Staphylinidae* – 1  
*Microlestes* sp. – 1  
*Syntomus foveolatus* – 1

202-15-14 logs 2  
*Trichius fasciatus* – 1  
*Leptura quadrifasciata* – 1  
*Antaxia quadrifasciata* – 1  
*Mordella holomelaena* – 1  
*Oedemera virescens* – 1  
*Tricodes apiarius* - 1

202-15-14 augsne 2  
*Anoplotrupes stercorosus* – 2  
*Pterostichus melanarius* – 4  
*Agonum obscurum* – 29  
*Staphylinus erythropterus* – 1  
*Staphylinidae* – 2  
*Hylobius abietis* – 1  
*Tachyporus* sp. - 2

202-15-14 logs 1

*Hylobius abietis* – 1  
*Trichius fasciatus* – 2  
*Anoplodera rubra* – 4  
*Leptura melanura* – 3  
*Anoplodera maculicornis* – 3  
*Anoplodera reyi* – 1  
*Anoplodera sanguinolenta* – 1  
*Scolytidae* – 1  
*Meligethes* sp. - 2

Valgums-44-11 augsne 1  
*Carabus hortensis* – 1  
*Carabus glabratus* – 1  
*Anoplotrupes stercorosus* – 17  
*Nicrophorus investigator* – 1  
*Nicrophorus vespilloides* – 16  
*Pterostichus melanarius* – 13  
*Dermestes lanarius?* – 1  
*Lagria hirta* – 1  
*Aleochara* sp. – 1  
*Sciaphilus asperatus* – 1  
*Otiorrhynchus ovatus* – 1  
*Orthoperus* sp. – 1  
*Staphylinidae* – 15  
*Atomaria* sp. - 1

Valgums-44-11 augsne 2  
*Anoplotrupes stercorosus* – 8  
*Nicrophorus vespilloides* – 21  
*Nicrophorus investigator* – 1  
*Staphylinus erythropterus* – 1  
*Lagria hirta* – 2  
*Sciodrepoides* sp. – 9  
*Aleochara curtula* – 1  
*Apion* sp. – 2  
*Meligethes viridescens* – 2  
*Meligethes* sp. – 7  
*Curculionidae* – 1

Valgums-44-11 logs

*Leptura quadrifasciata* – 1  
*Ampedus balteatus* – 1  
*Ampedus pomonae* – 1  
*Apoderus coryli* – 1  
*Orchestes* sp. – 1  
*Apion* sp – 1  
*Trechus quadristriatus* – 1  
*Lathridiidae* – 12  
*Meligethes* – 2

*Scymnus frontalis* – 1  
*Coccinella septempunctata* – 3  
*Coccinella quinquepunctata* – 1  
*Hylobius abietis* – 1  
*Scolytidae* – 1

Mežole-82-11 augsne 1  
*Pterostichus aethiops* - 1  
*Anoplotrupes stercorosus* – 1  
*Badister bullatus* – 1  
*Patrobus atrorufus* – 1  
*Leistus rufescens* – 1  
*Trechus quadristriatus* – 9  
*Epaphius secalis* – 2  
*Amara brunnea* – 2  
*Amara communis* – 1  
*Tachynus sp.* – 7

Mežole-82-11 augsne 2  
*Anoplotrupes stercorosus* – 1  
*Carabus violaceus* – 1  
*Patrobus atrorufus* – 5  
*Stomis pumicatus* - 3  
*Pterostichus nigrita* – 1  
*Pterostichus oblongopunctatus* – 4  
*Pterostichus niger* – 1  
*Carabus granulatus* – 1  
*Carabus hortensis* – 1  
*Cychrus caraboides* - 1  
*Agonum assimile* 4  
*Trechus quadristriatus* – 12  
*Bembidion lampros* – 3  
*Notiophilus aquaticus* – 1  
*Notiophilus biguttatus* – 2  
*Tachynus sp.* -7  
*Phylonthus sp.* – 5  
*Staphylinidae* – 17  
*Sciodrepoides sp.* – 8  
*Strophosoma capitata* – 2

Mežole-82-11 logs  
*Nicrophorus vespilloides* – 1  
*Agathidium sp.* -1  
*Anisotoma sp* – 2

810-28-17 augsne 1  
*Quedius sp* – 1  
*Agonum obscurum* – 3  
*Phylonthus sp.* – 1  
*Bembidion lampros* – 1

*Bembidion quadrimaculatum* – 1  
*Staphylinidae* - 3

810-28-17 augsne 2  
*Anoplotrupes stercorosus* – 1  
*Pterostichus oblongopunctata* – 1  
*Catops sp.* – 1  
*Atomaria sp.* – 2  
*Drusilla canaliculata* – 1  
*Stenus sp* – 1  
*Staphylinidae* – 1

810-28-17 logs  
*Anoplodera reyi* – 1  
*Cantharis fulvicollis* – 1  
*Pyropterus affinis* – 1  
*Lagria hirta* – 1  
*Dasytes sp-* 6  
*Dasytes niger* – 3  
*Phylonthus sp* -1  
*Meligethes sp.* -3

504-197-11 logs 1  
*Hylobius abietis* – 1  
*Pryonychus ater* – 1  
*Anoplodera rubra* – 1  
*Mycetochara flavipes* – 1  
*Strophosoma capitata* – 1

504-197-11 logs 2  
*Byrrhus fasciatus* – 1  
*Byrrhus pilula* – 1  
*Straphosoma capitata* – 1  
*Harpalus quadripunctatus* – 1  
*Anoplodera maculicornis* 2  
*Anoplodera reyi* - 1

707-91-8 logs 1  
*Trichius fasciatus* – 3  
*Lagria hirta* – 2  
*Dasytes niger* – 4  
*Scolytidae* – 1  
*Chrysanthia sp* - 1  
*Leptura quadrifasciata* – 1  
*Leptura melanura* - 2  
*Anoplodera rubra* – 1  
*Anoplodera sanguinolenta* – 1  
*Anoplodera maculicornis* – 1  
*Salpingus ruficollis* – 1  
*Schizotus pectinicornis* - 1



504-197-11 augsne 1

*Trypocopris vernalis* – 1

*Anoplotrupes stercorosus* – 1

*Nicrophorus vespilloides* – 4

*Hylobius abietis* – 1

*Carabus arvensis* – 2

*Pterostichus aethiops* – 3

*Pterostichus melanarius* – 23

*Staphylinus erythropterus* – 2

*Poecilus lepidus* – 1

*Calathus erratus* – 12

*Byrrhus fasciatus* – 3

Staphylinidae – 2

608-114-5 augsne 1

*Oiceoptoma thoracica* – 7

*Anoplotrupes stercorosus* – 4

*Pterostichus melanarius* – 1

*Pterostichus niger* – 9

*Pterostichus oblongopunctatus* – 6

*Carabus nemoralis* – 2

*Carabus hortensis* – 3

*Calathus micropterus* – 2

*Calathus melanocephalus* – 2

*Stomis pumicatus* – 1

*Nicrophorus vespilloides* – 12

*Nicrophorus vespillo* – 2

*Crepidodera* sp. – 1

*Glischrochilus hortensis* – 1

*Glyschrochilus* sp. – 1

*Phylonthus* sp. – 3

*Sciodrepoides* – 7

*Catops* sp. – 3

Staphylinidae – 4

608-114-5 augsne 2

*Pterostichus melanarius* – 1

*Pterostichus oblongopunctatus* – 9

*Calathus melanocephalus* – 2

*Calathus micropterus* – 1

*Stomis pumicatus* – 1

*Cychrus caraboides* – 1

*Carabus granulatus* – 1

*Carabus nemoralis* – 3

*Trechus quadristriatus* – 1

*Drusilla canaliculata* – 1

Staphylinidae – 8

108-393-5 logs 1

*Oiceoptoma thoracica* – 2

*Thanatophilus sinuatus* – 2

*Anoplotrupes rubra* – 1

*Leptura quadrifasciata* – 1

*Strangalia attenuata* – 1

*Hylobius pinastri* – 1

*Coccinella sexpunctata* – 2

*Coccinella hieroglyphica* – 1

*Cis boleti* – 1

*Diaperis boleti* – 1

*Endomychus coccineus* – 1

*Mycetophagus quadripustulatus* – 4

*Phylonthus* sp. – 1

108-393-5 logs 2

*Oiceoptoma thoracica* – 4

*Thanatophilus sinuatus* – 2

108-393-5 augsne 1

*Calathus erratus* – 34

*Pterostichus lepidus* – 6

*Calathus melanocephalus* – 4

*Harpalus rubripes* – 1

*Harpalus quadripunctatus* – 2

*Harpalus aeneus* – 2

*Pterostichus oblongopunctatus* – 3

*Pterostichus quadriveolatus* – 1

*Pterostichus niger* – 2

*Carabus arvensis* – 1

*Byrrhus fasciatus* – 1

*Byrrhus* sp. – 1

*Amara aenea* – 1

*Bradycellus similis* – 1

*Miscodera arctica* – 1

108-393-5 augsne 2

*Broscus cephalotes* – 2

*Anoplotrupes stercorosus* – 1

*Nicrophorus vespilloides* – 1

*Thanatophilus sinuatus* – 1

108-393-5 augsne 1

*Anoplotrupes stercorosus* – 2

707-91-8 augsne 1

*Pterostichus aethiops* – 1

*Carabus arvensis* – 1

*Staphylinus erythropterus* – 1

*Drusilla canaliculata* – 1

Staphylinidae – 4

707-91-8 augsne 2

*Ocypus* sp. – 2

*Stenus* sp. – 1

*Strophosoma capitata* – 2

*Thea vigintiduopunctata* – 1

*Hylobius abietis* – 2

*Thanatophilus rugosus* – 1

*Thanatophilus sinuatus* – 2

*Nicrophorus vespilloides* -5

Mežole-55-28 logs

*Oiceoptoma thoracica* – 4

*Thanatophilus sinuatus* – 1

*Nicrophorus investigator* – 1

*Nicrophorus vespilloides* – 1

*Serica brunnea* – 1

*Ocypus* sp. – 1

*Monochamus galloprovincialis* – 1

*Lagria hirta* – 1

*Mordella holomelaena* – 1

*Glyschrochilus hortensis* – 1

*Cyphon* sp. - 2

Mežole-22-11 augsne 2

*Anoplotrupes stercorosus* – 12

*Carabus glabratus* – 1

*Carabus violaceus* – 1

*Notiophilus palustris* – 1

*Notiophilus biguttatus* – 1

*Nicrophorus vespilloides* – 1

*Pterostichus melanarius* – 8

*Byrrhus fasciatus* – 1

*Byrrhus* sp. – 1

Staphylinidae – 9

*Atomaria* sp. -3

*Trypocopris vernalis* – 1

*Pterostichus aethiops* – 1

*Trechus quadristriatus* - 1

*Catops* sp. – 3

*Catops nigrata* – 1

*Cyphon* sp. – 1

Mežole-55-28 augsne 1

*Pterostichus aethiops* – 2

*Calathus micropterus* – 1

*Calathus erratus* – 1

*Trechus quadristriatus* – 1

*Nicrophorus vespilloides* – 7

*Nicrophorus vespillo* – 1

*Nicrophorus investigator* – 3

*Anoplotrupes stercorosus* – 3

*Trixagus* sp. – 1

*Pyropterus affinis* – 1

*Sciodrepoides* sp. – 12

*Aleochara curtula* – 2

*Phylonthus* – 2

Staphylinidae – 3

304-64-7 augsne 2

*Pterostichus melanarius* – 9

304-64-7 logs 1

*Nicrophorus vespilloides* – 5

*Dasytes ater* – 5

*Dasytes* sp. – 2

*Chrysanthia geniculata* – 2

*Cis* sp. – 1

Scolytidae – 1

*Cyphon* sp. – 1

304-64-7 logs 2

*Lagria hirta* – 6

*Triplax scutellaris* – 1

*Agathidium* sp. – 1

*Cis* sp. – 9

*Ampedus balteatus* – 1

*Ampedus erythrogonus* - 1

*Mordella* sp. – 1

*Corticicara gibbosa* – 4

*Corticarina* sp. – 3

*Dorcotoma* sp. – 3

*Dasytes niger* – 2

*Peltis grossa* – 1

*Notorrhina muricata* – 1

304-64-7 augsne 1

*Nicrophorus vespilloides* – 2

*Pterostichus melanarius* – 4

*Calathus erratus* – 5

*Pterostichus niger* – 6

108-206-11 logs 1

*Oiceoptoma thoracica* – 2

*Dasytes niger* – 5

*Dasytes* sp. – 1

*Ampedus nigrinus* – 1

*Mordella holomelaena* – 1

*Trixagus* sp. – 1

108-206-11 logs 2  
*Oiceoptoma thoracica* – 1  
*Hylobius abietis* – 1  
*Phylonthus* sp. – 1  
*Lagria hirta* – 1  
*Dasytes plumbaeus* – 1  
*Corticicara gibbosa* – 1  
*Corticarina* sp. – 1  
*Cyphon padi* – 1  
*Cyphon* sp. – 1  
*Meligethes* sp. – 2  
*Phylonthus* sp. – 2

108-206-11 augsne 2  
*Anoplotrupes stercorosus* – 2  
*Hylobius abietis* – 1  
*Hylobius pinastri* – 1  
*Pissodes* sp. – 1  
*Calathus micropterus* – 2  
*Staphylinidae* – 4

108-206-11 augsne 1  
*Anoplotrupes stercorosus* – 1  
*Drusilla canaliculata* – 1  
*Calathus micropterus* – 2

305-105-3 logs 1  
*Nicrophorus vespilloides* – 3  
*Nicrophorus vespillo* – 1  
*Mordella* sp. – 1  
*Mordella holomelaena* – 2  
*Triplax scutellaris* – 1

305-105-3 logs 2  
*Oiceoptoma thoracica* – 2  
*Nicrophorus vespilloides* – 1  
*Lagria hirta* – 1  
*Meligethes* sp. – 1

305-105-3 augsne 1  
*Oiceoptoma thoracica* – 1  
*Pterostichus melanarius* – 1  
*Trechus quadristriatus* – 1  
*Nicrophorus vespilloides* – 1  
*Pterostichus aethiops* – 1  
*Mordellistena* sp. – 2  
*Sitona* sp. – 1  
*Drusilla canaliculata* – 2  
*Stenus* sp. – 2

*Staphylinidae* – 5  
*Sciodrepoides* sp. – 9  
*Catops* sp. – 1  
*Dasytes ater* – 1  
*Dasytes* sp. – 2  
*Otyorrhynchus ovatus* – 1  
*Adrastus pallens* – 1  
*Trixagus* sp. – 1

305-105-3 augsne 2  
*Pterostichus aethiops* – 1  
*Pterostichus melanarius* – 2  
*Agonum fuliginosum* – 1  
*Agonum obscurum* – 1  
*Calathus erratus* – 1  
*Drusilla canaliculata* – 1  
*Stenus* sp. – 1  
*Aleochara* sp. – 1  
*Staphylinidae* – 3

511-154-5 logs 2  
*Leptura quadrifasciata* – 3  
*Lagria hirta* – 1  
*Rhagonycha fulva* – 2  
*Anobium* sp. – 1  
*Mordella holomelaena* – 4  
*Mordella* sp. – 5  
*Dasytes niger* – 4  
*Dasytes plumbaeus* – 2  
*Dasytes* sp. – 7  
*Meligethes aeneus* – 3  
*Meligethes viridescens* – 6  
*Meligethes* sp. – 7  
*Glyschrochilus* sp. – 1  
*Adrastus pallens* – 5  
*Ampedus balteatus* – 1  
*Corticarina* sp. – 1  
*Corticaria* sp. – 1  
*Mycetophagus quadripustulatus* – 1  
*Batophila rubi* – 2  
*Cyphon* sp. – 1  
*Dorcotoma* sp. – 1  
*Oedemera lurida* – 1  
*Staphylinidae* – 1

511-154-5 logs 1  
*Serica brunnea* – 1  
*Leptura quadrifasciata* – 6  
*Leptura melanura* – 2  
*Adrastus pallens* – 6

*Notoxus monoceros* – 2  
*Antherophagus nigricornis* – 1  
*Atomaria* sp. – 1  
*Cryptophagus* sp. – 1  
*Dasytes ater* – 4  
*Dasytes* sp. – 3  
*Meligethes aeneus* – 6  
*Meligethes viridescens* – 9  
*Meligethes* sp. – 3  
*Mordella holomelaena* – 3  
*Mordella* sp. – 1  
*Mordellistena* sp. – 1  
*Corticarina* sp. – 1  
*Thea vigintiduopunctata* – 1  
*Staphylinidae* - 1

511-154-5 augsne 1  
*Trechus quadristriatus* – 1  
*Tachynus* sp. – 1  
*Drusilla canaliculata* – 1  
*Aleochara* sp. – 1  
*Staphylinidae* - 6

511-154-5 augsne 2  
*Oiceoptoma thoracica* – 1  
*Nicrophorus vespilloides* – 4  
*Nicrophorus vespillo* – 3  
*Pterostichus strenuus* – 1  
*Pterostichus minor* – 1  
*Agonum fuliginosum* – 1  
*Agonum sexpunctatum* - 1  
*Calathus micropterus* – 3  
*Asaphidium flavipes* – 1  
*Tachyta nana* - 1  
*Aleochara* sp. – 4  
*Staphylinidae* – 6  
*Cercyon* sp – 1

Mežole-55-12 logs  
*Nicrophorus vespilloides* – 2  
*Cychramus luteus* – 1

Mežole-55-12 augsne 1  
*Haltica* sp. – 1  
*Staphylinidae* – 1  
*Dyschirius globosus* - 1

Mežole-55-12 augsne 2  
*Pterostichus niger* – 2

*Cercion* sp – 1  
*Olibrus* sp. – 1  
*Staphylinidae* – 1

810-8-17 augsne 1  
*Carabus cancellatus* – 1  
*Anoplotrupes stercorosus* – 3  
*Staphylinidae* – 1

810-8-17 logs 1  
*Nicrophorus vespilloides* – 1  
*Nicrophorus investigator* – 1  
*Oiceoptoma thoracica* – 1  
*Trichius apiarius* – 1  
*Anoplodera rubra* – 1  
*Euchnemidae* – 3  
*Sphaeriestes* sp. – 1  
*Dasytes* sp. – 5  
*Ceutorrhynchus* sp. – 1  
*Anthrenus moseorum* – 1  
*Cyphon padi* – 1  
*Cyphon* sp. – 1  
*Oedemera subrobusta* – 1  
*Saperda carcharias* – 1  
*Mordella holomelaena* – 2  
*Mordella* sp. – 2  
*Batophila rubi* – 1  
*Crepidodera* sp. - 2

810-8-17 logs 2  
*Ampedus erythrogonus* – 1  
*Mordella holomelaena* – 3  
*Mordella* sp. – 6  
*Agathidium* sp. – 1  
*Meligethes viridescens* – 4  
*Meligethes* sp. - 6  
*Dasytes ater* – 8  
*Dasytes* sp – 14  
*Gonioctena rufipes* – 1  
*Haltica* sp. – 1  
*Longitarsus* sp. – 2  
*Cyphon* sp. – 1  
*Corticaria* sp. – 1  
*Hylobius abietis* – 1  
*Byctiscus betulae* – 1  
*Coccinella septempunctata* – 1  
*Propylea quatuordecimpunctata* – 2  
*Scaphidium quadrimaculatum* – 1

408-497-1 augsne 1

*Anoplotrupes stercorosus* – 3  
*Nicrophorus vespilloides* – 1  
*Pterostichus oblongopunctata* – 1  
*Pterostichus melanarius* – 25  
*Pterostichus niger* – 8  
*Pterostichus minor* – 1  
*Stomis pumicatus* – 1  
*Calathus micropterus* – 4  
*Staphylinus erythropterus* – 3  
*Quedius* sp. – 3  
*Phylonthus* sp. – 1  
*Stenus* sp. – 1  
*Tachyporus* sp. – 2  
*Drusilla canaliculata* – 3  
*Staphylinidae* – 6  
*Leiodidae* – 1  
*Anisotoma humeralis* – 1  
*Prosternon tessellatum* – 1  
*Sciodrepoides* sp. – 3  
*Meligethes aeneus* – 1  
*Haltica* sp. - 1

208-176-32 augsne 1  
*Drusilla canaliculata* – 6  
*Staphylinidae* – 4  
*Meligethes* sp. – 1

208-176-32 augsne 2  
*Pterostichus aethiops* – 2  
*Pterostichus melanarius* – 14  
*Ophonus rufibarbis* – 1  
*Meligethes* sp. – 2  
*Stenus* sp. – 1  
*Phylonthus* sp. - 2  
*Drusilla canaliculata* – 4  
*Staphylinidae* – 1  
*Sciodrepoides* sp. - 1

608-114-5 logs 1  
*Oiceoptoma thoracica* – 5  
*Serica brunnea* – 2  
*Nicrophorus vespilloides* – 33  
*Nicrophorus vespillo* – 1  
*Phylonthus* sp. – 2  
*Meligethes* sp. – 15  
*Glyschrochilus hortensis* – 3  
*Glyschrochilus* sp. – 13  
*Apion* sp – 2  
*Otiorrhynchus tristis* – 1  
*Lagria hirta* – 1

*Rhagonycha fulva* – 1  
*Oedemera lurida* – 1  
*Longitarsus* sp – 1  
*Psyllodes* sp. - 1

208-176-32 logs 1  
*Nicrophorus vespilloides* – 2  
*Lagria hirta* – 1  
*Meligethes viridescens* – 9  
*Meligethes aeneus* – 2  
*Meligethes* sp. – 1  
*Phratora vitellinae* – 1  
*Eulema erichsoni* – 1

208-176-32 logs 2  
*Anoploclera rubra* – 1  
*Otiorrhynchus ovatus* – 1  
*Chrysanthia* - 1  
*Phratora vitellinae* - 1

Mežole-22-11 augsne 1  
*Anoplotrupes stercorosus* – 2  
*Nivrophorus vespillo* – 1

208-176-32 augsne 2  
*Pterostichus melanarius* – 1  
*Pterostichus aethiops* – 2

Valgums-45-10 logs  
*Trichius fasciatus* – 1  
*Protaetia metallica* - 1  
*Serica brunnea* – 1

Valgums-45-10 augsne 2  
*Anoplotrupes stercorosus* – 3  
*Carabus glabratus* – 1  
*Lagria hirta* – 1  
*Drusilla canaliculata* – 2  
*Stenus* sp. – 1  
*Curculionidae* – 2  
*Apion* sp. - 1

Mežole-22-11 logs  
*Cetonia aurata* – 2  
*Hylobius abietis* – 3  
*Hylobius pinastri* – 1  
*Pissodes* sp. – 1  
*Nicrophorus vespilloides* – 1  
*Leptura melanura* – 3  
*Anoploclera rubra* – 2

*Monochamus sutor* – 1  
*Rhagium inquisitor* – 2  
*Spondylis buprestoides* – 3  
*Meligethes viridescens* – 5  
*Meligethes aeneus* – 2  
*Meligethes sp.* – 1  
*Cyphon sp.* – 1  
*Calathus micropterus* - 1

Valgums-45-10 augsne 2  
*Anoplotrupes stercorosus* – 11  
*Carabus glabratus* – 1  
*Pterostichus niger* – 1  
*Quedius sp.* – 4  
*Catops nigrita* – 1  
*Drusilla canaliculata* – 2  
*Staphylinidae* - 12  
*Cyphon sp.* – 1  
*Meligethes sp.* – 1

408-497-1 augsne 2  
*Oiceoptoma thoracica* – 1  
*Carabus glabratus* – 1  
*Thanatophilus sinuatus* – 3  
*Anoplotrupes stercorosus* – 4  
*Nicrophorus vespillo* – 4  
*Nicrophorus vespilloides* – 12  
*Pterostichus aethiops* – 3  
*Pterostichus melanarius* – 23  
*Poecilus versicolor* – 1  
*Calathus micropterus* – 2  
*Harpalus rufipes* – 1  
*Harpalus luteicornis* – 1  
*Agonum fuliginosum* – 2  
*Agonum obscurum* – 1  
*Cyphon padi* – 2  
*Cyphon sp.* – 1  
*Atomaria sp.* – 1  
*Epurea sp.* – 1  
*Drusilla canaliculata* – 2  
*Ocypus sp.* – 3  
*Quedius sp.* – 4  
*Philonthus sp.* – 4  
*Aleochara curtula* – 3  
*Aleochara sp.* – 2  
*Staphylinidae* – 1

408-497-1 logs 2  
*Nicrophorus humator* – 2  
*Oiceoptoma thoracica* – 23

*Thanatophilus sinuatus* – 24  
*Nicrophorus vespillo* – 9  
*Nicrophorus vespilloides* – 45  
*Nicrophorus investigator* – 4  
*Trichius fasciatus* – 1  
*Philonthus sp.* – 4  
*Aleochara curtula* – 3  
*Phratora atrovirens* – 1  
*Leptura melanura* - 4

Mežole-83-4 augsne 1  
*Nicrophorus vespilloides* – 1  
*Phosphuga atrata* – 3  
*Oiceoptoma thoracica* – 1  
*Pterostichus aethiops* – 1  
*Trechus quadristriatus* - 4  
*Epaphius secalis* – 3  
*Tachynus sp.* – 7  
*Sciodrepoides sp.* – 2  
*Cercyon sp.* – 1  
*Lathrididae* – 1

Mežole-83-4 augsne 2  
*Nicrophorus vespilloides* – 3  
*Pterostichus melanarius* – 1  
*Pterostichus aethiops* – 2  
*Stomis pumicatus* – 1  
*Clivina fossor* – 2  
*Epaphius secalis* – 2  
*Trechus quadristriatus* - 4  
*Calathus micropterus* – 1  
*Dicheirotichus rufithorax* – 1  
*Tachynus sp.* – 7  
*Sciodrepoides sp.* – 4  
*Cercyon sp.* – 1  
*Atomaria sp.* - 1

810-8-17 augsne 2  
*Anoplotrupes stercorosus* – 6  
*Nicrophorus vespilloides* – 1  
*Carabus cancellatus* – 1  
*Harpalus quadripunctatus* – 1  
*Serica brunnea* – 1  
*Hylobius pinastri* – 1  
*Ocypus sp.* – 1  
*Staphylinidae* – 5  
*Agathidium sp.* – 1  
*Scymnus sp.* – 1

Mežole-83-4 logs

*Oiceoptoma thoracica* – 52  
*Nicrophorus vespilloides* – 108  
*Nicrophorus investigator* – 1  
*Meligethes sp.* – 15  
*Glischrochilus hortensis* – 1  
*Byturus tomentosus* – 4  
*Corticarina sp.* – 5  
*Corticaria gibbosa* – 2  
*Orthoperus sp.* – 2  
*Propylea quatuordecimpunctata* – 1  
*Staphylinidae* – 4

Mežole-2-9 augsne 1  
*Anoplotrupes stercorosus* – 2  
*Nicrophorus investigator* – 1  
*Pterostichus melanarius* – 1  
*Carathus erratus* – 6  
*Ocypus sp.* – 4  
*Aleochara sp.* – 1  
*Staphylinidae* – 12

*Stenus sp.* – 2  
*Scolytidae* – 2  
*Cyphon padi* – 1

Mežole – 2 – 9 augsne 2  
*Pterostichus niger* – 1  
*Calthus micropterus* – 3  
*Calathus erratus* - 1  
*Patrobus atrorufus* – 1  
*Agonum fuliginosum* – 1  
*Dyschirius politus* – 1  
*Staphylinus erythropterus* – 2  
*Staphilinidae* – 9  
*Byrrhus fasciatus* – 1  
*Atomaria sp.* – 2  
*Epurea sp.* – 1

Mežole -2-9 logs  
*Anoplodera rubra* – 5  
*Scolytidae* – 2

## 4. Erozijas risku izvērtēšana

### 4.1. Teorētiskais pamatojums

#### 4.1.1. Principi meža zonējuma izstrādei no erozijas draudu viedokļa

Meža teritoriju zonējums no potenciālo erozijas draudu viedokļa ir izmantojams stratēģiskai plānošanai, un ir noderīgs riska faktoru novērtēšanai un riska teritoriju izdalīšanai, pieņemot, ka saimnieciskās darbības vai kādu nevēlamu notikumu, piem., ugunsgrēku, rezultātā pilnībā tiek iznīcināts augājs un zemsedze, tādējādi atsedzot augsnes minerālo daļu.

Izstrādājot meža zonējumu no potenciālo erozijas draudu viedokļa, būtu jāņem vērā šādi rādītāji:

*klīmats* (nokrišņu gada daudzums, diennakts maksimālais nokrišņu daudzums, sadalījums pa sezonām, mēnešiem, lietusgāzu intensitāte, ūdens krājums sniegā, vēja režīms (ātrumu, virzienu struktūra laikā un telpā),

*reljefs* (nogāžu slīpums, garums un forma, relatīvie augstumi t.sk. vietējo erozijas bāžu dziļums),

*augšņu raksturojums* (augšņu sadalījums pa tipiem, meh. sastāvu, struktūru).

Izstrādājot reālo augsnes erozijas draudu zonējumu saimnieciskās darbības plānošanai, papildus iekļaujami sekojoši rādītāji:

*Augāja raksturojums objektā* (klājums, stāvokums, sugas) un saimnieciskās darbības potenciālās ietekmes novērtējums, kas izpaužas kā augsnes daļēja atsegšana, piem., sagatavojot augsni, daļēji vai pilnībā novācot augāju – kokaudzi, paaugu, zemsedzi;

*Novērtējamā objekta lielums* (forma, platība);

*Blakus esošu objektu (teritoriju) novērtējums*. Blakus esošo teritoriju relatīvais augstums, audžu struktūra, kokaudzes augstums.

Par svarīgākajiem riska faktoriem, kas var apdraudēt meža augsnes aizsargājošo funkciju izpildi, uzskatāmi:

Kokaudzes un zemsedzes iznīcināšana vējam atklātās vietās un/vai nogāzēs;

Augsnes sablīvēšana un struktūras iznīcināšana:

Mežizstrādes rezultātā;

Mākslīgas izcelsmes vai dabisku ugunsgrēku rezultātā;

Rekreatīvo slodžu (izmiņāšanas t. sk. arī velosipēdistu izbraukāšanas) rezultātā.

Erozijas riska novērtēšanai izmantojamas divas pieejas: aprēķināto erozijas risku raksturojot kvalitatīvi (relatīvi), balstoties uz pagājušajā gadā pārskata tabulu. Savukārt izmantojot specializētās datorprogrammas, iespējams erozijas risku kvantificēt – aprēķinot iespējamo erozijas rezultātā zaudēto augsnes apjomu kvantitatīvi,  $\text{kg ha}^{-1}$ , prognozēt tā uzkrāšanos vai iznesi no audzes. Šī uzdevuma risināšanai tika pārbaudīta ASV Nacionālajā augsnes erozijas centrā izstrādā datorprogramma WEPP. Tās pārbaudei ģenerēti virkne nogāžu profilu un pārbaudīts augsnes erozijas apjoms atkarībā no augsnes mehāniskā sastāva u.c. augsnes īpašībām. Zemāk dots datorprogrammas WEPP vispārējs apraksts, kā arī tās pielāgošanas Latvijas apstākļiem apraksts.

### 4.2. Augsnes erozijas modelēšana, izmantojot datorprogrammu WEPP, balstot to uz pielāgotiem Latvijas meteoroloģiskajiem datiem, reljefa un augsnes datiem

#### 4.2.1. Datorprogrammas WEPP vispārējs apraksts

Datorprogramma WEPP (Water Erosion Prediction Project) izstrādāta ASV Nacionālajā augsnes erozijas pētniecības laboratorijā (The National Soil Erosion Research Laboratory) (<http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=10621>). Modelis ir balstīts uz procesu aproksimāciju (*process-oriented*), tādēļ to var ekstrapolēt arī uz citiem reģioniem. Ja „līst lietus”, virszemes noteces noteikšanai tiek izmantoti augsnes, reljefa un augāja rādītāji. Ja prognozēts,



programma atbilstoši aprēķina plaknes, vadziņu, kā arī kanālu augsnes atdalīšanu un nogulsnešanu. WEPP modelī ir sekojošas konceptuālās komponentes, kuras tiek izmantotas augsnes daļiņu atdalīšanās un nogulsnešanās modelēšanai:

- Klimats – (nokrišņi, temperatūra, saules radiācija, vējš);
- Ziemas rādītāji (sasalums – atkušņi, sniega akumulācija, sniega kušana);
- Apūdeņošana (vagu, lietēšana);
- Hidroloģija (infiltrācija, notece);
- Ūdens bilance (evapotranspirācija, drenēšana);
- Augsne (augšnes tipi);
- Augājs (lauksaimniecības kultūras, mežs, ganības);
- Atlieku apsaimniekošana un sadalīšanās;
- Augšnes apstrādes ietekme uz infiltrāciju un eroziju;
- Erozija (plaknes, vadziņu, kanālu);
- Nogulsnešanās (vadziņu, kanālu, ūdenskrātuvju);
- Nogulšņu izsēšanās, daļiņu šķirošanās.

Programma darbojas divos režīmos: individuāls nogāzes profils, sateces baseins/ lauks (max 256 ha). Nogāzes profila režīmā iespējams lietotājam definēt izvērtējamo profilu un novērtēt noskalošanos un nogulšņu uzkrāšanos dažādās profila vietās. Tas ļauj modelēt arī augsnes aizsardzības pasākumus.

Sateces baseina/ lauka analīzes režīmā var modelēt papildus plaknes erozijai arī nogulšņu atdalīšanos, transportu un izgulsnešanos kanālu sistēmā, t.i., plaknes, vadziņu un efemēro gravu veidošanos.

Šī projekta ietvaros izmantota WEPP modeļa versija WEPP model version 2012.8 (watershed hillslope model Windows interface 2012.800).

Lietotājs var definēt:

- Klimatu;
- Nogāzes profilu
- Augšni
- Augāju/apsaimniekošanu.

Lai izmantotu programmu Latvijas apstākļos, ir izmantojamas 2 pieejas – ģenerēt klimata datus LV meteostacijām vai atrast piemērotākos meteostaciju datus (līdzīgākos Latvijas apstākļiem) jau esošajā ASV klimata datu datu bāzē). Šī projekta ietvaros mēs izmantojam abas pieejas: izmantojam ASV Mičiganas pavalsts Alpena meteostācijas datus, kā arī sagatavojām meteo datus 20 Latvijas meteostacijām.

#### **4.2.2. Ilglaicīgo meteoroloģisko datu ieguve no Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra un statistisko datu aprēķināšana izmantojot vispārpieņemtas kvantitatīvās statistiskās metodes**

Klimatisko datu modelēšanā rīkā CLIGEN nepieciešami ilglaicīgie mēnešu meteoroloģisko datu statistiskie rādītāji katrai meteostacijai, ieskaitot nokrišņu vidējo, standartnovirzi un asimetrijas rādītāju; dienu ar nokrišņiem sekošanu dienai ar nokrišņiem (*wet-wet*) un dienu ar nokrišņiem sekošanu dienai bez nokrišņiem (*wet-dry*) varbūtības; vidējā maksimālā un vidējā minimālā gaisa temperatūra, saules radiācija, vēja ātrums un virziens. Izmantojot šos mēnešu statistiskos parametrus, CLIGEN ģenerē dienas meteo datus definētajam laika periodam.

Lai varētu ģenerēt klimata rādītājus, kurus izmanto datorprogramma WEPP, Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra mājas lapā iegūta informācija par sekojošiem rādītājiem:

- Gaisa temperatūra;

- Nokrišņi, starp periodiem;
- Relatīvais mitrums;
- Vēja virziens;
- Vēja ātrums.

No šiem rādītājiem, izmantojot datorprogrammu MS Excel, aprēķināts katra mēneša aritmētiskais vidējais Tmax, Tmin, mēneša nokrišņu daudzuma aritmētiskais vidējais, standartnovirze un asimetrijas rādītājs; Rādītāji izveidoti 20 meteostacijām, balstoties uz 20-40 gadu ikdienas meteodatiem, atkarībā no brīvi pieejamo datu apjoma.

Papildus nepieciešamais rādītājs saules radiācija pieņemts kā viens konstants rādītājs atbilstoši Zosēnu meteostacijai.

Tāpat vienādas visām meteostacijām pieņemtas vidējā maksimālā 30 minūšu šķidro nokrišņu intensitātes vērtības un laiks, kurā pēc lietus sākšanās lietus intensitāte sasniedz maksimumu.

Dati sagatavoti CLIGEN formātā.

#### 4.2.3. Nozīmīgāko modelējamo alternatīvu (reljefs, augsne, meteo apstākļi, augsnes apstrāde) izveide balstot uz ekspertu metodi

Šī pētījuma ietvaros ūdens radītās erozijas analīzei ģenerētas sekojošas alternatīvas: Klimats 1.variants - nokrišņi 700 mm gadā; 2.variants - 900 mm gadā.

Nogāžu garums un forma:

S-veida nogāze 30.5m gara, nogāzes slīpums 30% (16,7°), erozijas bāze - 4,5m;

S-veida nogāze 61m gara, nogāzes slīpums 30% (16,7°), erozijas bāze - 9m;

S veida nogāze 152m gara, nogāzes slīpums 30% (16,7°), erozijas bāze - 22,5m.

Šāda nogāžu forma un slīpums izvēlēts kā visbiežāk minētais slīpums, pie kura pārtraucama mežsaimnieciskā darbība, lai nepieļautu augsnes eroziju.

Apsaimniekošanas alternatīvas:

Mežs – vainagu klājums 90%, augsni klāj daudzgadīgie augi

Mežs 5 gadīgs ar daudzgadīgu zemsedzi, vainagu klājums 50%

Treilēšanas ceļi, kas ik gadus tiek traucēti

Augsnes veidi:

Variants	Augsnes veids	Augsnes nosaukums WEPP
1	Vielgs māls mežā (CL_F)	Forest clay loam
2	Smilšmāls mežā (L_F)	Forest loam
3	Smaga mālsmilts mežā (SL_F)	Forest sandy loam
4	Putekļains smilšmāls mežā (SiL_F)	Forest silt loam
5	Smaga mālsmilts pievešanas ceļā (SL_S)	Skid sandy loam
6	Viegls māls pievešanas ceļā (CL_S)	Skid clay loam
7	Smilšmāls pievešanas ceļā (L_S)	skid loam
8	Putekļains smilšmāls pievešanas ceļā (SiL_S)	skid silt loam

Modelēšana veikta, aprēķinot vidējās 30 gadu perioda vērtības.

Aprēķināti sekojoši rādītāji katram no 144 variantiem (2 klimata varianti; 3 nogāžu garumi; 3 apsaimniekošanas alternatīvas; 8 augsnes varianti):

Lietus notece, mm gadā;

Vidējais augsnes zudums, kg m<sup>-2</sup>;

Maksimālā augsnes zuduma punkts, m no nogāzes virsotnes;

Nogulsnēšanās sākumpunkts, m no nogāzes virsotnes;

Maksimālais augsnes nogulsnešanās punkts, m no nogāzes virsotnes;  
 Vidējais augsnes nogulsnešanās apjoms profilā kg m<sup>-2</sup>.  
 Augsnes apjoms, kas izskalojas no profila t ha<sup>-1</sup> gadā.

#### 4.2.4. Erozijas modelēšanas rezultāti

Tā kā šie ir modelēti dati un katra alternatīva ir tikai aprēķinātas vidējās vērtības, nav pamata aprēķināt atšķirību būtiskumu, bet lietderīgi izvērtēt tendences.

Kā jau bija gaidāms, mitrāka klimata gadījumā virszemes notece ir lielāka: ja 700mm gadā variantā virszemes notece ir visos variantos vidēji 7,3mm gadā, tad 900mm variantā – 13mm gadā (Tabula 0.48).

Garākās nogāzēs proporcionāli pieaug virszemes noteces daudzums.

Apsaimniekošanas alternatīvas – vislielākā virszemes notece kopumā, kā jau bijā gaidāms, ir prognozēta uz pievešanas ceļiem, taču būtiski ir tas, ka mežā virszemes notece atkarībā no nogāzes garuma mainās nedaudz (vidēji saglabājās 4 līdz 5mm gadā līmenī), bet uz pievešanas ceļiem (TC) virszemes notece ir tieši proporcionāla nogāzes garumam.

Augsne zem treilēšanas ceļiem ir ar 2-3 reizes lielāku virszemes noteci nekā meža augsne.

Vislielākā virszemes notece ir māla augsnēs (4,5mm gadā), un putekļaina smilšmāla augsnēs.

Tabula 0.48

Vidējā lietus notece, mm gadā

Nokrišņi, vid. mm	Nogāzes garums, m	Apsaimniekošana	Mežs F				Pievešanas ceļš S				Kopā	
			CL_F	L_F	SiL_F	SL_F	CL_S	L_S	SiL_S	SL_S		
700	30		4.51	0.77	1.25	0.44	19.86	11.06	12.01	8.60	7.31	
			2.51	0.21	0.41	0.15	15.03	7.87	7.97	5.89	5.00	
		mežs	3.26	0.03	0.29	0.00	13.59	9.12	5.19	6.58	4.76	
		mežs 50%	2.49	0.00	0.18	0.00	8.56	4.97	4.27	4.26	3.09	
		TC	1.92	0.80	1.02	0.58	29.39	12.11	17.86	8.44	9.02	
	61		3.97	0.41	0.79	0.31	19.29	10.47	11.06	7.76	6.76	
		mežs	3.66	0.02	0.27	0.00	13.21	8.94	5.85	6.80	4.84	
		mežs 50%	2.79	0.00	0.19	0.00	9.61	5.29	5.37	4.21	3.43	
		TC	6.78	1.61	2.50	1.22	44.58	21.69	27.32	15.80	15.19	
	154		7.06	1.70	2.56	0.87	25.26	14.86	17.00	12.16	10.18	
		mežs	4.04	0.28	0.61	0.00	12.00	8.13	6.70	6.36	4.77	
		mežs 50%	3.55	0.26	0.71	0.00	10.87	5.95	6.56	4.65	4.07	
		TC	17.48	6.10	8.23	3.47	67.10	39.25	47.64	33.07	27.79	
	900	30		6.93	0.76	1.62	0.28	36.06	19.76	23.91	14.96	13.03
				3.00	0.31	0.38	0.13	27.02	11.16	14.65	7.13	7.97
			mežs	4.35	0.45	0.29	0.05	22.16	11.24	10.13	7.68	7.04
mežs 50%			2.78	0.00	0.40	0.00	17.26	6.96	9.38	4.36	5.14	
TC			2.17	0.78	0.47	0.48	51.23	19.47	29.63	12.27	14.56	
61			5.09	0.32	0.61	0.20	35.13	17.99	22.78	13.09	11.90	
		mežs	4.45	0.19	0.37	0.03	24.45	13.95	14.19	10.53	8.52	
		mežs 50%	3.47	0.00	0.39	0.00	20.41	10.33	13.34	7.50	6.93	

		TC	9.19	1.10	1.35	0.78	74.42	37.24	50.05	26.70	25.10
	154		12.70	1.66	3.88	0.49	46.03	30.14	34.30	24.68	19.23
		mežs	7.41	0.19	1.30	0.01	25.50	16.74	17.99	12.64	10.22
		mežs 50%	6.93	0.01	1.34	0.00	24.62	15.54	18.13	11.78	9.79
		TC	29.78	6.44	11.71	1.96	109.00	72.47	82.64	62.32	47.04
		Kopā	5.72	0.77	1.43	0.36	27.96	15.41	17.96	11.78	10.17

TC – treilēšanas ceļš.

Izvērtējot vidējos augsnes zudumus  $\text{kg m}^{-2}$  (Tabula 0.49), konstatēts, ka mitrāka klimata apstākļos augsnes zudums ir lielāks: ja 700mm gadā variantā visos variantos vidēji  $0,16 \text{ kg m}^{-2}$ , tad 900mm variantā –  $0,24 \text{ kg m}^{-2}$ .

Garākās nogāzes proporcionāli pieaug augsnes zudums.

Apsaimniekošanas alternatīvas – vislielākais augsnes zudums kopumā, kā jau bijā gaidāms, ir prognozēts uz pievešanas ceļiem, taču būtiski ir tas, ka mežā augsnes zudums atkarībā no nogāzes garuma mainās nedaudz (vidēji  $0,01 \text{ kg m}^{-2}$  līmenī), bet uz pievešanas ceļiem (TC) virszemes notece ir tieši proporcionāla nogāzes garumam.

Augsne zem treilēšanas ceļiem ir ar 2-3 reizes lielāku augsnes zudumus nekā meža augsne. Vislielākais augsnes zudums ir putekļaina smilšmāla augsnēs un māla augsnēs, bet faktiski 1.5 mazāks mālsmilts un smilšmāla gadījumā.

Tabula 0.49

Vidējais augsnes zudums  $\text{kg m}^{-2}$

Nokrišņi, vid. mm	Nogāzes garums, m	Apsaimniekošana	Mežs F				Pievešanas ceļš S				Kopā
			CL_F	L_F	SiL_F	SL_F	CL_S	L_S	SiL_S	SL_S	
700			0.07	0.03	0.05	0.03	0.31	0.19	0.41	0.19	0.16
	30		0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.02	0.06	0.01	0.02
		mežs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
		TC	0.02	0.01	0.01	0.01	0.20	0.04	0.21	0.05	0.07
	61		0.03	0.01	0.01	0.01	0.17	0.08	0.21	0.07	0.07
		mežs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
		TC	0.11	0.04	0.06	0.04	0.64	0.31	0.84	0.26	0.29
	154		0.16	0.07	0.14	0.06	0.69	0.48	0.94	0.48	0.38
		mežs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
TC		0.65	0.29	0.55	0.26	2.71	1.90	3.74	1.93	1.50	
900			0.12	0.04	0.07	0.02	0.46	0.27	0.68	0.25	0.24
	30		0.01	0.01	0.01	0.00	0.07	0.02	0.09	0.01	0.03
		mežs	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.03	0.01	0.01
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
		TC	0.03	0.02	0.02	0.01	0.22	0.06	0.32	0.03	0.09
	61		0.03	0.01	0.02	0.01	0.25	0.09	0.30	0.07	0.10
		mežs	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.03	0.01	0.01
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
		TC	0.11	0.05	0.06	0.05	0.92	0.33	1.16	0.25	0.37

	154		0.33	0.09	0.17	0.05	1.06	0.71	1.64	0.67	0.59
		mežs	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.04	0.01	0.02
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
		TC	1.30	0.36	0.70	0.19	4.18	2.80	6.50	2.66	2.33
		Kopā	0.09	0.03	0.06	0.02	0.38	0.23	0.54	0.22	0.20

Izvērtējot vidējo maksimālā augsnes zuduma punkta atrašanās vietu m no nogāzes virsotnes, Tabula 0.50), konstatēts, ka tas nav atkarīgs no klimata mitruma.

Apsaimniekošanas alternatīvas – konstatēts, ka faktiski visos gadījumos s-veida profila gadījumā maksimālais noskalošanās punkts ir aptuveni nogāzes vidū. Nav arī ievērojamu atšķirību starp dažādām augsnēm.

Tabula 0.50

Maksimālā augsnes zuduma punkts, m no nogāzes virsotnes

Nokrišņi, vid. mm	Nogāzes garums, m	Apsaimniekošana	Mežs F				Pievešanas ceļš S				Kopā	
			CL_F	L_F	SiL_F	SL_F	CL_S	L_S	SiL_S	SL_S		
700			40.08	20.14	40.49	19.89	41.43	41.02	41.27	40.87	35.65	
	30		11.89	7.70	14.71	7.70	15.47	14.40	15.01	14.40	12.66	
		mežs	10.67	15.24	14.94	15.24	15.24	14.63	15.54	14.94	14.56	
		mežs 5g.	13.41	0.00	15.24	0.00	15.54	12.50	13.72	13.41	10.48	
		TC	15.54	15.54	15.54	15.54	15.54	15.54	15.54	15.54	15.54	
	61		30.63	15.39	30.18	15.39	31.09	30.94	31.09	30.48	26.90	
		mežs	30.48	30.48	29.26	30.48	31.09	31.09	31.09	30.48	30.56	
		mežs 5g.	31.09	0.00	30.48	0.00	31.09	31.09	31.09	29.87	23.09	
		TC	31.09	31.09	31.09	31.09	31.09	31.09	31.09	31.09	31.09	
	154		77.72	37.34	76.58	36.58	77.72	77.72	77.72	77.72	67.39	
		mežs	77.72	71.63	76.20	68.58	77.72	77.72	77.72	77.72	75.63	
		mežs 5g.	77.72	0.00	76.20	0.00	77.72	77.72	77.72	77.72	58.10	
		TC	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	
	900			39.70	38.79	39.73	20.45	41.32	41.15	41.38	41.12	37.95
		30		11.66	15.01	15.17	7.47	15.16	14.63	15.32	14.71	13.64
			mežs	10.97	15.24	15.24	14.33	15.24	14.02	15.24	15.24	14.44
mežs 5g.			12.19	14.94	14.94	0.00	15.54	14.33	15.54	14.63	12.76	
TC			15.54	15.54	15.54	15.54	15.54	15.54	15.54	15.54	15.54	
61			29.72	28.19	29.72	15.39	31.09	31.09	31.09	30.94	28.40	
		mežs	31.09	30.48	30.48	30.48	31.09	31.09	31.09	31.09	30.86	
		mežs 5g.	31.09	24.99	29.26	0.00	31.09	31.09	31.09	31.09	26.21	
		TC	31.09	31.09	31.09	31.09	31.09	31.09	31.09	31.09	31.09	
154			77.72	73.15	74.29	38.48	77.72	77.72	77.72	77.72	71.82	
		mežs	77.72	71.63	76.20	76.20	77.72	77.72	77.72	77.72	76.58	
		mežs 5g.	77.72	71.63	70.10	0.00	77.72	77.72	77.72	77.72	66.29	
		TC	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	
			Kopā	39.89	29.46	40.11	20.17	41.37	41.08	41.32	40.99	36.80

Izvērtējot vidējo nogulsnešanās sākumpunktu m no nogāzes virsotnes (

Tabula 0.51), konstatēts, ka tas ir atkarīgs no klimata mitruma – mitrāka klimata gadījumā nogulsnešanās sākās 2-5m tuvāk profila lejasdaļai.

Apsaimniekošanas alternatīvas – konstatēts, ka faktiski visos gadījumos s-veida profila pievešanas ceļu gadījumā nogulsnešanās sākās ievērojami tuvāk nogāzes profila beigām, nekā mežā.

Tabula 0.51

Nogulsnešanās sākumpunkts, m no nogāzes virsotnes

Nokrišņi, vid. mm	Nogāzes garums,m	Apsaimniekošana	Mežs F				Pievešana ceļš S				Kopā	
			CL_F	L_F	SiL_F	SL_F	CL_S	L_S	SiL_S	SL_S		
700	30		79.8	38.6	79.0	29.2	78.5	78.7	78.6	77.9	67.5	
		mežs	29.7	13.8	29.3	10.4	29.7	30.0	29.7	29.1	25.2	
		mežs 5g.	29.3	27.1	29.3	15.5	29.0	29.6	28.7	29.6	27.2	
		TC	30.2	0.0	29.9	0.0	29.9	30.2	30.2	30.2	22.6	
	61		29.3	28.0	28.0	26.2	30.2	30.2	29.9	26.5	28.5	
		mežs	60.0	28.3	59.6	22.4	59.0	59.4	59.3	59.4	50.9	
		mežs 5g.	59.7	53.6	58.5	31.1	57.3	59.1	57.3	59.1	54.5	
		TC	60.4	0.0	60.4	0.0	59.7	59.7	60.4	60.4	45.1	
	154		59.7	59.7	59.1	58.5	59.7	59.7	59.1	58.5	59.3	
		mežs	149.7	73.5	148.2	54.9	146.7	146.7	146.7	145.2	126.4	
		mežs 5g.	149.4	149.4	146.3	82.3	141.7	146.3	144.8	146.3	138.3	
		TC	150.9	0.0	150.9	0.0	149.4	147.8	149.4	147.8	112.0	
	900	30		147.8	144.8	144.8	137.2	146.3	144.8	143.3	138.7	143.4
			mežs	79.4	74.2	79.0	30.1	78.7	79.2	78.2	78.7	72.2
			mežs 5g.	30.0	28.3	29.0	11.0	29.7	30.0	29.7	29.8	27.2
			TC	29.3	29.3	29.6	26.2	29.0	29.6	28.7	29.6	28.9
61			30.2	28.4	30.2	3.1	29.9	30.2	30.2	29.9	25.7	
		mežs	30.2	29.0	26.8	23.8	30.2	30.2	29.9	29.9	28.7	
		mežs 5g.	59.9	56.7	59.6	24.8	59.3	59.7	59.3	59.6	54.9	
		TC	58.5	56.7	59.1	39.6	57.9	59.1	57.3	59.1	55.9	
154			60.4	56.7	60.4	0.0	59.7	60.4	60.4	60.4	52.3	
		mežs	60.4	59.7	59.1	59.7	59.7	59.7	59.1	58.5	59.5	
		mežs 5g.	148.2	137.5	148.6	54.5	147.1	147.8	145.5	146.7	134.5	
		TC	144.8	128.0	146.3	108.2	143.3	146.3	141.7	146.3	138.1	
Kopā			150.9	141.7	150.9	15.2	149.4	149.4	149.4	149.4	128.2	
		mežs	146.3	146.3	146.3	140.2	146.3	146.3	141.7	141.7	144.4	
		mežs 5g.	79.6	56.4	79.0	29.7	78.6	78.9	78.4	78.3	69.9	
		TC										

Izvērtējot vidējo maksimālās nogulsnešanās punktu m no nogāzes virsotnes (

Tabula 0.52), konstatēts, ka tas ir atkarīgs no klimata mitruma – mitrāka klimata gadījumā maksimālā nogulsnešanās sākas 2-5m tuvāk profila lejasdaļai.

Apsaimniekošanas alternatīvas – konstatēts, ka nav striktu sakarību s-veida profila gadījumā nogulsnešanās maksimuma atkarībai no apsaimniekošanas alternatīvas.

Tabula 0.52

Maksimālais augsnes nogulsņēšanās punkts, m no nogāzes virsotnes

Nokrišņi, vid. mm	Nogāzes garums,m	Apsaimniekošana	Mežs F				Pievešana ceļš S				Kopā	
			CL_F	L_F	SiL_F	SL_F	CL_S	L_S	SiL_S	SL_S		
700			81.2	40.5	81.1	40.3	81.3	81.3	81.3	81.0	71.0	
	30		30.3	14.7	29.9	14.3	30.5	30.5	30.5	29.6	26.3	
		mežs	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	
		mežs 5g.	30.5	0.0	30.5	0.0	30.5	30.5	30.5	30.5	22.9	
		TC	29.6	28.4	28.4	26.5	30.5	30.5	30.5	26.8	28.9	
	61		61.0	30.5	61.0	30.5	61.0	61.0	61.0	61.0	53.3	
		mežs	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	
		mežs 5g.	61.0	0.0	61.0	0.0	61.0	61.0	61.0	61.0	45.7	
		TC	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	
	154		152.4	76.2	152.4	76.2	152.4	152.4	152.4	152.4	133.4	
		mežs	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	
		mežs 5g.	152.4	0.0	152.4	0.0	152.4	152.4	152.4	152.4	114.3	
		TC	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	
	900			81.3	81.2	81.0	40.4	81.3	81.3	81.3	81.3	76.1
		30		30.5	30.2	29.6	14.1	30.5	30.5	30.5	30.5	28.3
			mežs	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5
mežs 5g.			30.5	30.5	30.5	1.0	30.5	30.5	30.5	30.5	26.8	
TC			30.5	29.3	27.1	24.1	30.5	30.5	30.5	30.5	29.1	
61			61.0	61.0	61.0	30.5	61.0	61.0	61.0	61.0	57.2	
		mežs	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	
		mežs 5g.	61.0	61.0	61.0	0.0	61.0	61.0	61.0	61.0	53.3	
		TC	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	
154			152.4	152.4	152.4	76.7	152.4	152.4	152.4	152.4	142.9	
		mežs	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	
		mežs 5g.	152.4	152.4	152.4	1.0	152.4	152.4	152.4	152.4	133.5	
		TC	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	152.4	
			Kopā	81.2	60.8	81.1	40.4	81.3	81.3	81.3	81.1	73.6

Izvērtējot vidējo nogulsņēšanās apjomu profilā  $\text{kg m}^{-2}$  (Tabula 0.53), konstatēts, ka tas ir atkarīgs no klimata mitruma – mitrāka klimata gadījumā arī profila ietvaros nogulsņēšanas vairāk nekā sausākos apstākļos.

Apsaimniekošanas alternatīvas – absolūtās vienībās nogulsņēšanās apjoms vislielākais ir treilēšanas ceļu gadījumā, bet tas saistīts ar lielāku noskalošanās apjomu.

Tabula 0.53

Vidējais augsnes nogulsņēšanās apjoms profilā  $\text{kg m}^{-2}$

Nokrišņi, vid. mm	Nogāzes garums,m	Apsaimniekošana	Mežs F				Pievešana ceļš S				Kopā
			CL_F	L_F	SiL_F	SL_F	CL_S	L_S	SiL_S	SL_S	



700	30		-0.55	-0.16	-0.32	-0.11	-2.59	-1.10	-2.55	-0.76	-1.02	
			-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.27	-0.04	-0.20	-0.01	-0.07	
		mežs	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.17	-0.06	-0.05	-0.02	-0.04	
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	
	TC	-0.03	-0.01	-0.01	0.00	-0.88	-0.11	-0.75	-0.02	-0.22		
	61		-0.18	-0.07	-0.07	-0.05	-1.12	-0.40	-1.23	-0.25	-0.42	
		mežs	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.15	-0.06	-0.05	-0.02	-0.04	
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	
		TC	-0.72	-0.27	-0.28	-0.22	-4.29	-1.54	-4.87	-0.99	-1.65	
	154		-1.46	-0.42	-0.88	-0.29	-6.39	-2.86	-6.21	-2.02	-2.56	
		mežs	-0.03	0.00	-0.01	0.00	-0.15	-0.07	-0.06	-0.03	-0.04	
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	
		TC	-5.79	-1.67	-3.50	-1.16	-25.35	-11.34	-24.74	-8.05	-10.20	
	900		-1.25	-0.27	-0.50	0.22	-4.51	-2.16	-4.54	-1.31	-1.79	
		30		-0.04	-0.01	0.00	0.50	-0.38	-0.06	-0.36	-0.02	-0.05
			mežs	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.21	-0.07	-0.07	-0.03	-0.05
mežs 5g.			0.00	0.00	0.00	1.00	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.12	
TC			-0.15	-0.02	-0.01	0.00	-1.28	-0.13	-1.35	-0.05	-0.37	
61			-0.30	-0.07	-0.07	-0.11	-2.24	-0.37	-2.12	-0.19	-0.69	
		mežs	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.21	-0.08	-0.08	-0.04	-0.05	
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	
		TC	-1.19	-0.28	-0.28	-0.45	-8.70	-1.36	-8.39	-0.72	-2.67	
154			-3.39	-0.73	-1.41	0.27	-10.89	-6.06	-11.14	-3.71	-4.63	
		mežs	-0.03	0.00	-0.01	0.00	-0.21	-0.08	-0.11	-0.04	-0.06	
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.06	-0.02	-0.02	-0.01	0.11	
		TC	-13.54	-2.93	-5.65	-0.91	-43.23	-24.14	-44.41	-14.77	-18.70	
		Kopā	-0.90	-0.22	-0.41	0.05	-3.55	-1.63	-3.54	-1.03	-1.40	

Izvērtējot augsnes apjomu, kas izskalojas no profila T ha<sup>-1</sup> (Tabula 0.54), konstatēts, ka tas ir atkarīgs no klimata mitruma – mitrāka klimata gadījumā no profila aizskalojas vairāk nekā sausākos apstākļos (0.9tha<sup>-1</sup> un 1.26tha<sup>-1</sup>)

Apsaimniekošanas alternatīvas – absolūtās vienībās no profila visvairāk aizplūst treilēšanas ceļu gadījumā. Ļoti nozīmīgs ir nogāzes garums. Salīdzinot 30 m nogāzi ar 150m garu nogāzi, vidēji noplūst 0,9 un 2 t ha<sup>-1</sup>, taču ir ļoti ievērojamas atšķirības pa augšņu tipiem.

Tabula 0.54

Augsnes apjoms, kas izskalojas no profila t ha<sup>-1</sup> gadā.

Nokrišņi, vid. mm	Nogāzes garums, m	Apsaimniekošana	Mežs F				Pievešana ceļš S				Kopā
			CL_F	L_F	SiL_F	SL_F	CL_S	L_S	SiL_S	SL_S	
700			0.44	0.17	0.29	0.07	1.89	1.21	2.29	0.92	0.91
	30		0.03	0.02	0.02	0.01	0.53	0.14	0.50	0.08	0.17
		mežs	0.02	0.00	0.01	0.00	0.31	0.14	0.14	0.06	0.08
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01
		TC	0.10	0.06	0.08	0.03	1.72	0.35	1.84	0.24	0.55

	61		0.22	0.06	0.09	0.05	1.36	0.69	1.60	0.49	0.57	
		mežs	0.02	0.00	0.01	0.00	0.27	0.13	0.14	0.06	0.08	
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01	
		TC	0.86	0.22	0.34	0.18	5.07	2.58	6.24	1.88	2.17	
	154		1.07	0.45	0.78	0.16	3.77	2.80	4.77	2.21	2.00	
		mežs	0.03	0.00	0.01	0.00	0.21	0.10	0.16	0.05	0.07	
		mežs 5g.	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.03	0.05	0.02	0.02	
		TC	4.23	1.78	3.09	0.66	14.76	11.05	18.84	8.74	7.89	
900			0.64	0.20	0.36	0.08	2.64	1.65	3.20	1.27	1.26	
	30		0.07	0.03	0.03	0.01	0.62	0.19	0.67	0.08	0.21	
		mežs	0.04	0.01	0.00	0.00	0.40	0.16	0.19	0.07	0.11	
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.03	0.03	0.01	0.02	
		TC	0.22	0.12	0.11	0.05	1.95	0.54	2.45	0.21	0.71	
	61		0.25	0.09	0.09	0.05	1.87	0.74	2.11	0.52	0.71	
		mežs	0.04	0.00	0.00	0.00	0.39	0.16	0.26	0.07	0.12	
		mežs 5g.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.03	0.03	0.01	0.02	
		TC	0.94	0.35	0.37	0.19	6.94	2.75	8.13	1.98	2.71	
	154		1.61	0.48	0.97	0.20	5.43	4.01	6.80	3.22	2.84	
		mežs	0.04	0.00	0.01	0.00	0.35	0.15	0.32	0.08	0.12	
		mežs 5g.	0.01	0.00	0.00	0.00	0.12	0.05	0.07	0.02	0.03	
		TC	6.37	1.92	3.88	0.78	21.13	15.78	26.77	12.77	11.17	
		Kopā		0.54	0.19	0.33	0.08	2.26	1.43	2.74	1.10	1.08

### 4.3. Modeļteritorijas izvēle iespējami augstu augsnes erozijas iespēju (ņemot vērā nogulumu kartogrāfisko materiālu), kurā veikta galvenā cirte pirms 1-4 gadiem

#### 4.3.1. Teritoriju izvēle: Reljefa formas, to raksturojums un kvartāra nogulumi

Lauka apsekojumiem izvēlētajās teritorijas prioritāti noteica pieejamie dati par nogulumu tipu izplatību un reljefa saposmju analīze. Galvenā uzmanība tika pievērsta plakanvirsa pauguru, pirmmasīvu un stūra masīvu izplatības areāliem Vidzemes Centrālajā un Latgales augstienē. Minētās reljefa formas ir sevišķi pakļautas lineārās erozijas draudiem, tā kā to nogāžu garumi parasti pārsniedz 100m garumu. Mazāka uzmanību pievērsta galciofluviālām akumulācijas reljefa (osi, kēmi un kēmu terases) formām. (Enciklopēdija Latvijas daba 1.sēj. „augšņu erozija” 83.lpp. R.Āva).

Analizējot reljefa izolīnu zīmējumu PSRS topogrāfiskajā kartēs mērogā 1:10 000, prioritāro reljefa formu robežās tika pievērsta uzmanība ne tikai pauguru relatīvajam augstumam un nogāžu garumam un slīpumam, bet arī lineāro erozijas formu atainojumam, kam raksturīgas vismaz 2 līdz 3 secīgas V-veida izlocītas augstuma horizontāles, kur leņķis līnijas locījuma

vietā ir mazāks par 120°. Metode tiek plaši izmantota reljefa morfoloģijas pētījumos kas

saucas „contour-crenulation method” izmantota arī pētījumos Latvijā (Soms J. 2010 pēc Strahler, 1957 and Morisawa, 1957 modified by Bauer, 1980).

Lai novērtētu ūdens erozijas procesu intensitāti lokālās situācijās t.i. iespējami spēcīgāk ūdens erozijai pakļautās vietās nogāzes platībā, tika izmantota augsni veidojošo faktoru un augsnes apraksta metodoloģija („Augšņu diagnostika un apraksts” A. Kārklīņa red., 2008).

Galvenās reljefa mezoforamas (šeit un turpmāk Kārkliņš, 2008) – netieši norāda uz augsni veidojošo cilmiežu granulometrisko sastāvu un tāpēc tās var izmantot ūdens erozijas procesu intensitātes provizoriskā novērtējumā.

Galvenās reljefa formas – norāda uz reljefa formu artikulāciju un saposmojumu. Tā tiek izdalītas, lai raksturotu nogāžu kritumu un virsmas augstumu maksimālo starpību noteiktā teritorijā.

Novietojums – tiek aplūkots 2 reljefa apstākļu grupās: viļņota -pauguraina un līdzena reljefa apstākļos. Pētījuma gaitā izmantoti 1.grupas novietojuma tipi, kas atkarībā no novietojuma nogāzē paredz iespēju izšķirt 7 tipus.

Mikrotopogrāfija – norāda uz mikroreljefa dažādību viena novietojuma robežās un ievērojami var ietekmēt virszemes noteces raksturu.

Nogāzes forma – liecina par virszemes noteces raksturu, intensitāti. Izšķir 9 variantus, kas veidojas, kombinējoties nogāzes formas novērtējumam vertikālā un horizontālā virzienā.

Ekspozīcija – paredz izteikt debespūšu apzīmējumus, kas noteikti ar  $23^{\circ}$  soli, sākot no

$0^{\circ}$ .

Lai iegūtu priekšstatu par nogāzes slīpuma rakstura izmaiņām, ar klinometru tika noteikts vidējais slīpums visai nogāzei un slīpums katram pēc virsmas formas viendabīgam

nogāžu posmam. Mērījumi tika veikti ar mērījumu precizitāti  $\pm 0,5^{\circ}$ .

Erozijas pamatiedalījums – tiek noteikts erozijas veids, atsevišķi nodalot tehnogēnās erozijas izpausmes.

Erozijas platība – tiek iedalīta 6 klasēs atkarībā no erodētās platības īpatsvara noteiktā teritorijā. Pētījuma kontekstā – novietojuma robežās.

Erozijas pakāpe – atkarībā no augsnes virsējo horizontu izjaukšanas pakāpes tiek izšķirtas 4 klases.

#### **4.3.2. Augšņu granulometriskais sastāvs**

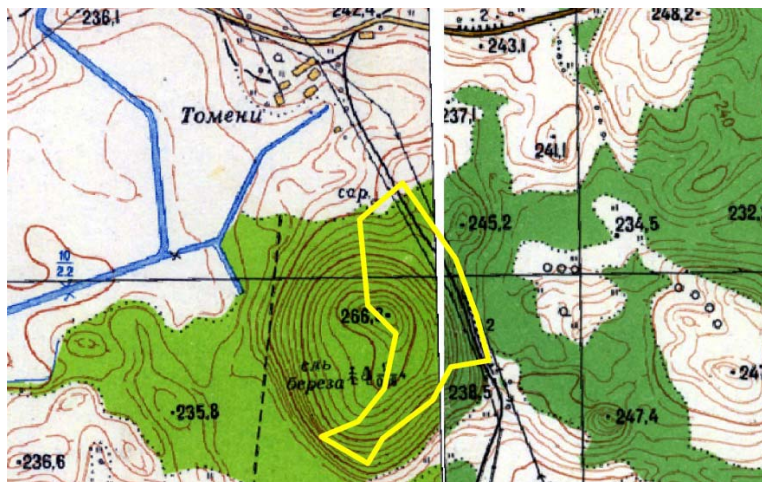
Augsnes granulometriskais sastāvs tika noteikts lauka apstākļos paraugam, kas tika iegūts, izmantojot 50cm garu nesajauktu paraugu ievākšanas zondi. Augsnes paraugs parasti iekļāva vismaz divus augsnes ģenētiskos horizontus, kas deva iespēja izsekot augsnes granulometriskā sastāva izmaiņām, to secīgi fiksējot cilmieža virzienā, kā arī pievēršot uzmanību Ah horizonta biezumam un krāsai. Konstatētais granulometriskais sastāvs ļāva noteikt arī nogulumu ģenētisko tipu (glacigēns, glaciolimniskis, glaciofluviāls) un to salīdzināt ar nogulumu tipu Latvijas ģeoloģiskajā kartē (*Latvijas ģeoloģiskā karte mērogā 1 : 200 000. 43.lapa –Limbaži, 44.lapa – Alūksne, 45.lapa –Viļaka 53.lapa – Ainaži un 54.lapa – Valka; paskaidrojuma teksts un kartes. Valsts ģeoloģijas dienests, Rīga*)

Cirsmu platību nogāzēs, kur tika konstatētas mežtehnikas risas, viens augsnes paraugs tika ņemts raksturīgā risu vietā, bet otrs paraugs - tajā pašā novietojumā ārpus risas. Lauka

apstākļos tika salīdzināts augsnes granulometriskais sastāvs un novērtēts mehāniskās erozijas pakāpe, t.i., vai ir izjaukta augsnes horizontu struktūra.

### 4.3.3. Erozijas novērtējums nesenu veiktas galvenās cirtes platībās modelīteritorijās

#### 4.3.3.1. Teritorija Nr.1 „Vidzemes Centrālās augstienes pirmmasīvs – Gaiziņa apkārtnē” (Privātais mežs)



Attēls 0.118. „Tomēnu kalna cirsmas” attēlojums topogrāfiskajā kartē

Tomēnu kalna cirsmā privātā mežā nocirsta 2012. gadā. Nogāzes slīpums nogāzes vidusdaļā

un augšdaļā 17-26<sup>0</sup>, bet zemākajā daļā 8-12<sup>0</sup>. Cirsmā aizzēlusi ar lakstaugiem, bet kokaudze

atjaunojusies ar lapu kokiem: apsi, bērzu, balttalksni un kļavu.

Paugura rietumu nogāzes lēzenākajā daļā, vietā, kur izveidojušās risas, virsmas, kuras

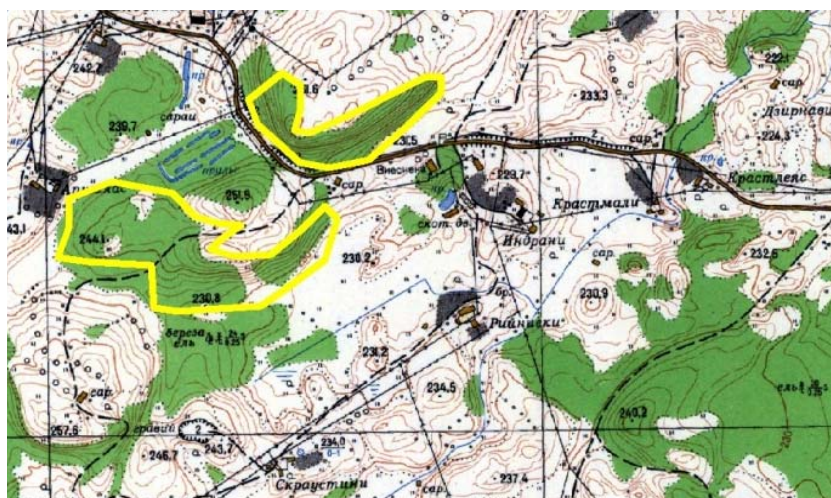
slīpums apm. 8<sup>0</sup>, novērotas apm. 15cm dziļas strūklveida erozijas pēdas. Citviet uz nogāzes

izveidotajās risās novērota augsnes noskalošanās ūdens sanesumu veidā (Attēls 0.119).



Attēls 0.119. Kreisajā pusē - risas ar erozijas pēdām Tomēnu kalnā; labajā pusē - sajaukti augsnes horizonti ar atsegtu augsni pretstatā koku krūmu segumam to apkārtnē

#### 4.3.3.2. Teritorija Nr.2 „Viesienas pauguri Gaiziņa pirmmasīvē” (Privātais mežs)



Attēls 0.120. „Viesienas pauguru” cirsmu kontūras topogrāfiskajā kartē

2011. gada cirsmā atrodas uz paugura DR,D un DA nogāzes. Paugura relatīvais augstums

27m. Nogāzes garums 80m. Virsmas slīpums nogāzes augšējā daļā  $16^{\circ}$ , bet vidusdaļā un lejas

daļā  $24^{\circ}$ . Cirsmā aizzēlusi ar lakstaugiem. Kokaudze atjaunojusies pārsvarā ar apsi.

Neskatoties uz nogāzes slīpumu nav konstatētas ūdens erozijas procesa pēdas.



Attēls 0.121. Cirsma uz Viesienas paugura nogāzes. Kokaudzes atjaunošanās nav notikusi vienīgi pievešanas ceļu vietās

#### 4.3.3.3. Teritorija Nr 3. „Sengravu saposmotais morēnas paugurs Amatas labajā krastā” (Privātais mežs)

Cirsma atrodas uz sarežģītas konfigurācijas morēnas paugurmasīva. Maksimālais relatīvais augstums starp paugurmasīva augstāko daļu un Z pakāji ir apm. 20m. Paugura

virsmu saposmo apm. 12m dziļa sengrava. Apmēram  $20^{\circ}$  stāvā Z nogāze pāriet  $3-6^{\circ}$  stāvā

dažādos virzienos vērsta nogāzē, kuru nomaina  $6-13^{\circ}$  stāva Z nogāze, kas turpinās līdz pat

paugurmasīva augstākai virsotnei. (kartes fragmentā reljefa sarežģītā artikulācija nav redzama). Cirsma izstrādāta 2012. gada jūlijā un augustā.

Cirsma platība 90% apmērā aizzēlusi un apmēram 60% apmērā atjaunojusies ar lapu koku sugām - apsi, baltalksni. Sengravas nogāzes nav aizzēlušas un tajās nav notikusi kokaudzes atjaunošanās. Tomēr pēc acumēra novērojumiem stāvajās nogāzēs ūdens erozija nav notikusi,

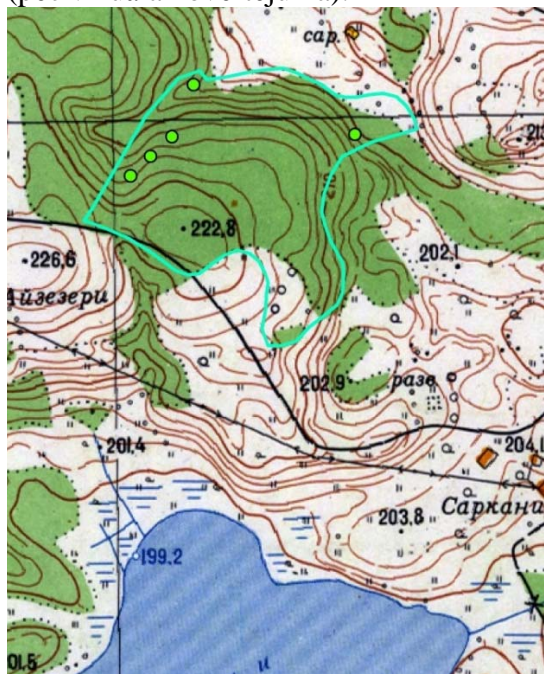
kaut arī to slīpums pārsniedz  $25^{\circ}$ . Par intensīvāku virszemes noteci pēc mežaudzes nociršanas

liecina dažādas izmēra augsnes daļiņu sakopojums apmēram  $30\text{m}^2$  platībā gravas iznesu konā, tomēr nav konstatēta nonestā materiāla izcelsmes vieta. Vielu pārnese novērota pa



risām cirsmas D daļā, kur nogāzes slīpums nepārsniedz  $6-8^{\circ}$ . Arī šeit līdzīgi kā citos objektos

risās atrodošās nocirsto koku saknes un ciršanas atliekas ierobežo erozijas procesu intensitāti (pēc vizuāla novērtējuma).



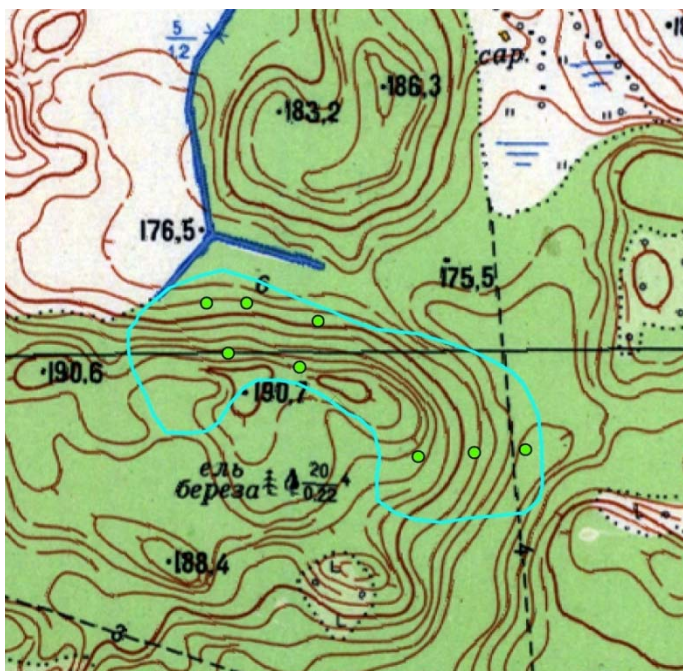
Attēls 0.122. Sengravas saposmotās cirsmas platības attēlojums topogrāfiskajā kartē Amatas ielejas labajā krastā

4.3.3.4. Teritorija Nr 4. „Dambakalns - morēnas paugurs Piebalgas paugurainē” (Privātais mežs)

Teritorija Dambakalns atrodas uz morēnas paugura Z un A nogāzes. Maksimālais relatīvais

augstums apm. 17m. Z nogāzes vidējais slīpums  $19^{\circ}$ , bet A nogāzē  $17^{\circ}$ . Nogāzes saliktas, to

stāvākā ir lejas daļa, kas pāriet mazāk stāvā nogāzes augšdaļā. Kokmateriāli no cirsmas izvesti 2013.gada aprīlī, kā rezultātā nogāzēs iebraukātas 30-70cm dziļas risas, kurās novērota augsnes noskalošanās, ko pastiprina augsnes sablīvēšana, kas kavē infiltrāciju.



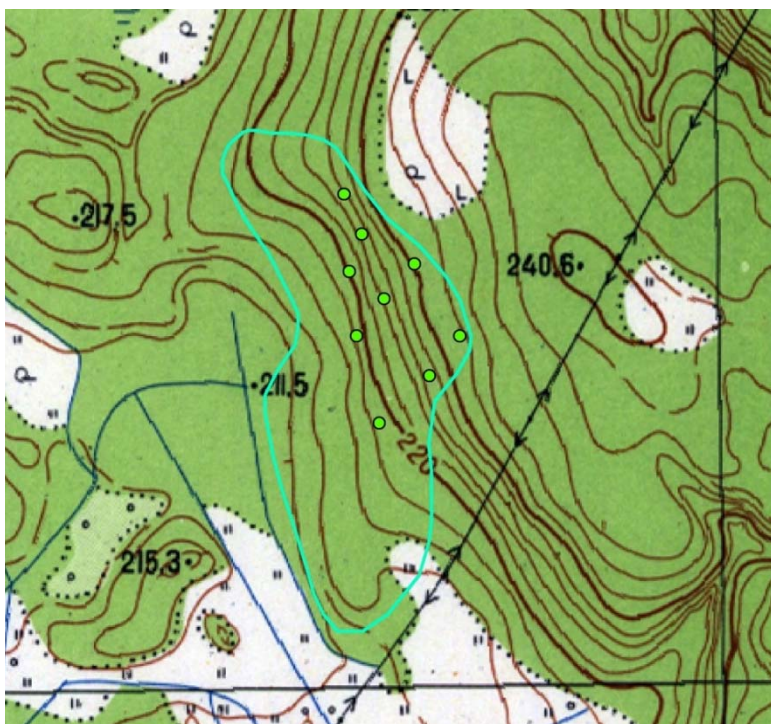
Attēls 0.123. Damabakalna cirsmas platības attēlojums topogrāfiskā kartē

#### 4.3.3.5. Teritorija Nr 5. „Platovirsas paugura R nogāzes cirsmā Amatas kreisajā krastā” (Privātais mežs)

Anckīnkalna R stāvākās nogāzes daļas garums apmēram 140m. Relatīvais augstums 26m, bet

vidējais slīpums pārsniedz  $15^{\circ}$ . Cirsmā izstrādāta 2012.gada decembrī, bet 2013. gada vasarā

tās Z daļa vismaz 70% apmērā atjaunojusies ar apsi. Virszemes noteces aktivizēšanās novērota cirsmas D daļā vietās, kur nogāzes krituma virzienā mežtehnika, nobraucot nost no pievešanas ceļiem, sablīvējusi augsni, izveidojot līdz 5cm dziļas risas. Cirsmas apsekošanu veicām augustā, tāpēc nav izslēgts, ka rudens periodā, pateicoties nokrišņiem, erozijas process kļūs intensīvāks. Tāpat minētajā cirsmas daļā tika konstatēta minimāla aizzēluma pakāpe, jauno kociņu un pameža trūkums, kas kavētu erozijas procesu aktivizēšanos. Atzīmējams, ka lielpaugura nogāzes saposmo vismaz 7 gravas, kas norāda uz erozijas procesu klātbūtni pleistocēna beigu posmā un zemkopības ietekmes rezultātā. Tomēr cirsmas nogāzē netika konstatēti glaciolimnisko nogulumu sega, kas no vienas puses norāda par neatbilstību rupja mēroga kvartārnogulumu kartes datiem, bet no otras puses atbilst plakanvirsa pauguru morfoloģijas īpatnībām Vidzemes augstienē (skat. A. Markota disertāciju „PLAKANVIRSA PAUGURU MORFOLOĢIJA, UZBŪVE UN VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI SALVEIDA AKUMULATĪVI GLACIOSTRUKTURĀLAJĀS AUGSTIENĒS LATVIJĀ”).



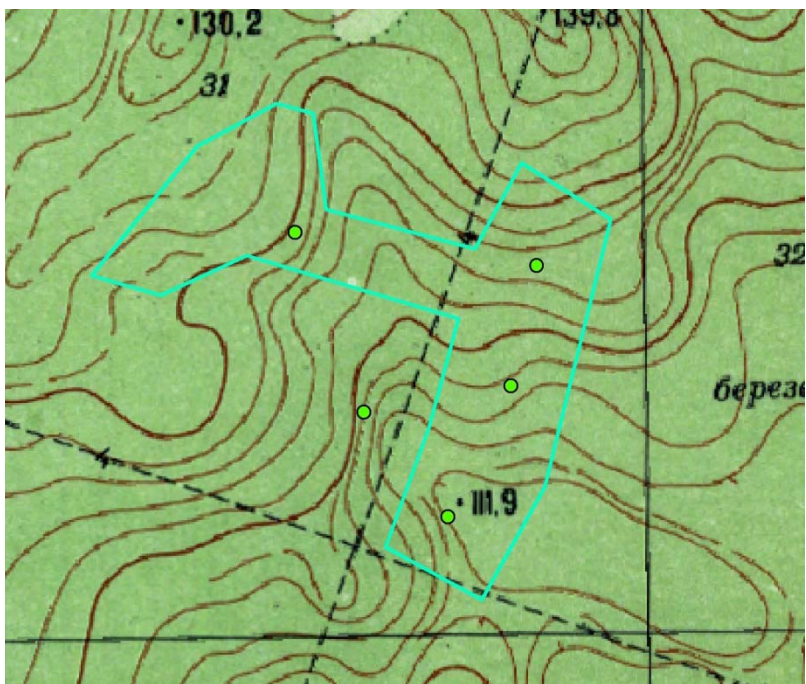
Attēls 0.124. Uz Anckiņkalna R nogāzes esošās cirsmas robežu attēlojums topogrāfiskajā plānā

#### 4.3.3.6. Teritorija Nr.6. „Vietalvas katlu cirsmā” (LVM)

„Vietalvas katli” ir toponīms teritorijai Vesetas kreisajā krastā, kur sastopamas īpatnējs reljefas ar vairāk kā 90 glaciokarsta ieplakām (Dauškans, 2011). Apsektās cirsmas teritorijā konstatējām 2 glaciokarsta ieplakas. Teritorijas atrodas Vidzemes augstienes periferiālajā zonā, kur dominē kēmu terases. Nogulumus šeit veido glaciofluviāli rupjgraudaina smilts un grants. Cirsmas platībai piemīt saposmots sīkpaugurains reljefs. Nogāžu garumi nepārsniedz

40-50m, tomēr to slīpumi nereti pārsniedz 20°. Izņemot pašu stāvāko nogāžu posmus, visā

cirsmas platībā ir veikta augsnes apstrāde joslu veidā un veikta mākslīgā kokaudzes atjaunošana. Virszemes noteces akumulācija novērota atsevišķās apstrādātajās joslās uz stāvāko nogāžu posmiem, kur to ierobežo saknes un ciršanas atliekas. Tomēr lielākajā teritorijas daļā šādi procesi nav novēroti, ko lielā mērā var izskaidrot ar granulometrisko sastāvu, kas sekmē ūdens infiltrāciju pretstatā laterālai pārnesei lejup pa nogāzi, kā arī nelieliem sateces baseiniem, kas nesavāc „pietiekamu” ūdens apjomu, lai intensīvi akumulētos virszemes notece.



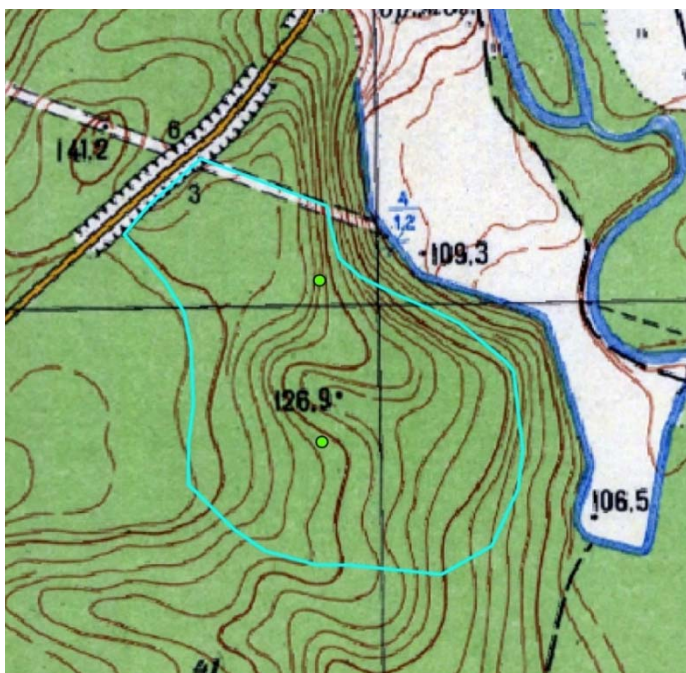
Attēls 0.125. Cirsma robežu attēlojums „Vietalvas katlos”



Attēls 0.126. Cirsma A nogāze Vietalvas katlos

#### 4.3.3.7. Teritorija Nr.7. „Cirsma uz Vesetas ielejas nogāzes” (Privātais mežs)

Vesetas labā krasta nogāzē reljefu saposmo DA virzienā vērsta grava, kur iespējama tās turpmākā attīstība pie nosacījuma, ja aktivizējas virzemes notece augšpus gravas ievalka, veidojoties izskalojumvagām vai efemērajām gravām („Augsnes ilgspējīga izmantošana un aizsardzība”, Nikodemus et al.,2009). Cirsma platība nav aizzēlusi un mežaudze nav atjaunojusies. Gravigēno procesu intensitāti nav iespējams novērtēt, jo cirsma izstrādāta 2013. gada pavasarī vai vasarā.



Attēls 0.127. Vesetas ielejas labā krasta nogāzes cirsma topogrāfiskajā kartē



Attēls 0.128. Gravās saposmotā Vesetas labā krasta nogāze

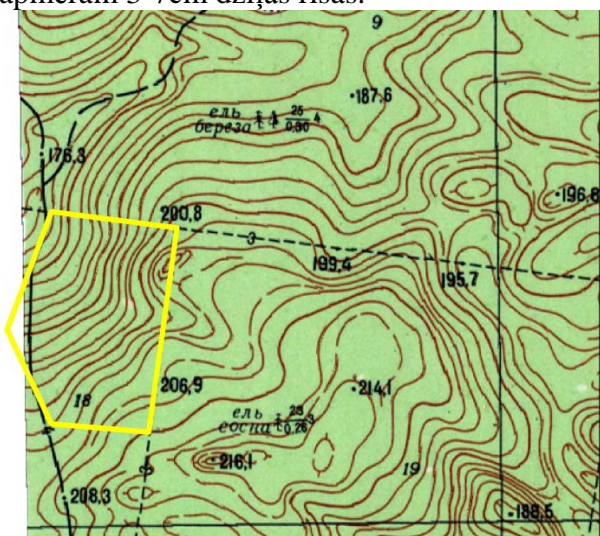
#### 4.3.3.8. Teritorija Nr.8 „Nītaures stūra masīvs - Vasu kalna cirsma” (LVM)

Cirsma atrodas uz ledāja strapmēļu stūra masīva augstākā paugura R nogāzes. (Enciklopēdija „Latvijas Daba 3.sēj. „Mežoles pauguraine”). Maksimālais relatīvais augstums ir apm. 35m.

Mežaudze nocirsta 2011./2012.gadā. Nogāzes garums apm.180m. Vidējais slīpums 17°.

Stāvākā ir apakšējā trešdaļa, kam seko lēzenāka terase, kas pāriet mainīga slīpuma nogāzē līdz pat cirsmas robežai. Augsnes apstrāde platībā nav veikta un platība aizzēlusi ar avenēm. Kokaudzes atjaunošanās nav notikusi. Atsevišķās vietās, pievedējtraktoram pārvietojoties

nogāzes krituma virzienā, notikusi augsnes virsējo horizontu sablīvēšanās, par ko liecina apmēram 3-7cm dziļās risas.



Attēls 0.129. Vasu kalna rietumu nogāze topogrāfiskajā kartē



Attēls 0.130. Skats uz cirsmas platību Vasu kalna rietumu nogāzē

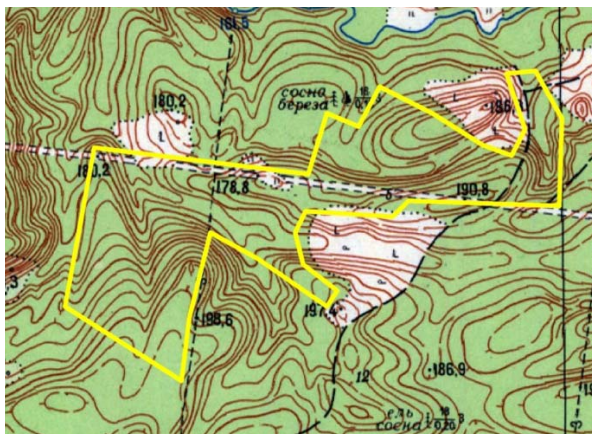
#### 4.3.3.9. Teritorija Nr.9 „Nītaures stūra masīva 2.cirsmā” (LVM).

Mainīgi saposmota cirsmas platība uz dažāda vērsuma nogāzēm. Relatīvais augstums

attiecībā pret cirsmas zemāko punktu ir 20m. Nogāžu slīpums mainās robežās no 4 līdz 25<sup>0</sup>,

vidēji 14<sup>0</sup> pie izteikti dažāda nogāžu vērsuma. Cirsmas faktiskā platība ir mazāka nekā

nogabala platība. Cirsmas platībā veikta augsnes apstrāde, izņemot stāvākos nogāžu posmus un pārpuvotos pazeminājumus. Platība nav aizzēlusī, bet apstrādātajās joslās stādītas egles.



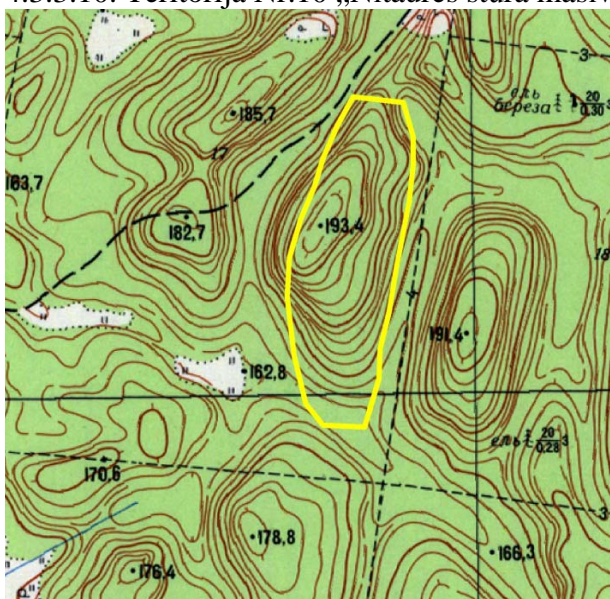
Attēls 0.131. Pa kreisi - „Nītaures stūra masīva 2.cirsmā” topogrāfiskajā plānā; pa labi - skats uz cirsmu no tās DR daļas



Attēls 0.132. Ah un E horizontu noskalošanās ūdens erozijas ietekmē apstrādātās augsnes joslās „Nītaures stūra masīva cirsmā Nr 2”

Stāvākajās vietās novērota augsnes noskalošanās lejup pa apstrādātajām joslām. Novērots, ka mikroreljefs ievērojami ietekmē noskalošanās intensitāti. Koku saknes kalpo par mehānisku barjeru, pret kuru atdurās no augstākiem novietojumiem nestās augsnes daļiņas.

#### 4.3.3.10. Teritorija Nr.10 „Nītaures stūra masīva 3.cirsmā” (LVM)



Attēls 0.133. „Nītaures stūra masīva cirsma 3.cirsma” robežu attēlojums topogrāfiskajā plānā

Maksimālais relatīvais augstums 25m. Lielākie virsmas slīpumi fiksēti rietumu nogāzē, kur

tie sasniedz 25-30<sup>0</sup>, bet mazākie DA nogāzē 8-17<sup>0</sup>. Cirsma augsnes apstrāde nav veikta, bet

pievedot kokmateriālus A nogāzē iespiestas apm.30 cm risas. Cirsma aizzēlusi ar lapu kokiem. Stāvākajos nogāžu posmos koku saknes kavē augsnes nonešanu lejup pa nogāzi.

#### 4.3.4. Rezultāti

Sapostota reljefa apstākļos reljefa izolīnijas topogrāfiskajā kartē sniedz vienkāršotu vai neprecīzu informāciju par nogāžu virsmas raksturlielumiem – vērsumu un slīpumu spektru.

Kvartārnogulumu karte mērogā 1:200 000 sniedz visnotaļ atbilstošu priekšstatu par reljefa formu morfoloģiju un ģenēzi, tomēr lokālo apstākļu īpatnības to ievērojami izmaina.

Pēc pieejamiem datiem valsts mežu masīvos bija problemātiski atrast pēdējo gadu cirsmu platības, kuras nogulumu un reljefa saposmojuma ziņā būtu vērtējamās ar augstu ūdens erozijas potenciālu.

Konstatēts, ka, pateicoties 3 gadu ciršanas apliecinājumiem un ar to saistītai datu aktualizācijai, izcirtumu platības var klāt mežs. Atšķiras arī cirsmu faktiskās robežas, salīdzinot ar Meža digitālo karti.

Erozijas procesi novēroti vietās, kur mežtehnika radījusi augsne bojājumus – augsnes horizontu sajaukšanu un sablīvēšanu. Erozijs intensitāti samazina mehāniskās barjeras – koku saknes.

Novērots, ka straujš izcirtuma platību aizzēlums ar lakstaugiem un tūlītēja kokaudzes atjaunošanās ar lapu koku sugām (pārsvārā apsi) kavē efemēro gravu veidošanos.

Glaciolimnisko nogulumu – platovirsas pauguru izplatības areālos kokmateriālu transportēšanas rezultātā veidojas ievērojami augsnes bojājumi.



#### 4.3.5. Ieteikumi

Esošais gravu tīkls var kalpot kā viena no pazīmēm potenciālā erozijas riska novērtējumā.

Kaut arī pauguru izmērs, aplūkojot to kā paugura pamatnes platības un relatīvā augstuma attiecību, netika izvērsti analizēts, tieši šiem mezoformu raksturlielumiem pievēršama lielāka uzmanība, jo lielpauguru reljefā erozijas procesu iespējamība ir lielākā tāpēc, ka nokrišņu ūdeņus vienlaikus akumulē lielāka platība, nekā tas ir sīkpauguru reljefā. Turklāt lielpauguru litoloģisko sastāvu nereti veido tieši ūdens erozijas riskam vairāk pakļautie nogulumu – māls un smilšmāls. Kā papildus pazīme izmantojama pauguru virsmas saposmējuma pakāpe, tomēr tās izmantošanu kavē nepietiekami detālais augstuma modelis.

2013. gada lauku darbu gaitā konstatēts, ka nepiemērotā izstrādes sezonā augsnes bojājumi, kā ietekmē aktivizējas nogāžu procesi, notiek arī vietās, kur nogāžu slīpums

nepārsniedz  $6 - 8^{\circ}$ , bet arī laba sasaluma apstākļos pat uz viegla granulometriska sastāva

augsnēm, traktoram braucot pa ciršanas atliekām nenoklātu vietu, augsnes bojājumi uz

nogāzēm konstatēti sākot ar  $14^{\circ}$  slīpumu. Lai novērstu augšņu bojājumus un mazinātu ūdens

erozijas riskus, pievešanas ceļi jāplāno un jāierīko tajās vietās uz nogāzēm, kas mazinātu pievešanas maršruta izmaiņu motivāciju cirsmu izstrādes laikā. Jāseko arī, vai cirsmu izstrādes laikā tiek ievērota prasība pievedējtehnikai pārvietoties pa pievešanas ceļiem.

Uz morēnas un glaciolimnisko pauguru nogāzēm jāierobežo augsnes apstrāde, priekšroku dodot dabiskai kokaudzes atjaunošanai vai veicot augsnes sagatavošanu laukumiņos.

Praktiskai augsnes erozijas novērtēšanai pirms mežsaimnieciskās darbības LVM darbinieki erozijas risku var novērtēt, izmantojot pagājušajā gadā izstrādāto algoritmu, pēc kura nosaka erozijas draudu klasi. Savukārt vietās, kurās erozijas draudi vērtēti kā augsti, pirms saimnieciskās darbības veikšanas veicama detāla augsnes erozijas draudu novērtējums, izmantojot datorprogrammu WEPP. Būtiski norādīt, ka eroziju var izraisīt atsevišķas spēcīgas lietuseģāzes, kuru varbūtība kopumā vērtējama kā zema ( piem., reizi 50 gados). Programmu var izmantot, arī modelējot vienu atsevišķu notikumu (lietuseģāzi). Atbilstoši mūsu pētījumiem, nogāzēs augsnes granulometriskais sastāvs mainās ļoti strauji, tādēļ modelējot rekomendējams ievērot piesardzības principu un pieņemt, ka visā nogāzes profilā ir augsne ar augstāko erozivitātes pakāpi, kāda konstatēta apsekojuma laikā.

Praktiskai izmantošanai audzes līmenī var izmantot arī ArcGIS rīkus, piem., Spatial analyst, 3D analyst.

Būtiski norādīt, ka reljefs, kāds tas atspoguļots topogrāfiskajās kartēs, vietām ievērojami atšķiras no situācijas dabā, tādēļ nepieciešams reljefu novērtēt uz vietas dabā. Plānotā uz LiDAR datiem balstītā Latvijas reljefa kartes izveide 2014.-2017.gadā nākotnē varētu uzlabot topogrāfisko karšu reljefa precizitāti.

#### 4.3.6. Izmantotā literatūra

1. Kārklīš A., 2007. Augsnes diagnostika un apraksts Lauku darbu metodika, LLU Jelgava. 119 lpp.

2. Āboltiņš O., 1995. Mežoles pauguraine. Grām. Kavacs G. (red.), *Enciklopēdijā "Latvija un Latvieši"*. Latvijas daba. 3.sēj. Rīga, Latvijas enciklopēdija, 242.-244.lpp
3. Daukšāns, Māris. *Kēmu terases Latvijas starplobu izometriskajās augstienēs*. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga:[LU], 2013. 110 lpp. ISBN 978-9984-45-734-5
4. Kārkliņš, A. Augsnes diagnostika un apraksts. Jelgava: LLU, 2008. 336 lpp. ISBN 978-9984-784-20-5. Markots, Aivars. *Plakanvirsas pauguru morfoloģija uzbūve un veidošanās apstākļi salveida akumulatīvi glaciostrukturālajās augstienēs Latvijā*. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga:[LU], 2011. 95 lpp. ISBN 978-9984-45-315-6.
5. Nikodemus, O. (red.) Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība. LU Akadēmiskais apgāds, 2008. 256 lpp. ISBN 978-9984-45-075-9.
6. Soms, Juris. *Gravu morfoloģija, to veidošanās un erozijas tīkla izvietojuma likumsakarības dienvidaustrumu Latvijā*. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga:[LU], 2010. 106 lpp. ISBN 978-9984-45-253-1.

## 5. Meža meliorācijas sistēmu novadgrāvju sedimentācijas dīķu efekta ietekmes novērtējums ūdens kvalitātes kontekstā

### 5.1. Ievads

Pētījumi par to, ka meliorācijai vai grāvju atjaunošanai varētu būt kāda ietekme arī uz citām ekosistēmām, piemēram, upi, kurā meliorācijas sistēma ietek, ir uzsākti salīdzinoši nesen. Latvijā līdz šim veiktie pētījumi pārsvarā koncentrējušies uz meliorācijas un meliorācijas sistēmu renovācijas ietekmi uz kokaudzes ražību. Tomēr pēdējos gados aktualitāti guvušie jautājumi, kas saistīti ar iekšzemes ūdeņu un Baltijas jūras eitrofikāciju, likuši pievērsties cilvēka darbības ietekmes analīzei. Ir skaidrs, ka eitrofikāciju izraisa gan lauksaimniecības aktivitātes, gan mežsaimnieciskā darbība, bet kāds tieši ir mežsaimniecības piensums biogēno vielu apritē un barības vielu iznesē, nav īsti zināms. Latvijā ir veikts pētījums par biogēno elementu apriti upju ūdeņos un dažādās mežaudzēs to krastos (Indriksons, 2009), kurā akcentēta aizsargjoslu nozīmība upju ūdens attīrīšanā, kā arī tas, ka biogēno vielu apriti ietekmē ļoti daudzu faktoru mijiedarbība. Pētījumi par konkrētu mežsaimniecisko darbību ietekmi uz ūdens kvalitāti ūdenstecēs Latvijā līdz šim nav veikti. Līdz ar to uzskatāms, ka pētījums par meliorācijas sistēmu renovācijas ietekmi uz dabiskajām ūdenstecēm sistēmu lejtecēs ir nepieciešams un aktuāls.

Līdz šim pētījumi par barības vielu iznesi no meliorētām platībām galvenokārt veikti Somijā; tie pārsvarā aizsākti 1990. gadu vidū. Piemēram, laika periodā no 1995. līdz 2001. gadam somu zinātnieki veikuši pētījumus par ūdensteču aizsargjoslu un sedimentācijas dīķu ietekmi uz suspendēto daļiņu izskalošanos no nosusinātām kūdras augsnēm. Pētījumi veikti, ilgstoši analizējot gan aizsargjoslā ieplūstošos, gan izplūstošos ūdeņus un novērtējot to ķīmiskās un fizikālās īpašības (Nieminen et al. 2005). To laikā veikta meliorācijas sistēmu uz kūdras augsnēm renovācija. Jāatzīmē, ka Somijā ieteiktais aizsargjoslu platums gar ūdenstilpēm privātajos mežos ir 3-5 metri, valsts mežos – 10-20 metri, pie grāvjiem 3-5 metri, strautiem 10-15 metri, bet upēm – 30-50 metri. Latvijā šādi diferencēti normatīvi nepastāv, aizsargjoslu platumi ir definēti atkarībā no ūdensteces garuma un ūdenstilpes platības. Somu pētījumā secināts, ka platākas aizsargjoslas (virs 1% no ietekmētās ūdensteces platības) būtiski vairāk aizkavē suspendēto daļiņu nonākšanu ūdenstecēs (izskaloto daļiņu apjoms samazinās par 70%, salīdzinot ar kontroli) nekā vidēja izmēra aizsargjoslas, kuras aiztur tikai apmēram 40-50% suspendēto daļiņu no caurplūstošajiem ūdeņiem. Pētnieki norāda arī, ka iepriekš ir tikusi pētīta suspendēto daļiņu izskalošanās no minerālaugsnēm, ko galvenokārt izraisījuši stipri nokrišņi kailciršu platībās. Šajā gadījumā daļiņas netiek izskalotas no augsnes dziļākajiem slāņiem, bet gan no pašas virskārtas, kur atrodas ciršanas atliekas dažādās sadalīšanās stadijās (Joensuu et al. 1999, Nieminen et al. 2010).

Somu pētījumos secināts arī, ka aizsargjoslas aizturēto suspendēto daļiņu daudzumam ir cieša pozitīva korelācija ar aizsargjoslā ieplūstošajā ūdenī esošo suspendēto daļiņu daudzumu. Autori atzīmē, ka aizsargjoslā ierīkotus filtrācijas laukus būtu iespējams izmantot meliorācijas sistēmās nonākušo suspendēto daļiņu uzkrāšanai sedimentācijas baseinu vietā, bet tas var veicināt buferzonas augsnes slāņa pastiprinātu piesārņošanu ar suspendētajām daļiņām (Linjeniemis et al. 2003).

Pēc grāvju renovācijas kūdras augsnēs suspendēto daļiņu apjoms pieaug līdz 100-200 mg L<sup>-1</sup>, pēc dažām nedēļām to daudzums sarūk līdz 8-70 mg L<sup>-1</sup>. Principā paaugstināts suspendēto daļiņu saturs ir paaugstināts pat 10 gadus pēc grāvju rakšanas. Fosfors no kūdras augsnes var

izskatoties pat 20 gadus pēc aktivitātes, sevišķi, ja rokot ir aizskarts minerālaugsnes slānis zem kūdras. Lietusgāžu laikā suspendēto daļiņu apjoms palielinās vismaz 2-3 gadus pēc grāvju tīrīšanas (Nieminen, personiska konsultācija).

Pētījumā par sedimentācijas baseinu ietekmi uz suspendēto daļiņu iznesi no sateces baseina secināts, ka, salīdzinājumā ar kontroli, kur nav veikta meliorācijas sistēmas renovācija, pirmajos gados (sevišķi pirmajā) pēc renovācijas suspendēto daļiņu apjoms, kas nonāk sedimentācijas dīķos, ir pat 11 reizes lielāks un sasniedz  $48.5 \text{ mg L}^{-1}$  (Joensuu et al., 1999). Pat ja pirmajā gadā pēc grāvju renovācijas sedimentācijas baseins, saskaņā ar novērojumiem, savu funkciju īsti nepilda, jau, sākot ar otro novērojumu gadu, aizturēto suspendēto daļiņu apjoms ir būtisks (Joensuu 1992, Manninen 1998).

Svarīgākais upju un dabisko ūdensteču eutrofikācijas risku samazināšanā ir novērst suspendēto daļiņu un biogēno elementu virzīšanos uz ūdenstilpēm, kuras atrodas leļpus meliorācijas sistēmām. Sedimentācijas dīķi jeb nosēdbedres aiztur pašas daļiņas, bet barības vielas parasti tomēr nonāk strautā vai upē. Kā cita iespēja minama - atstāt grāvī netīrītas sekcijas, kuras darbotos kā filtri. Šādas sekcijas būtu jāparedz jau grāvju projektēšanas stadijā. Svarīgi ir nepieļaut biogēno elementu nonākšanu tieši ūdenstecēs ar meliorācijas sistēmas ūdeņiem. Ir arī pierādīts, ka aizsargjoslas gar ūdenstilpēm efektīvi aiztur P un N. Toties nosēdbedres šos elementus principā neaiztur. Iepriekšējo pētījumu rezultāti liecina, ka nozīmīgs ir arī sedimentācijas dīķa izmērs. Liela izmēra sedimentācijas dīķi, kas vienlaikus izmantojami kā meža dzīvnieku dzirdinātavas vai ūdens ņemšanas vietas ugunsdzēsības vajadzībām, darbojas efektīvāk eutrofikācijas samazināšanā. Somijā platībās uz kūdras augsnēm, kurās mežs nav audzēts iepriekš, mēdz rakt grāvim paralēlu otru, seklāku, grāvi, kura funkcija ir caur drenāžu uzņemt to ūdeni, ar kuru pamatgrāvis pavasaros netiek galā (Nieminen, personiska konsultācija).

Viens no nozīmīgākajiem sedimentācijas dīķu darbības efektivitātes rādītājiem ir suspendēto cietvielu daudzums, kas no meliorācijas sistēmas novadgrāvjiem nonāk ūdensteču ūdenī. Suspensija ir cietviela, kas parasti šķīdumā tiek izklīdināta daļiņās, kas lielākas par vismalkāko augsnes frakciju - koloīdiem ( $> 0.0001 \text{ mm}$ ) un pieder granulometriskā sastāva māla, duļķu, putekļu vai smilts frakcijām. Atsevišķi izdala jēdzienus: TDS – kopējais izšķīdušo cietvielu daudzums (total dissolved solids) – kopējo izšķīdušo cietvielu un kopējo suspendēto cietvielu summa; TSS – kopējais suspendēto cietvielu daudzums (total suspended solids) – atlikušais materiāls, ko var atdalīt no šķīduma, izmantojot filtrēšanu. Uzskatāms, ka tieši TSS parasti izraisa lielākās problēmas pēc nosusināšanas grāvju pārtīrīšanas vai jaunu grāvju sistēmu ierīkošanas, veidojot augsnes sanesumus grāvju lejtecē vai upēs, kas rada kaitējumu zivīm un citiem ūdens faunas pārstāvjiem.

Jāatzīmē, ka pat Somijā nav izstrādāta metode biogēno elementu kritisko koncentrāciju noteikšanai; visi secinājumi izriet no ilgstošiem novērojumiem renovētās meliorācijas sistēmās un kontroles platībās. Līdz ar to būtu jāpieņem, ka faktiskā vielu koncentrācija novērojumu periodā raksturo atšķirīgu meža ekosistēmu īpatnības, un būtu jāvērtē nosēdbedres efektivitāte katrā konkrētajā gadījumā.

Balstoties uz esošās situācijas analīzi, šī pētījuma mērķis ir noskaidrot nosēdbedru jeb sedimentācijas dīķu ietekmi uz suspendēto cietvielu un biogēno elementu iznesi no meliorācijas sistēmām pēc meža meliorācijas sistēmu renovācijas. Lai mērķi realizētu, izvirzīti sekojoši uzdevumi:

1. Trijos 2012.gadā ierīkotos pētījumu objektos 2013.gada vasaras sezonā veikt regulārus (divreiz mēnesī) noteces mērījumus un iegūt ūdens paraugus, lai varētu noskaidrot biogēno vielu apjomu tajos un to iznesi no sateces baseina visā novērojumu periodā.
2. Novērtēt nosēdbedru efektivitāti katrā pētījumā iekļautajā objektā, salīdzinot rezultātus ar 2012.gada rezultātiem.

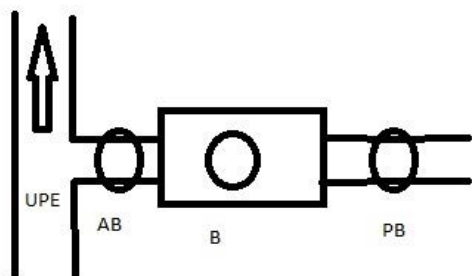
## 5.2. Pētījuma objekti

### 5.2.1. Pētījuma objektu izvēle un dizains

2013.gadā turpināti novērojumi trijos iepriekšējā pārskata periodā (2012.gads) ierīkotajos objektos A/S „Latvijas valsts meži” apsaimniekotajos nosusinātajos mežos - 2 objekti Rietumvidzemes un viens objekts Ziemeļkurzemes mežsaimniecībā. Atšķirībā no 2012.gada izmantotās metodikas ūdens paraugi netika vākti upē, jo dati uzrādīja neizskaidrojamas vielu koncentrāciju svārstības visā novērojumu periodā, ko varētu būt izraisījuši citi faktori ārpus pētījumā iekļautās teritorijas. Tāpat tika samazināts ievācamo paraugu skaits pirms nosēdbedres, par paraugu ņemšanas vietu izvēloties vidējo no 2012.gadā izmantotajām paraugu ņemšanas vietām pirms nosēdbedres. Līdz ar to katrā objektā grāvju profila uzmērīšana un ūdens paraugu ņemšana notika trīs dabā atzīmētos parauglaukumos. Parauglaukumu izvietojums tika plānots tā, lai iegūtu iespējami precīzu ūdens sastāva paraugu pirms un pēc nosēdbedres, kā arī pašā bedrē. Attālums starp paraugu ņemšanas vietām, līdzīgi kā iepriekš, izvēlēts 70-80 metri.

2013. gada maijā turpināta empīrisku datu ievākšana atlasītajos pētījumu objektos, pārbaudot sedimentācijas dīķu stāvokli un ievācot ūdens paraugus divreiz mēnesī.

Vispārīga parauglaukumu izvietojuma shēma visos trīs pētījumā iekļautajos objektos parādīta 5.1.attēlā (Attēls 0.134. Paraugu ievākšanas vietu izvietojuma vispārēja shēma ( apzīmējumi: PB- pirms bedres, B – bedre, AB – aiz bedres), attālums starp paraugu ņemšanas vietām 70-80 metri.

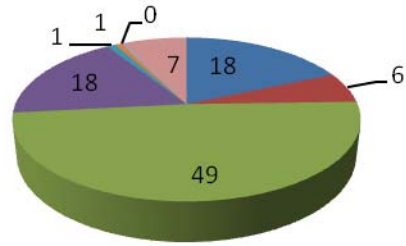
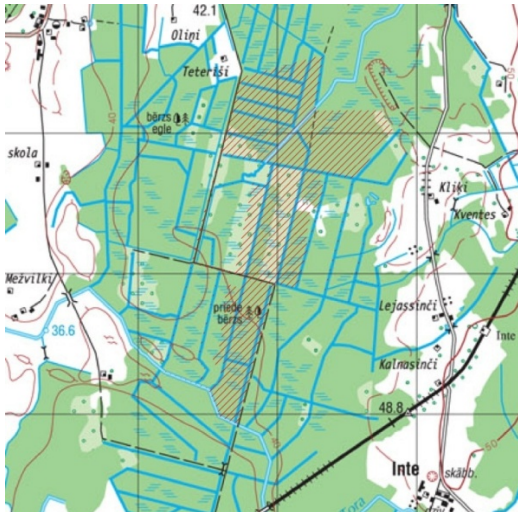


Attēls 0.134. Paraugu ievākšanas vietu izvietojuma vispārēja shēma ( apzīmējumi: PB- pirms bedres, B – bedre, AB – aiz bedres), attālums starp paraugu ņemšanas vietām 70-80 metri

### 5.2.2. Pētījuma objektu raksturojums

1. Rietumvidzemes mežsaimniecības 423.piejūras meža iecirkņa meža meliorācijas sistēmas „Stūrīši” maģistrālais grāvis N-41. Grāvja sateces baseina platība 272.1 ha.

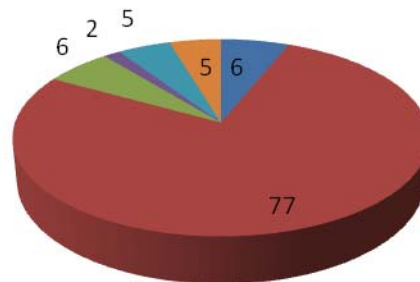
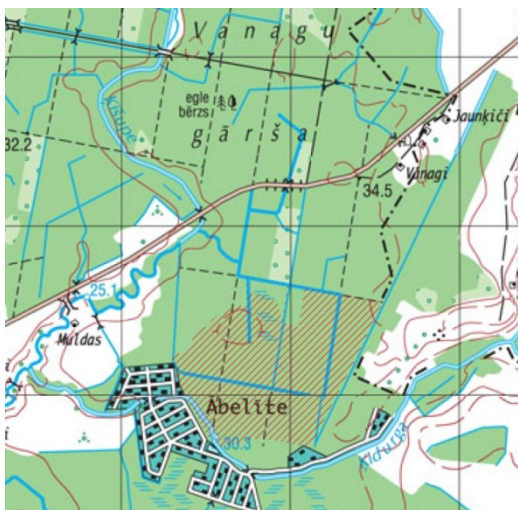
Koku sugu aizņemtās platības procentuālais sadalījums sateces baseina teritorijā parādīts 5.2. att. Redzams, ka valdošās koku sugas ir bērzs, priede un melnalksnis, kopā veidojot gandrīz 85% no mežaudzēm sateces baseina teritorijā. Nosēdbedre veidota grāvja lejtecē pirms tā ietekas upē Tora, tās garums 50 metri, dziļums – 0.5 metri lielāks par grāvja dibena dziļumu konkrētajā vietā. Saskaņā ar lauka darbu žurnālu grāvi N-41 sāka renovēt 11.04.2012., beidza 11.05.2012., bet nosēdbedre tika pārtīrīta 15.05.2012. Ūdens paraugi analizēm ievākti un grāvja profils mērīts 3 vietās - pirms nosēdbedres, pašā bedrē un vienā vietā aiz bedres. Kopumā 2013. gada novērojumu periodā paraugi ievākti 13 reizes.



Attēls 0.135. N-41 sateces baseina novietojums (iesvītrots) un platības sadalījums pēc valdošās koku sugas, %

### 2. Rietumvidzemes mežsaimniecības piejūras meža iecirkņa meža meliorācijas sistēmas „Vanagu gārša 3” maģistrālais grāvis N-52. Grāvja sateces baseina platība 73.2 ha.

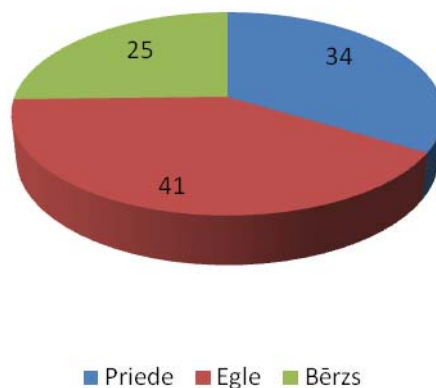
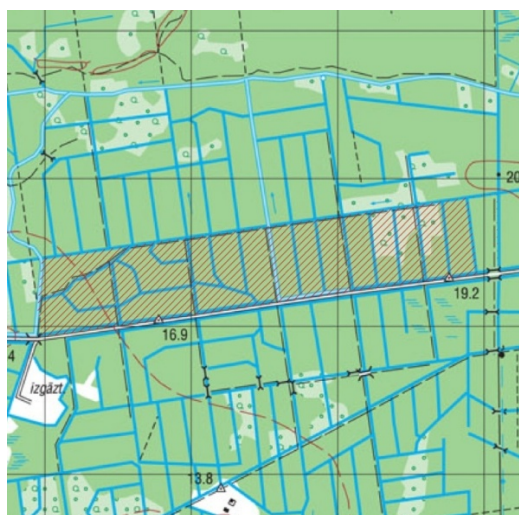
Koku sugu aizņemto platību procentuālais sadalījums sateces baseina teritorijā parādīts 5.3. attēlā. Redzams, ka galvenās valdošās koku sugas ir bērzs, kopā veidojot 77% no mežaudzēm sateces baseina teritorijā. Nosēdbedre veidota grāvja lejtecē pirms tā ietekas savācējgrāvī S-54, tās garums 50 metri, dziļums – 0.5 metri lielāks par grāvja dibena dziļumu konkrētajā vietā. Saskaņā ar lauka darbu žurnālu grāvi N-52 sāka renovēt 23.05.2012., beidza 01.06.2012., bet nosēdbedre tika pārtīrīta 13.09.2012. Ūdens paraugi analizēm ievākti un grāvja profils mērīts 3 vietās - pirms nosēdbedres, pašā bedrē un vienā vietā aiz bedres. Kopumā 2013. gada novērojumu periodā paraugi ievākti 13 reizes, četras reizes - divas jūlijā, pa vienai augustā un septembrī - konstatēts, ka meliorācijas sistēma ir pilnīgi sausa un paraugus attiecīgi nav iespējams ievākt.



Attēls 0.136. N-52 sateces baseina novietojums (iesvītrots) un platības sadalījums pēc valdošās koku sugas, %

### 3. Ziemeļkurzemes mežsaimniecības meža meliorācijas sistēmas „Bušnieku kanāla grāvji 1” maģistrālais grāvis N-23. Sateces baseina platība 76.07 hektāri

Sateces baseina teritorijā atrodas galvenokārt meži As un Am meža tipos (attiecīgi 80% un 20%). Pārējo meža tipu sastopamība sateces baseina teritorijā uzskatāma par nebūtisku. Augsnes sastāvā galvenokārt atrodamas smilšu un smilšmāla augšnes. Ierīkotas 3 paraugu ņemšanas vietas –augšpus nosēdbedres, viena pašā bedrē, viena aiz bedres uz grāvja N-23. Ir zināms, ka grāvi renovēja laikā no 2012.gada 11.līdz 21. jūlijam. Grāvja kritums 1.19 promilles, nosēdbedres garums 30 metri. Dziļums 0.5 metri. Nosēdbedre tika atkārtoti pārtīrīta 2013.gada pavasarī. Kopumā 2013. gada novērojumu periodā paraugi ievākti 13 reizes.



Attēls 0.137. N-23 sateces baseina novietojums (iesvītrots) un platības sadalījums pēc valdošās koku sugas, %

### 5.3. Mērījumu un analīžu veikšanas metodika

#### 5.3.1. Ūdens notece

Noteces mērījumi veikti, nosakot straumes ātrumu katrā parauga ievākšanas reizē un vietā. Tas darīts 10 metrus garā posmā piecos atkārtojumos pēc virsmas pludiņa metodes. Zinot laika periodu, kurā pludiņš veic 10 metrus garo posmu, iespējams aprēķināt straumes vidējo ātrumu konkrētajā vietā. Gadījumos, kad straumes ātrums nav nosakāms pretvēja vai necīgās straumes dēļ, pieņemts, ka ātrums ir tuvs nullei, kas nozīmē arī to, ka konkrētajā laika periodā biogēno elementu iznese būs tuva nullei.

Lai aprēķinātu biogēno elementu iznesi, nepieciešams zināt arī grāvja šķērsprofila laukumu. To iespējams izmērīt, katrā paraugu ņemšanas vietā perpendikulāri krastam nosakot ūdens virsmas platumu un, atkarībā no tā, ik pēc noteikta attāluma nosakot ūdens dziļumu. Vietās ar ūdens virsmas platumu līdz 200 cm dziļums mērīts ik pēc 10 cm, ar platumu 201-500 cm – ik pēc 20 cm, bet platākos grāvjos un upēs – ik pēc 40 cm. Kamerāli sareizinot šķērsriezuma laukumu ar straumes ātrumu, iegūst ūdens daudzumu, kas aizplūst caur parauga ņemšanas vietu konkrētajā brīdī. No šī lieluma, savukārt, iespējams iegūt katra biogēnā elementa izneses apjomu no grāvja sateces baseina visā novērojumu periodā.

#### 5.3.2. Ūdens ķīmiskais sastāvs

Ūdens paraugi grāvī katrā objektā ievākti divas reizes mēnesī tajās pašās vietās, kur mērīta notece – vienā vietā augšpus sedimentācijas dīķa, sedimentācijas dīķa vidusdaļā un vienā vietā lejpus sedimentācijas dīķa. Katrā vietā vienā reizē ņemti 750-1000 mL, paraugi iepildīti

plastmasas pudelēs un aukstumkastēs transportēti uz laboratoriju. Ūdens paraugs vienmēr ņemts pirms profila un straumes ātruma mērījumiem.

LVMI „Silava” Meža vides laboratorijā ūdens paraugos noteikti sekojoši fizikālie un ķīmiskie parametri: cieta suspendēto vielu saturs,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N_{kop}$ ,  $P-PO_4^{3-}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  saturs ( $mg\ L^{-1}$ ), pH līmenis un izšķīdušā organiskā oglekļa saturs.

Pirms  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $P-PO_4^{3-}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  un  $Mg^{2+}$  satura noteikšanas ūdens paraugi filtrēti caur borsilikātu stikla šķiedras filtriem. Ūdens paraugu pH noteikts atbilstoši LVS ISO 10523 standartam. Kalcijs ( $Ca^{2+}$ ) un magnijs ( $Mg^{2+}$ ) saturs noteikts, izmantojot liesmas atomu absorbcijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS EN ISO 7980 standartam. Kālijs (K) saturs noteikts, izmantojot liesmas emisijas spektrofotometrijas metodi, atbilstoši LVS ISO 9964-3:2000 standartam. Amonija jonu ( $N-NH_4^+$ ) saturs ūdens paraugos noteikts atbilstoši LVS ISO 7150/1:1984 standartam, izmantojot spektrofotometrisko metodi. Nitrātu jonu ( $N-NO_3^-$ ) saturs noteikts, izmantojot Machenery Nagel PF11 fotometru un nitrātu noteikšanas testa komplektu Visicolor ECO 5-41. Fosfātu jonu ( $P-PO_4^{3-}$ ) saturs noteikts atbilstoši LVS EN ISO 6878 standartam, izmantojot amonija molibdāta spektrofotometrisko metodi. Kopējais slāpekļa ( $N_{kop}$ ) saturs noteikts, izmantojot modificētu Kjeldāla metodi. Cieta suspendēto vielu saturs noteikts atbilstoši LVS EN 872 standartam. Izšķīdušā organiskā oglekļa saturs noteikts atbilstoši LVS EN 1484:2000 standartam, metodes pamatā ir katalītiskā sadedzināšana un infrasarkanā detektēšana.

Vielu koncentrāciju atšķirību būtiskums starp paraugu ņemšanas vietām un gadiem analizēts ar Manna-Vitneja testu.

#### 5.4. Rezultāti

Pavisam kopā 2013.gada novērojumu periodā ievākti un analizēti 105 ūdens paraugi. Ssalīdzinoši garākā novērojumu sezona ļāva paraugus ievākt vairākos atkārtojumos nekā 2012.gadā. Līdzīgi kā 2012. gadā, svarīgs faktors, kurš izrādījās būtisks rezultātu interpretācijai, bija straumes ātrums paraugu ņemšanas vietā aiz bedres. Bieži tas bija tik niecīgs, ka, pārrēķinot vielu koncentrāciju garākā laika periodā (novērojumu periods vai gads) no sateces baseina hektāra, iegūtie rezultāti ir grūti salīdzināmi ar citu pētījumu rezultātiem. Acīmredzot somu zinātnieku izmantotajos objektos grāvja posms starp nosēdbedri un upi ir garāks un ar lielāku kritumu.

Mazākā grāvju ūdenī pēc meliorācijas sistēmu renovācijas 2013.gadā konstatētā vidējā pH vērtība ir 6.5, bet lielākā – 8.4. Atbilstoši šim rādītājam, laba ūdens kvalitāte ir bijusi visos analizētajos paraugos (Tabula 0.55; Indriksons 2006, Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti 2002). Nitrātu koncentrācija analizētajos paraugos svārstās no 0.01 līdz 2.39  $mg\ L^{-1}$ , bet amonija koncentrācija no 0.01 līdz 0.13  $mg\ L^{-1}$ . Atbilstoši šiem rādītājiem, augstai un labai kvalitātei atbilst 98% no analizētajiem paraugiem, amonija saturs robežkoncentrāciju pārsniedz paraugos, kas ņemti objektos Vanagu gārša, pie tam paaugstināta koncentrācija konstatēta tikai paraugā, kas iegūts nosēdbedrē. Kālija saturs analizētajos paraugos bijis no 0.39 līdz 2.65  $mg\ L^{-1}$ , atbilstoši šim rādītājam visi paraugi atbilst augstai un labai kvalitātei. Fosfātu jonu koncentrācija analizētajos paraugos svārstās no 0.01 līdz 0.72  $mg\ L^{-1}$ ; atbilstoši šim rādītājam, 98% paraugu ūdens kvalitāte ir atbilstoša dzeramā ūdens kvalitātes A2 un A3 kategorijas prasībām. Maksimālā koncentrācija 0.72  $mg\ L^{-1}$  konstatēta objektā Bušnieku grāvji, pie tam pirms bedres. Analizētajos paraugos 2013.gadā konstatēts no 0 līdz 721  $mg\ L^{-1}$  suspendēto daļiņu; atbilstoši šim rādītājam, 84% paraugu atbilst prioritāro zivju ūdeņu ūdens kvalitātes normatīviem.

Tabula 0.55

Ūdens kvalitātes prasības Latvijā atbilstoši dažādiem informācijas avotiem

Parametrs	Mērvienība	Augsta kvalitāte	Laba kvalitāte	Slikta kvalitāte	Robežkoncentrācija
-----------	------------	------------------	----------------	------------------	--------------------



Nitrāti NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	< 25	25	> 50	50
Amonijs NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	< 0.05	0.05	> 0.5	0.5 ≤ 0,78 <sup>a, b</sup> ≤ 0,78**
Kālijs K <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	< 10	10	> 12	12
Kalcijs Ca <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>		100		
pH			6.5-8.5		9.5
Fosfātjoni P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg L <sup>-1</sup>		0,18 <sup>c</sup> 0,3 <sup>d</sup> 0,3 <sup>e</sup>		
Suspendētās vielas	mg L <sup>-1</sup>				≤ 25 <sup>a, b</sup>

<sup>a</sup> – ūdens kvalitātes normatīvi lašveidīgo zivju ūdeņiem

<sup>b</sup> – ūdens kvalitātes normatīvi karpveidīgo zivju ūdeņiem

<sup>c</sup> – dzeramā ūdens kvalitātes normatīvi, A1 kategorija — izmantota vienkārša fizikāla attīrīšana un dezinfekcija

<sup>d</sup> – dzeramā ūdens kvalitātes normatīvi, A2 kategorija — izmantota fizikāla un ķīmiska attīrīšana un dezinfekcija;

<sup>e</sup> – dzeramā ūdens kvalitātes normatīvi, A3 kategorija — izmantota intensīva fizikāla un ķīmiska attīrīšana, pastiprināta attīrīšana un dezinfekcija.

5.2. tabulā apkopotas analizēto elementu vidējās koncentrācijas abos novērojumu periodos (2012.un 2013.gadā) pēc meliorācijas sistēmu renovācijas, kā arī pirms tās (šeit un turpmāk paraugu ņemšanas vietu apzīmējumi: PB – pirms bedres, B – bedrē, AB – aiz bedres). Nitrātu jonu vidējā koncentrācija novērojumu periodā pēc meliorācijas sistēmu renovācijas posmā aiz sedimentācijas dīķa gandrīz visos pētījumu objektos ir lielāka nekā pirms tā, izņemot objektu Vanagu Gārša; augstākā N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> koncentrācija konstatēta objektā Stūrīši 1. Fosfātu jonu un amonija jonu koncentrācija 2013.gada novērojumu periodā būtiski neatšķiras ne starp objektiem, ne starp paraugu ņemšanas vietām (izņemot jau minēto gadījumu ar vairākus desmitus reižu palielināto fosfātu koncentrāciju objektā Bušnieki 1 augusta vidū).

K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> un Mg<sup>2+</sup> koncentrācija pirms un pēc sedimentācijas baseina atšķiras nedaudz. Arī kopējā slāpekļa koncentrācijas pirms un pēc nosēdbedres neuzrāda konkrētas likumsakarības, toties visos trīs objektos novērojama tendence, ka kopējā slāpekļa koncentrācija samazinās starp novērojumu periodiem. Suspendēto daļiņu apjoms (TSS) gandrīz visos gadījumos pēc meliorācijas sistēmu renovācijas ir lielāks nekā pirms tās, un to koncentrācija grāvja posmā aiz sedimentācijas dīķa ievērojami mazāka ir objektos Stūrīši 1 un Vanagu gārša. Izšķīdušā oglekļa (DOC) koncentrācija pēc meliorācijas sistēmas renovācijas vidēji palielinās un turpina pieaugt arī 2013.gadā; pārsvarā gadījumu netika konstatētas izteiktas atšķirības starp DOC koncentrāciju pirms un pēc sedimentācijas baseina.

Tabula 0.56.

Analizēto elementu koncentrācija pirms meliorācijas sistēmu renovācijas (I), pēc tās vidēji novērojumu periodā 2012. gadā (II) un 2013. gadā (III) pētījuma objektos (<NR – koncentrācija zem noteikšanas robežas, ND - nav datu)

Elementa koncentrācija, mg L <sup>-1</sup>	Parauga ņemš. vieta	Bušnieki 1			Stūrīši 1			Vanagu gārša		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PB	-	0,23	0,09	-	0,32	0,31	0,46	0,21	0,23
	B	0,03	0,27	0,09	-	0,59	0,37	0,38	0,20	0,17
	AB	0,08	0,27	0,11	-	0,65	0,32	0,44	0,24	0,22
	ABU	0,08	0,09	ND	-	0,24	ND	0,44	0,36	ND
P-PO <sub>4</sub> <sup>3+</sup>	PB	0,02	0,01	0,06	-	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
	B	0,02	0,02	0,01	-	0,01	0,01	<NR	0,02	0,01
	AB	0,02	0,02	0,01	-	0,01	0,01	<NR	0,03	0,01

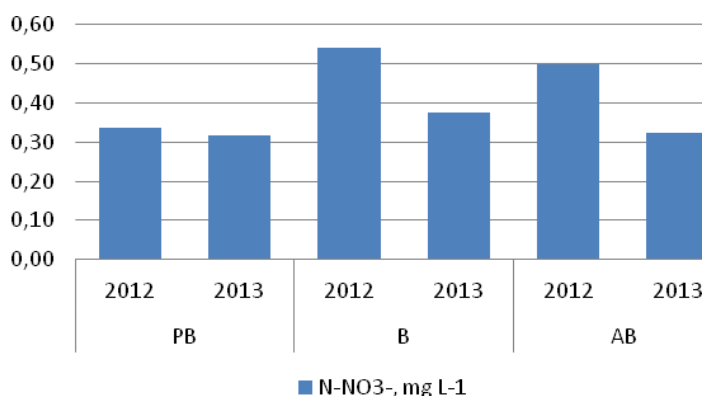
Elementa koncentrācija, mg L <sup>-1</sup>	Parauga ņemš. vieta	Bušnieki 1			Stūrīši 1			Vanagu gārša		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
	ABU	0,02	0,02	ND	-	0,02	ND	0,09	0,02	ND
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PB	0,01	0,04	0,01	-	0,07	0,02	0,28	0,09	0,02
	B	0,01	0,03	0,01	-	0,07	0,03	0,27	0,06	0,03
	AB	0,01	0,07	0,02	-	0,11	0,03	0,45	0,06	0,02
	ABU	0,01	0,05	ND	-	0,06	ND	0,45	0,06	ND
K <sup>+</sup>	PB	0,71	1,10	1,23	-	0,98	1,04	0,98	1,57	1,14
	B	0,71	1,17	1,20	-	0,91	1,15	0,79	2,34	1,19
	AB	0,88	1,16	1,23	-	0,94	1,13	1,17	1,67	1,28
	ABU	0,88	0,74	ND	-	1,19	ND	1,17	1,64	ND
Ca <sup>2+</sup>	PB	54,44	65,37	55,5	-	55,95	46,8	50,34	61,36	58,8
	B	54,32	64,33	57,9	-	55,72	47,8	49,69	60,50	59,3
	AB	56,90	63,72	58,1	-	56,30	48,9	48,86	60,76	63,3
	ABU	56,90	44,33	ND	-	47,40	ND	48,86	65,57	ND
Mg <sup>2+</sup>	PB	9,90	7,53	7,90	-	13,92	13,45	13,89	16,17	15,9
	B	9,34	7,58	7,85	-	13,91	13,76	14,05	16,12	16,1
	AB	9,07	7,53	7,71	-	13,96	13,78	14,15	16,15	16,0
	ABU	9,07	6,50	ND	-	11,98	ND	14,15	15,54	ND
N <sub>kop.</sub>	PB	1,00	1,63	0,58	-	2,49	1,25	3,22	2,73	0,83
	B	0,80	1,48	0,57	-	4,48	1,29	3,22	2,57	0,80
	AB	-	2,46	0,58	-	2,99	1,28	3,08	2,09	0,79
	ABU	4,70	2,24	ND	-	3,00	ND	3,08	1,81	ND
TSS	PB	15,00	23,63	18,37	-	64,83	7,82	2,00	111,63	23,75
	B	16,00	20,88	19,71	-	168,67	63,3	5,00	373,20	40,82
	AB	9,00	24,13	26,76	-	62,17	20,43	6,00	72,10	14,4
	ABU	9,00	8,06	ND	-	53,42	ND	6,00	44,60	ND
DOC	PB	14,60	25,23	35,72	-	24,36	36,9	23,00	22,15	42,18
	B	14,80	24,38	35,84	-	23,77	37,04	22,20	20,38	41,7
	AB	-	24,26	35,09	-	24,33	37,3	24,60	21,91	37,3
	ABU	16,20	32,04	ND	-	21,23	ND	ND	25,61	ND

Turpmāk aplūkotās analizēto elementu koncentrāciju izmaiņas laikā atsevišķi pa pētījuma objektiem, grafiskā informācija par noteces izmaiņām 2013.gada novērojumu periodā apkopota pielikumos.

„Stūrīši 1”, Rietumvidzemes mežsaimniecības 423.piejūras meža iecirkņa meža meliorācijas sistēmas „Stūrīši” maģistrālais grāvis N-41 (1.pielikums).

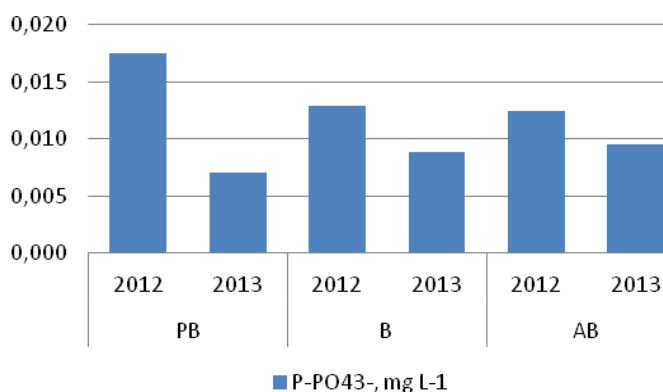
Nitrātjonu N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> koncentrācija objektā kopumā nepārsniedz literatūrā atrodamās normas, kas, piemēram, dzeramajam ūdenim ir 50 mg L<sup>-1</sup> (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Visa pētījumā laikā ievāktajos paraugos koncentrācija ir maksimāli 2.0-2.4 mg L<sup>-1</sup> robežās, kas nerada apdraudējumu ūdens florai un faunai. Nitrātjonu koncentrācijas atšķirības starp paraugu ņemšanas vietu pirms un pēc sedimentācijas dīķa nav būtiskas (Attēls 0.134). Visās paraugu ņemšanas vietās nitrātjonu

vidējā koncentrācija 2013.gadā samazinājusies, salīdzinot ar 2012.gadu, samazinājums ir būtisks paraugu ņemšanas vietā aiz sedimentācijas dīķa ( $p=0.046$ ).



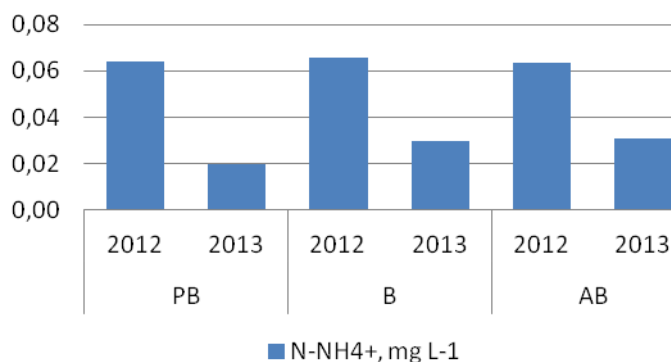
Attēls 0.138. Nitrātu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Stūrīši 1

Fosfātu jonu koncentrācija svārstās visā novērojumu periodā, bet tā beigās vērtība nepārsniedz 32 mikrogramus litrā, kas Somijā tiek uzskatīta par normu (Nieminen et. al., 2010). Fosfātu jonu koncentrācija aiz sedimentācijas dīķa ir nebūtiski augstāka nekā aiz tā. Visās paraugu ņemšanas vietās fosfātu jonu koncentrācija grāvja ūdenī 2013.gadā vidēji ir zemāka nekā 2012.gadā, taču atšķirības ir būtiskas tikai pirms sedimentācijas dīķa ( $p=0.001$ ).



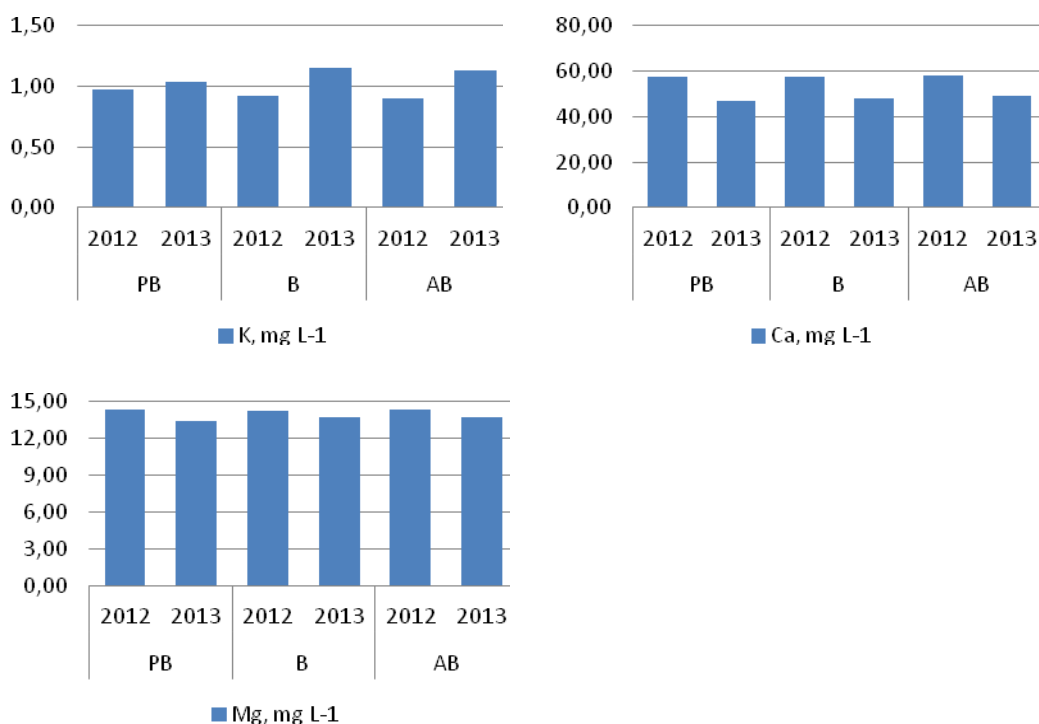
Attēls 0.139. Fosfātu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Stūrīši 1

Amonija jonu koncentrācija paraugos būtiski nemainās visā novērojumu periodā. Būtiskas atšķirības starp paraugu ņemšanas vietām 2013.gadā netika konstatētas (Attēls 0.140). Visās paraugu ņemšanas vietās amonija jonu koncentrācija 2013.gadā, salīdzinot ar 2012.gadu, ir būtiski samazinājusies (pirme sedimentācijas dīķa  $p=0.001$ , sedimentācijas dīķī  $p=0.020$ , aiz sedimentācijas dīķa  $p=0.028$ ).



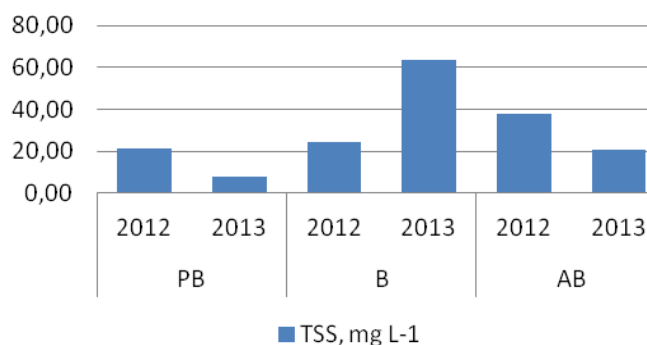
Attēls 0.140. Amonija jonu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Stūrīši 1

$K^+$ ,  $Ca^{2+}$  un  $Mg^{2+}$  koncentrācija paraugos svārstās novērojumu perioda laikā, bet neuzrāda būtiskas atšķirības starp paraugu ņemšanas vietām objekta ietvaros (Attēls 0.141). Kālija vidējā koncentrācija visās paraugu ņemšanas vietās, salīdzinot ar 2012.gadu, ir palielinājusies, taču šis palielinājums nav būtisks. Kalcija jonu koncentrācija visās paraugu ņemšanas vietās, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir būtiski samazinājusies (pirms sedimentācijas dīķa  $p=0.022$ , sedimentācijas dīķī  $p=0.019$ , aiz sedimentācijas dīķa  $p=0.014$ ). Magnija koncentrācija, salīdzinot ar iepriekšējo novērojumu periodu, nav būtiski mainījusies.



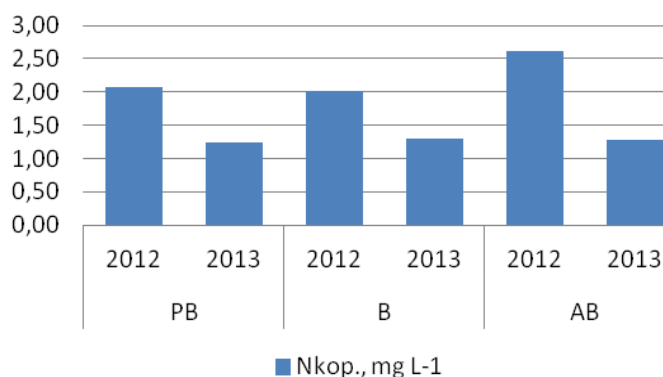
Attēls 0.141. Kālija, kalcija un magnija jonu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Stūrīši 1

Kopējais suspendēto cietvielu daudzums TSS (total suspended solids) samazinās visa 2013.gada novērojumu perioda laikā. Kaut arī starpība nav statistiski būtiska, suspendēto daļiņu koncentrācija ir lielāka sedimentācijas dīķī un aiz tā, salīdzinot ar paraugu ņemšanas vietu pirms sedimentācijas dīķa (Attēls 0.142). Salīdzinot vidējās suspendēto cietvielu koncentrācijas 2012.un 2013.gadā, konstatēts, ka pirms un pēc sedimentācijas dīķa tās ir samazinājušās, bet sedimentācijas dīķī - pieaugušas. Visos gadījumos starpība ir statistiski būtiska ar  $p=0.000$ .



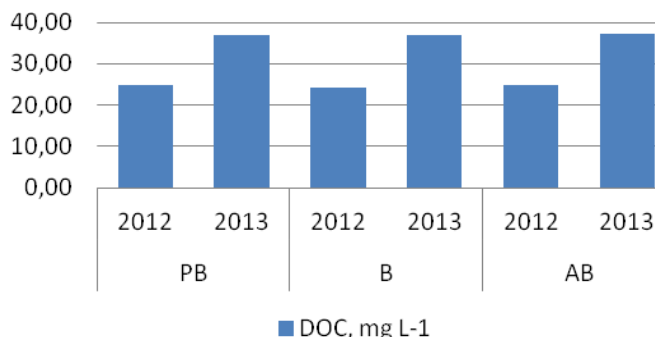
Attēls 0.142. Kopējo suspendēto cietvielu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Stūrīši 1

Kopējā slāpekļa  $N_{kop.}$  koncentrācija samazinās 2013.gada novērojumu perioda laikā. Visās paraugu ņemšanas vietās tās vidējie rādītāji ir līdzīgi (Attēls 0.143). Salīdzinot ar 2012.gadu, kopējā slāpekļa vidējā koncentrācija ir būtiski samazinājusies visās paraugu ņemšanas vietās (pirms sedimentācijas dīķa  $p=0.008$ , sedimentācijas dīķī  $p=0.014$ , aiz sedimentācijas dīķa  $p=0.026$ ).



Attēls 0.143. Kopējā slāpekļa vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Stūrīši 1

Izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācija novērojumu periodā pieaug, kas varētu būt izskaidrojams ar organisko vielu sadalīšanās procesu intensificēšanos saistībā ar gruntsūdens un virszemes ūdeņu līmeņa pazemināšanos meliorētajā platībā pēc grāvju renovācijas (Nieminen et.al., 2010). Pieaugoša tendence novērojama arī, salīdzinot 2012.gada datus ar šī gada novērojumiem. Visās paraugu ņemšanas vietās 2013.gadā novērojama būtiska izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācijas paaugstināšanās, salīdzinot ar 2012.gadu (pirms sedimentācijas dīķa  $p=0.022$ , sedimentācijas dīķī  $p=0.007$ , aiz sedimentācijas dīķa  $p=0.016$ ). Izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācija starp paraugu ņemšanas vietām būtiski neatšķiras (Attēls 0.144).

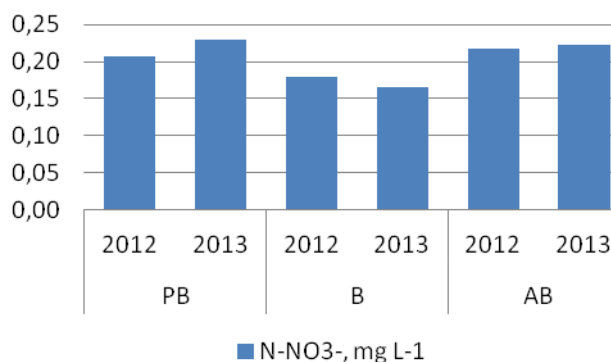


Attēls 0.144. Izšķīdušā organiskā oglekļa vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Stūrīši 1

„Vanagu gārša”. Rietumvidzemes mežsaimniecības piejūras meža iecirkņa meža meliorācijas sistēmas „Vanagu gārša 3” maģistrālais grāvis N-52 (2.pielikums).

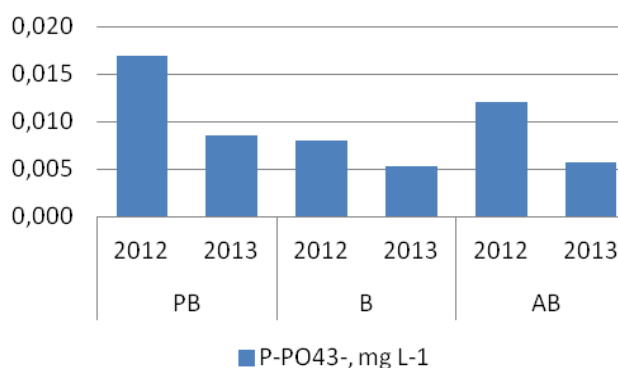
Sakarā ar zemo gruntsūdens un nokrišņu daudzumu 2013.gada jūlijā un augustā visa meliorācijas sistēma, ieskaitot maģistrālo grāvi, bija sausa. Tas izskaidro paraugu trūkumu minētajā laika periodā, kā arī nitrātjonu koncentrācijas pieaugumu jūlija sākumā sedimentācijas dīķī. Visu biogēno elementu koncentrācija novērojumu perioda beigās samazinās.

Nitrātjonu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietā sedimentācijas dīķī ir zemāka nekā pirms un pēc tā, tomēr starpība nav statistiski būtiska (Attēls 0.145). Arī atšķirības starp novērojumu periodiem ir nelielas.



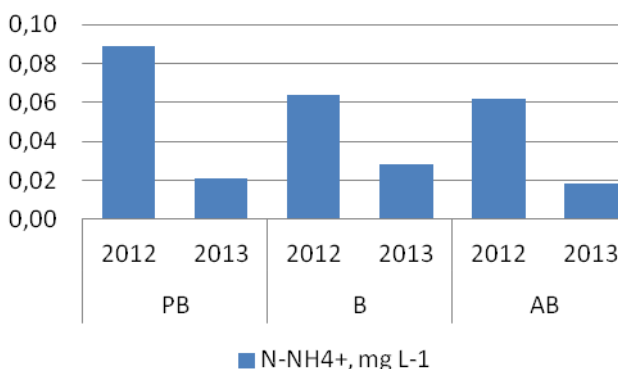
Attēls 0.145. Nitrātu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Vanagu gārša

Fosfātu vidējā koncentrācija 2013.gadā zemāka ir paraugu ņemšanas vietās sedimentācijas dīķī un aiz tā, taču starpība nav statistiski būtiska (Attēls 0.146). Visās paraugu ņemšanas vietās fosfātu koncentrācija, salīdzinot ar 2013.gadu, ir samazinājusies, samazinājums ir būtisks pirms sedimentācijas dīķa ( $p=0.024$ ).



Attēls 0.146. Fosfātu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Vanagu gārša

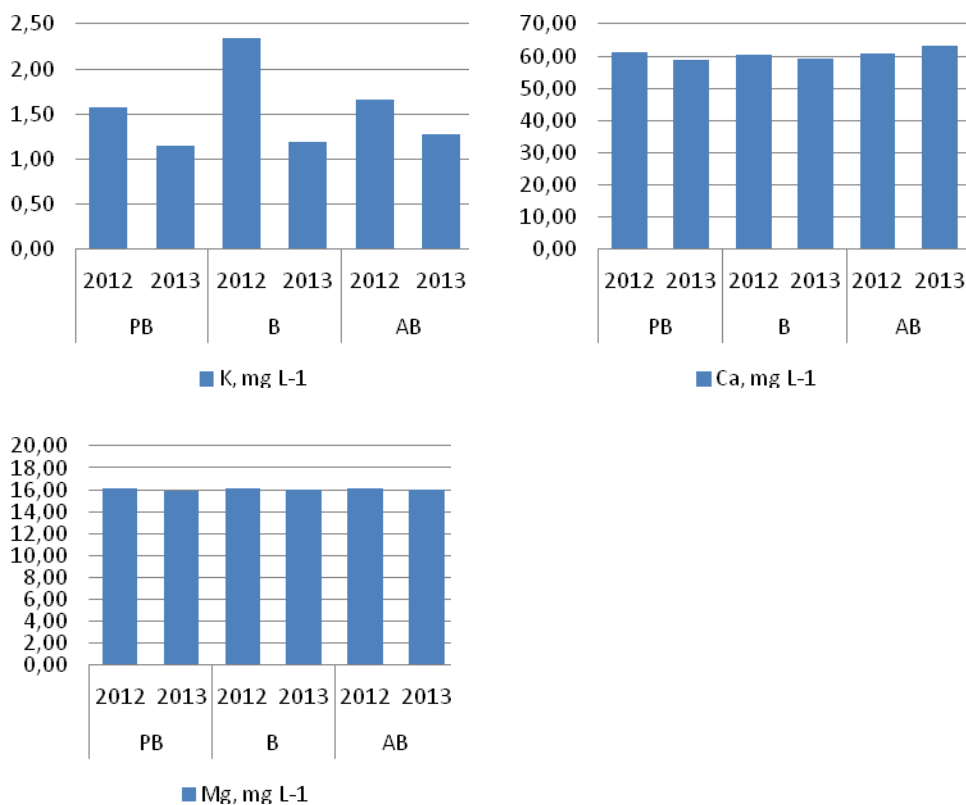
Amonija jonu vidējā koncentrācija 2013.gadā viszemākā ir paraugu ņemšanas vietā aiz sedimentācijas dīķa, taču atšķirība no abām pārējām paraugu ņemšanas vietām ir neliela (Attēls 0.147). Visās paraugu ņemšanas vietās amonija jonu vidējā koncentrācija ir samazinājusies, salīdzinot ar 2012.gadu, samazinājums ir būtisks pirms sedimentācijas dīķa ( $p=0.005$ ) un aiz tā ( $p=0.005$ ).



Attēls 0.147. Amonija jonu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Vanagu gārša

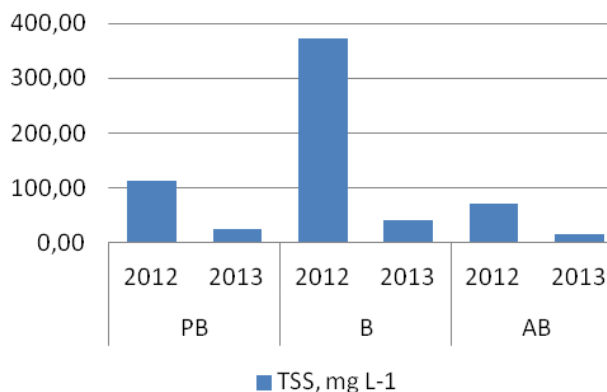
Atšķirībā no objekta Stūrīši 1, objektā Vanagu gārša kālija jonu koncentrācijai grāvja ūdenī ir tendence samazināties, kaut arī nebūtiski, salīdzinot 2012.un 2013. gada vidējos

rādītājus (Attēls 0.148).  $K^+$  vidējās koncentrācijas atšķirības starp paraugu ņemšanas vietām ir nelielas.  $Ca^{2+}$  un  $Mg^{2+}$  vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās ir ļoti līdzīga, tas pats redzams, salīdzinot 2012.un 2013.gada datus.



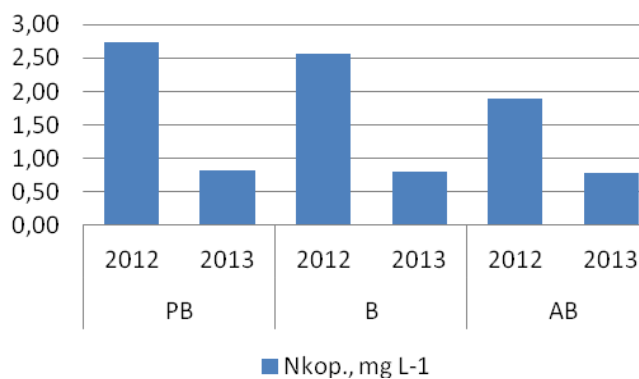
Attēls 0.148. Kālija, kalcija un magnija jonu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Vanagu gārša

Kopējais suspendēto cietvielu daudzums TSS saglabājas zems visa novērojumu perioda laikā, izņemot koncentrācijas pieaugumu jūlija sākumā; šajā gadījumā šķiet, ka sedimentācijas dīķis ir aizturējis TSS, tieša gan, radot vizuāli konstatējamus aizsērējumus pašā nosēdbedrē. Vidēji viszemākā suspendēto daļiņu koncentrācija 2013.gada novērojumu periodā bijusi paraugu ņemšanas vietā aiz sedimentācijas dīķa (Attēls 0.149). Salīdzinot 2012.un 2013.gada vidējās suspendēto cietvielu koncentrācijas, konstatēts, ka visās paraugu ņemšanas vietās tās samazinājušās, atšķirības ir būtiskas pirms sedimentācijas dīķa ( $p=0.011$ ) un sedimentācijas dīķī ( $p=0.040$ ).



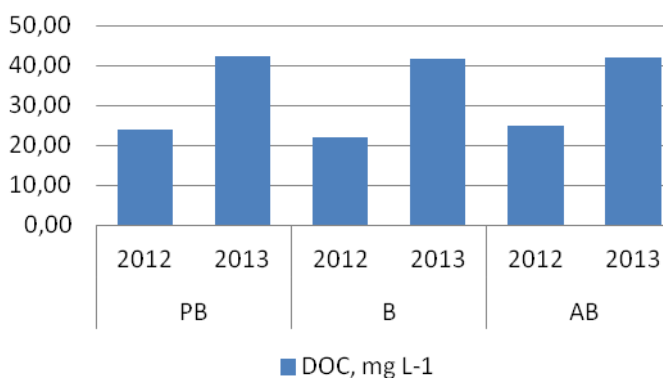
Attēls 0.149. Kopējo suspendēto cietvielu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Vanagu gārša

Kopējā slāpekļa  $N_{kop}$  koncentrācija novērojumu periodā saglabājas robežās 2-4.5 mg l<sup>-1</sup> un laika gaitā svārstās. Vidējā kopējā slāpekļa koncentrācija 2013.gada novērojumu periodā visās paraugu ņemšanas vietās ir ļoti līdzīga (Attēls 0.150). Salīdzinot ar 2012.gada novērojumu periodu, tā būtiski samazinājusies gan pirms sedimentācijas dīķa ( $p=0.003$ ), gan sedimentācijas dīķī ( $p=0.004$ ), gan aiz sedimentācijas dīķa (0.041).



Attēls 0.150. Kopējā slāpekļa vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Vanagu gārša

Izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācija novērojumu perioda laikā pieaug, kas izskaidrojams ar organisko vielu sadalīšanās procesu intensificēšanos, kas novērots arī citos objektos. Visās paraugu ņemšanas vietās izšķīdušā organiskā oglekļa vidējā koncentrācija, salīdzinot ar 2012.gadu, ir būtiski pieaugusi (pirms sedimentācijas dīķa  $p=0.010$ , sedimentācijas dīķī  $p=0.007$ , aiz sedimentācijas dīķa  $p=0.028$ ). Izšķīdušā organiskā oglekļa vidējo koncentrāciju atšķirība starp paraugu ņemšanas vietām nav būtiskas (Attēls 0.151).



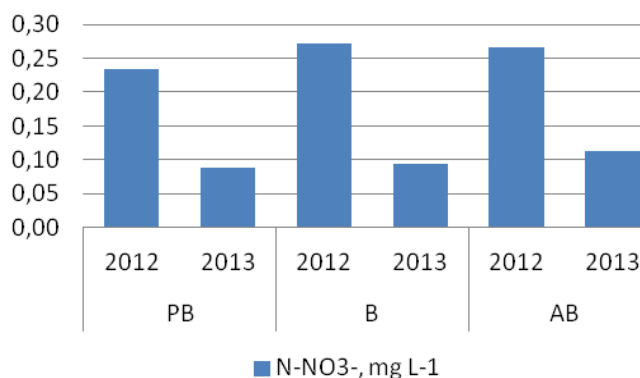
Attēls 0.151. Izšķīdušā organiskā oglekļa vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Vanagu gārša

„Bušnieki 1”. Ziemeļkurzemes mežsaimniecības meža meliorācijas sistēmas „Bušnieku kanāla grāvji 1” maģistrālais grāvis N-23 (3.pielikums).

Šajā meliorācijas sistēmā 2013.gadā vēl tika veikti renovācijas darbi. Līdzīgi kā iepriekš, visu biogēno elementu koncentrācija 2013. gada novērojumu periodā samazinās, lai gan ir ievērojams koncentrācijas pieaugums septembra vidū un otrajā pusē.

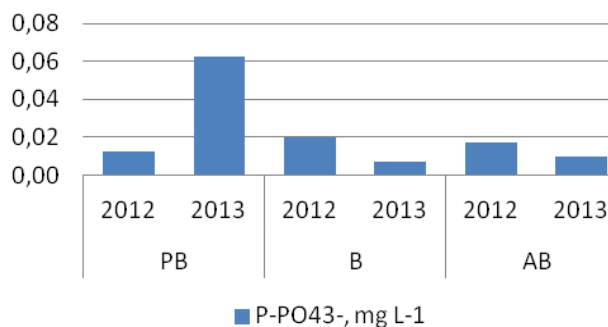
Nitrātu vidējā koncentrācija starp paraugu ņemšanas vietām 2013.gadā atšķiras nedaudz (Attēls 0.152). Visās paraugu ņemšanas vietās nitrātu koncentrācija ir būtiski samazinājusies, salīdzinot ar 2012.gadu (pirms sedimentācijas dīķa  $p=0.029$ , sedimentācijas dīķī  $p=0.025$ , aiz sedimentācijas dīķa  $p=0.032$ ).





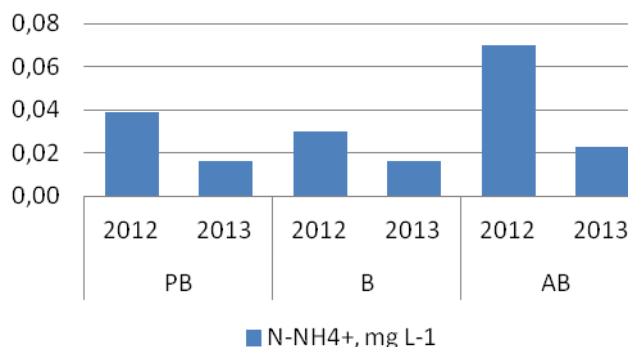
Attēls 0.152. Nitrātu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Būšnieki 1

Fosfātu vidējā koncentrācija 2013.gada novērojumu periodā visaugstākā bijusi paraugu ņemšanas vietā pirms sedimentācijas dīķa, bet viszemākā - sedimentācijas dīķī, starpība nav statistiski būtiska (Attēls 0.153. Pirms sedimentācijas dīķa fosfātu vidējā koncentrācija, salīdzinot ar 2012.gadu, palielinājusies, bet abās pārējās paraugu ņemšanas vietās samazinājusies, sedimentācijas dīķī samazinājums ir būtisks ( $p=0.008$ ).



Attēls 0.153. Fosfātu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Būšnieki 1

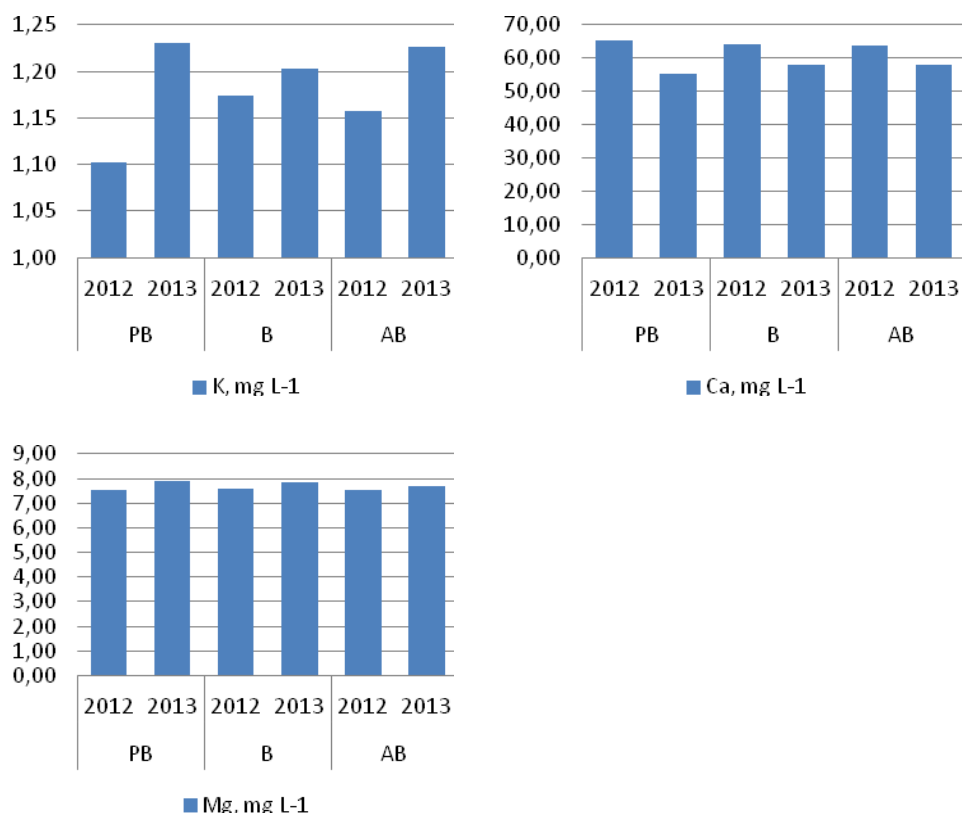
Amonija jonu vidējā koncentrācija 2013.gada novērojumu periodā paraugu ņemšanas vietā aiz sedimentācijas dīķa ir nedaudz augstāka nekā pirms tā un pašā sedimentācijas dīķī, taču starpība nav statistiski būtiska (Attēls 0.154). Salīdzinot ar 2012.gadu, amonija jonu vidējā koncentrācija visās paraugu ņemšanas vietās ir samazinājusies, pirms sedimentācijas dīķa un aiz tā - būtiski (attiecīgi  $p=0.017$  un  $p=0.045$ ).



Attēls 0.154. Amonija jonu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Būšnieki 1

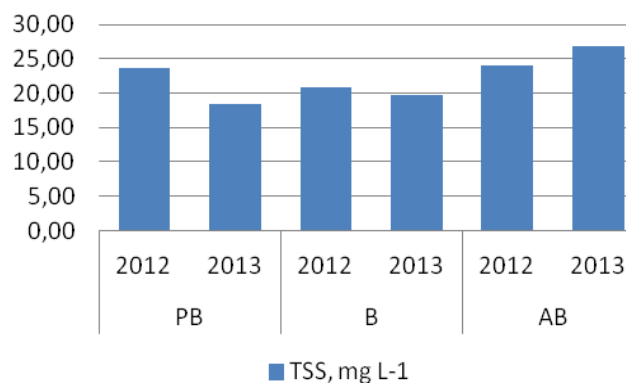
Kālija, kalcija un magnija jonu vidējā koncentrācija 2013.gada novērojumu periodā starp paraugu ņemšanas vietām neatšķiras būtiski (Attēls 0.155). Līdzīgi kā objektā Stūrīši 1, kālija jonu vidējā koncentrācija visās paraugu ņemšanas vietās, salīdzinot ar 2012.gadu, ir pieaugusi, taču nebūtiski.

Kalcija jonu vidējā koncentrācija, salīdzinot ar iepriekšējo novērojumu periodu, nedaudz samazinājusies, bet magnija jonu vidējā koncentrācija ļoti nedaudz palielinājusies.



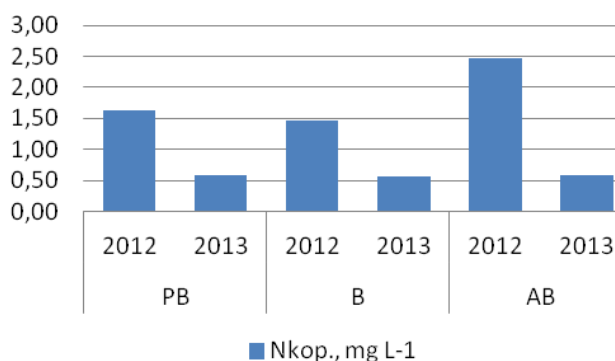
Attēls 0.155. Kālija, kalcija un magnija jonu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Būšnieki 1

Kopējais suspendēto cietvielu daudzums TSS saglabājas robežās starp 20 un 5 mg L<sup>-1</sup> visa novērojumu perioda laikā ar daudzkārtēju pieaugumu septembra beigās. Paraugu ņemšanas vietā aiz sedimentācijas dīķa vidējā kopējo suspendēto cietvielu koncentrācija ir visaugstākā un otrajā gadā pēc meliorācijas sistēmas renovācijas vidēji pārsniedz 25 mg L<sup>-1</sup>, kas ir ūdens kvalitātes robežkoncentrācija lašveidīgo un karpveidīgo zivju ūdeņiem. Starpības starp atsevišķām paraugu ņemšanas vietām nav statistiski būtiskas. Paraugu ņemšanas vietā pirms sedimentācijas dīķa un sedimentācijas dīķī suspendēto daļiņu vidējā koncentrācija, salīdzinot ar 2012.gadu, ir samazinājusies, bet aiz sedimentācijas dīķa - palielinājusies, taču izmaiņas, salīdzinot ar iepriekšējo paraugu ņemšanas periodu, nav būtiskas (Attēls 0.156).



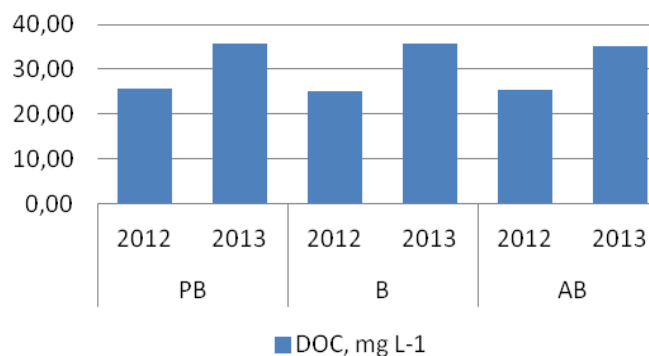
Attēls 0.156. Kopējo suspendēto cietvielu vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Būšnieki 1

Kopējā slāpekļa vidējā koncentrācija 2013.gada novērojumu periodā starp paraugu ņemšanas vietām neatšķiras būtiski (Attēls 0.157). Visās paraugu ņemšanas vietās kopējā slāpekļa vidējā koncentrācija, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir būtiski samazinājusies (pirms sedimentācijas dīķa  $p=0.001$ , sedimentācijas dīķī  $p=0.009$ , aiz sedimentācijas dīķa  $p=0.007$ ).



Attēls 0.157. Kopējā slāpekļa vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Būšnieki 1

Izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācija novērojumu perioda laikā nedaudz pieaug, kas izskaidrojams ar organisko vielu sadalīšanās procesu intensificēšanos, kas novērots arī citos objektos. Arī, salīdzinot ar 2012.gada novērojumu perioda vidējiem rādītājiem, izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācija visās paraugu ņemšanas vietās ir palielinājusies, būtiska atšķirība gan konstatēta vienīgi sedimentācijas dīķī ( $p=0.036$ ). Salīdzinot izšķīdušā organiskā oglekļa vidējo koncentrāciju dažādās paraugu ņemšanas vietās, būtiskas atšķirības netika konstatētas.



Attēls 0.158. Izšķīdušā organiskā oglekļa vidējā koncentrācija paraugu ņemšanas vietās 2012.un 2013.gadā objektā Būšnieki 1

Viens no nozīmīgākajiem ūdens kvalitāti ietekmējošajiem faktoriem pēc meža meliorācijas sistēmu renovācijas ir ievērojama suspendēto daļiņu koncentrācijas palielināšanās notecē. Literatūrā atrodami dati, ka Somijā TSS koncentrācijas pēc grāvju renovācijas palielinās pat divdesmitkārtīgi un saglabājas šādā līmenī vairākus gadus (Manninen 1998, Nieminen 2010). Mūsu pētījumā visos objektos ir fiksēta suspendēto cietvielu vidējās koncentrācijas samazināšanās nākamajā gadā pēc meliorācijas sistēmu renovācijas, kas ir atšķirīgi no minētā pētījuma rezultātiem. Vienā no objektiem novērotā suspendēto daļiņu koncentrācijas palielināšanās aiz sedimentācijas dīķa visticamāk ir saistīta ar periodisku upes ūdens ieplūšanu sedimentācijas dīķī, kā rezultātā tur nogulsņējušās cietās daļiņas nonāk tālāk ūdenstecē. Somu zinātniskajā literatūrā doti vidējie rādītāji no vairākiem pētījumu objektiem, minēts, ka pirmajā gadā pēc renovācijas sedimentācijas dīķī ieplūstošo TSS koncentrācija ir  $71.29 \text{ mg L}^{-1}$ , izplūstošo TSS koncentrācija -  $58.13 \text{ mg L}^{-1}$ , otrajā gadā attiecīgi  $26.75 \text{ mg L}^{-1}$  un  $21.09 \text{ mg L}^{-1}$  (Joensuu 1999). Vidējie rādītāji no mūsu pētījuma objektiem ir nedaudz zemāki: pirmajā gadā pēc renovācijas sedimentācijas dīķī ieplūstošo TSS koncentrācija ir

53.18 mg L<sup>-1</sup>, izplūstošo TSS koncentrācija - 44.71 mg L<sup>-1</sup>, otrajā gadā attiecīgi 16.65 mg L<sup>-1</sup> un 20.55 mg L<sup>-1</sup>.

Somu pētījumā dotās kopējā slāpekļa koncentrācijas 1.1 mg L<sup>-1</sup> pēc renovācijas un 0.72 mg L<sup>-1</sup> pirms renovācijas (Manninen 1998) ir salīdzināmas ar mūsu pētījumā iegūtajiem rezultātiem, savukārt bāzisko katjonu koncentrācijas mūsu objektos ir ievērojami augstākas (somu pētījumā attiecīgi K<sup>+</sup> koncentrācija ir 0.7 mg L<sup>-1</sup>, Ca<sup>2+</sup> koncentrācija ir 2.8 mg L<sup>-1</sup> un Mg<sup>2+</sup> koncentrācija - 0.8 mg L<sup>-1</sup>).

5.3. tabulā parādīta biogēno elementu un TSS iznese no meliorācijas sistēmas sateces baseina (kg ha<sup>-1</sup> gadā) pirms sedimentācijas dīķa un pēc sedimentācijas dīķa. Pārreķins veikts, aproksimējot sateces baseinu platības pēc ģeogrāfiskās informācijas datiem un reizinot biogēno elementu vidējo iznesi novērojumu perioda vienā dienā ar dienu skaitu gadā. Starpība ar mīnus zīmi nozīmē, ka ūdenstecē nonāk lielāks biogēno elementu un TSS apjoms nekā sedimentācijas baseinā.

Tabula 0.57

Biogēno elementu izneses apjoms no sateces baseiniem pētījuma objektos

Obj.n osauk.	Mērij. perioda garums, dienas	Sateces baseina platība, ha	Biogēnā elementa izneses apjoms no sateces baseiniem visā novērojumu periodā, kg ha <sup>-1</sup> gadā														
			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		K <sup>2+</sup>		Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		N <sub>kop.</sub>		TS
			2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	
Stūrīši 1 PB	168/185*	272	0.041553	0.0457083	0.001161	0.0011494	0.00698	0.008027	0.075308	0.084345	4.582547	3.803514	1.104502	1.2922673	0.161405	0.1953001	2.1
AB			0.045088	0.0495968	0.000991	0.0009811	0.007041	0.0080972	0.103652	0.1160902	6.407418	5.3181569	1.564114	1.8300134	0.238847	0.2890049	4.5
<b>Starpība</b>			<b>-0.003535</b>	<b>-0.0038885</b>	<b>0.00017</b>	<b>0.0001683</b>	<b>-6.1E-05</b>	<b>-7.015E-05</b>	<b>-0.028344</b>	<b>-0.0317453</b>	<b>-1.824871</b>	<b>-1.5146429</b>	<b>-0.459612</b>	<b>-0.537746</b>	<b>-0.077442</b>	<b>-0.0937048</b>	<b>-2.1</b>
V.Gārša PB	157/187*	73	0.007155	0.0078705	0.00046	0.0004554	0.003729	0.0042884	0.068515	0.0767368	2.178122	1.8078413	0.578097	0.6763735	0.082097	0.0993374	5.0
AB			0.013906	0.0152966	0.000664	0.0006574	0.002237	0.0025726	0.11272	0.1262464	2.388834	1.9827322	0.643658	0.7530799	0.069179	0.0837066	8.7
<b>Starpība</b>			<b>-0.006751</b>	<b>-0.0074261</b>	<b>-0.000204</b>	<b>-0.000202</b>	<b>0.001492</b>	<b>0.0017158</b>	<b>-0.044205</b>	<b>-0.0495096</b>	<b>-0.210712</b>	<b>-0.174891</b>	<b>-0.065561</b>	<b>-0.0767064</b>	<b>0.012918</b>	<b>0.0156308</b>	<b>-3.7</b>
B. kan. 1 PB	127/181*	76	0.200404	0.2204444	0.015468	0.0153133	0.045043	0.0517995	1.480105	1.6577176	68.406189	56.777137	7.736017	9.0511399	1.135718	1.3742188	43.0
AB			0.104129	0.1145419	0.008224	0.0081418	0.05021	0.0577415	0.695767	0.779259	43.533123	36.132492	5.173693	6.0532208	1.05177	1.2726417	8.7
<b>Starpība</b>			<b>0.096274</b>	<b>0.1059025</b>	<b>0.007244</b>	<b>0.0071716</b>	<b>-0.005167</b>	<b>-0.0059421</b>	<b>0.784338</b>	<b>0.8784586</b>	<b>24.873066</b>	<b>20.644645</b>	<b>2.562324</b>	<b>2.9979191</b>	<b>0.083948</b>	<b>0.1015771</b>	<b>35.3</b>

\* - 2013.gada novērojumu perioda garums, dienas

Salīdzinot biogēno elementu, kā arī TSS un DOC iznesi no pētījumā izmantotajām sateces baseinu platībām, redzams, ka objektos Stūrīši 1 un Vanagu gārša biogēno elementu iznese aiz nosēdbedres ir lielāka nekā pirms tās, lai gan vielu koncentrācija  $\text{mg L}^{-1}$  ne vienmēr pieaug. Tas izskaidrojams gan ar upes ūdens nonākšanu atpakaļ grāvī, gan ar to, ka grāvja lejtecē, sevišķi posmā aiz bedres, straumes ātrums bieži ir ļoti tuvs  $0 \text{ m s}^{-1}$ ; līdz ar to, aprēķinot iznesi, izmantojot mainīgos notece un vielu koncentrācija, rezultāts ir negatīvs. Jāatzīmē, ka kopējā vielu iznese visiem elementiem ir vairākkārt mazāka nekā literatūrā atrodamajos rezultātos par Somijā veiktajiem pētījumiem. Salīdzinot izneses apjomus 2012. un 2013. gada novērojumu periodā, redzams, ka biogēno elementu izneses apjoms nesamazinās viennozīmīgi. Svarīgi atzīmēt, ka TSS izneses apjoms visos objektos laika gaitā ir samazinājies par 18-21%.

Objektā Bušnieku kanāla grāvji 1 novērots, ka, salīdzinot vielu izneses apjomus, nosēdbedre darbojas efektīvi.

Salīdzinot vielu izneses apjomus ar citu Latvijas un Somijas pētnieku datiem, secināms, ka vielu izneses apjomi ir savstarpēji salīdzināmi (Tabula 0.58). Pārsvārā gadījumos vielu izneses apjoms mūsu rezultātos ir mazāks nekā Somijā, ko iespējams izskaidrot ar atšķirīgu augsnes sastāvu (neviens no mūsu pētījumā izmantotajiem objektiem neatrodas uz dziļām kūdras augsnēm), kā arī ar to, ka neviens sateces baseins Somijā nav lielāks par 100 ha, bet, piemēram, objektā Stūrīši 1 sateces baseina platība ir gandrīz 300 ha. Augstā  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrācija un iznese, iespējams, izskaidrojama ar unikālo Latvijas hidroģeoloģisko situāciju - kalcija piensūms visticamāk rodas spiedes ūdeņu izķīlēšanās procesā. Daļēji apstiprinās arī somu pētījumos iegūtās atziņas, ka nosēdbedres samērā veiksmīgi aiztur cietās daļiņas, bet biogēnie elementi tomēr nonāk dabiskajās ūdenstecēs. Šo elementu aizturēšanai S. Joensuu un Mikka Nieminen labāk iesaka lietot citus aizsardzības pasākumus - vai nu netūrītas grāvja sekcijas vai filtrācijas laukus pirms to ietekas upē.

Tabula 0.58

Biogēno elementu izneses vidējais apjoms,  $\text{kg ha}^{-1}$  gadā 3801 paraugos Somijā (No: S.Joensuu, 2002)

Element	Mean annual load $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$							
	Before		1 <sup>st</sup> Year		2 <sup>nd</sup> Year		3 <sup>rd</sup> Year	
	Load 1	Load 2	Load 1	Load 2	Load 1	Load 2	Load 1	Load 2
$N_{\text{tot}}$	2.0	2.2	2.0	2.0	1.8	1.8	1.9	1.8
$\text{NH}_4\text{-N}$	0.093	0.110	0.29	0.29	0.28	0.25	0.29	0.24
$\text{NO}_3\text{-N}$	0.19	0.39	0.25	0.28	0.25	0.26	0.24	0.24
DOC	82	78	65	62	62	57	65	62
SS	11	11	268	232	89	103	75	53
Na	5.5	5.7	7.6	7.3	6.7	6.5	6.8	6.6
K	1.6	1.8	2.9	2.6	2.4	2.4	2.4	2.4
Ca	8.8	9.7	11.8	11.4	10.2	11.3	10.6	12.8
Mg	3.9	4.4	5.8	5.5	4.7	5.3	4.6	5.3
Al	1.4	1.3	3.8	2.8	1.8	1.7	1.6	1.6
Fe	3.8	3.9	5.5	4.6	3.8	3.4	3.9	3.6
S	5.9	5.5	5.6	5.2	6.1	5.7	6.2	5.6
$P_{\text{tot}}$	0.15	0.13	0.16	0.14	0.12	0.11	0.14	0.11

A. Indriksons savā pētījumā (2002) par biogēno vielu izneses apjomu noteikšanu pārmitrajos mežos Latvijā secina, ka apjomi Latvijā ir lielāki nekā Zviedrijā. Proti, aprēķinātās gada izneses no Vesetnieku stacionāra ūdens sateces baseiniem laika periodam no 1969.-2001. gadam raksturo sekojošas vidējās vērtības:  $\text{N-NH}_4^+$  -  $3.71 \text{ kg ha}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ,  $\text{N-NO}_3^-$  -  $0.38 \text{ kg ha}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$  -  $0.13 \text{ kg ha}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , K -  $3.27 \text{ kg ha}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , Ca -  $124.19 \text{ kg ha}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , Mg -  $38.18 \text{ kg ha}^{-1} \text{ g}^{-1}$ . Izneses apjomi mūsu objektos arī šajā gadījumā ir mazāki gan augsnes sastāvu atšķirību, gan sateces baseinu izmēru un notece apjoma dēļ.

Uzskatāms, ka pamatoti secinājumi par grāvju nosēdbedru efektivitāti iegūstami vairākus gadus ilgus novērojumus, lai iegūtie dati būtu labāk salīdzināmi. Līdz ar to būtu lietderīgi turpināt novērojumu veikšanu turpmākajos gados.

Pētījumā pārbaudīta arī hipotēze, vai biogēno elementu koncentrācijai ir korelācija ar straumes ātrumu pirms un pēc bedres attiecību ( $V1/V2$ ). Rezultāti apkopoti 5.5. tabulā.

Tabula 0.59

Korelācija starp straumes ātruma attiecību pirms un aiz nosēdbedres un biogēno elementu koncentrācijām

Objekta nosaukums	Biogēnā elementa koncentrācijas un straumes ātrumu attiecības korelācijas koeficienti r								
	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	N <sub>kop.</sub>	TSS	DOC
Stūrīši 1	0,51	0,15	0,11	0,07	0,11	0,23	0,41	0,55	0,42
Vanagu Gārša	0,33	0,14	0,09	0,06	0,17	0,12	0,47	0,48	0,38
Bušnieku kanāls 1	0,21	0,19	0,05	0,11	0,41	0,17	0,53	0,51	0,46

Redzams, ka straumes ātrumu attiecība vidēji cieši korelē ar nitrātjonu, TSS un DOC koncentrāciju objektā Stūrīši 1. TSS un DOC ir vidēji cieša korelācija ar straumes ātrumu attiecību arī pārējos objektos, kuros pārējo vielu koncentrācijai ir vāja korelācija. No šī novērojuma iespējams secināt, ka straumes ātruma samazināšanai posmā aiz nosēdbedres ir būtiska nozīme vielu izneses apjumu samazināšanā.

### 5.5. Secinājumi un ieteikumi

Mūsu analizētajos objektos konstatētās vielu un daļiņu koncentrācijas ir mazākas nekā somu zinātnieku pētījumu rezultātos minētās. Lielākajā daļā paraugu vielu un daļiņu koncentrācijas nepārsniedz dažādos normatīvajos aktos dotās ūdens kvalitātes normas.

Otrajā gadā pēc meža meliorācijas sistēmu renovācijas visos trijos objektos būtiski samazinājusies vidējā amonija jonu un kopējā slāpekļa koncentrācija, salīdzinot ar periodu tūlīt pēc renovācijas. Tendence laika gaitā samazināties ir arī nitrātjonu un fosfātjonu koncentrācijai. Dīvos no pētījuma objektiem nebūtiski pieaugusi kalcija jonu koncentrācija.

Suspendēto daļiņu koncentrācija aiz sedimentācijas dīķa otrajā gadā pēc meža meliorācijas sistēmu renovācijas, salīdzinot ar periodu tūlīt pēc renovācijas, ir ievērojami samazinājusies divos no trijiem pētījumu objektiem. Trešajā objektā arī otrajā gadā pēc meliorācijas sistēmas renovācijas aiz sedimentācijas dīķa konstatēta paaugstināta cieta suspendēto daļiņu koncentrācija.

Visos pētījuma objektos visās paraugu ņemšanas vietās otrajā gadā pēc meža meliorācijas sistēmu renovācijas, salīdzinot ar periodu tūlīt pēc renovācijas, palielinājusies izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācija, kas saistīta ar organiskās vielas sadalīšanās procesu intensificēšanos pēc meliorācijas sistēmu renovācijas.

Biogēno elementu izneses apjoms ir cieši saistīts ar vielu koncentrāciju paraugā, noteces apjomu un sateces baseina platību. Straumes ātruma samazināšanās attiecīgi samazina arī biogēno elementu un suspendēto daļiņu izneses apjomu. Tādēļ, veicot meža meliorācijas sistēmu renovāciju, varētu būt lietderīgi arī citi paņēmieni, kas samazina straumes ātrumu maģistrālā grāvja posmā pirms ūdensteces (netīrītas grāvja sekcijas, mikropadziļinājumi, barjeras utt.). Patlaban gan nav datu, kas tieši apliecinātu šādu pasākumu efektivitāti.

Biogēno elementu nokļūšana ūdenstecēs visticamāk ir saistīta ne vien ar noteces un nokrišņu apjomu un augsnes granulometrisku sastāvu meliorācijas sistēmās, bet arī mežaudžu struktūru un mežsaimnieciskajām un lauksaimnieciskajām darbībām, kas veiktas augšpus novērojumu objektiem un to teritorijā.

Ir svarīgi nosēdbedri izveidot tā, lai tajā nenotiktu ūdens apmaiņa ar zemāk esošo ūdensteci. Respektīvi, bedrei būtu jāaiztur tai cauri plūstošais ūdens vismaz uz 5 minūtēm, lai biogēnie elementi izgulsnētos. Balstoties uz somu kolēģu ieteikumiem, nosēdbedres ir atkārtoti jātīra vismaz reizi gadā, kas gan tiek darīts reti. Ir nepieļaujama upes ūdens nonākšana nosēdbedrē.

Biogēno elementu kritisko koncentrāciju robežu trūkuma dēļ ir grūti izvērtēt meža meliorācijas sistēmu renovācijas ietekmi uz upju eitrofikāciju, sevišķi tādēļ, ka nav pieejami dati no kontroles platībām. Ilgāks novērojumu periods neapšaubāmi mazinās šo neskaidrību. Ieteicams ierīkot

ilglaicīgus pētījuma/monitoringa objektus meža meliorācijas sistēmās ar dažādiem dominējošiem augšņu tipiem (minerālaugsnes un kūdras augsnes), kuros ūdens paraugu ievākšana tiek uzsākta 1-2 gadus pirms meliorācijas sistēmu renovācijas, lai iegūtu pārlicinošus fona datus.

## 5.6. Izmantotā literatūra

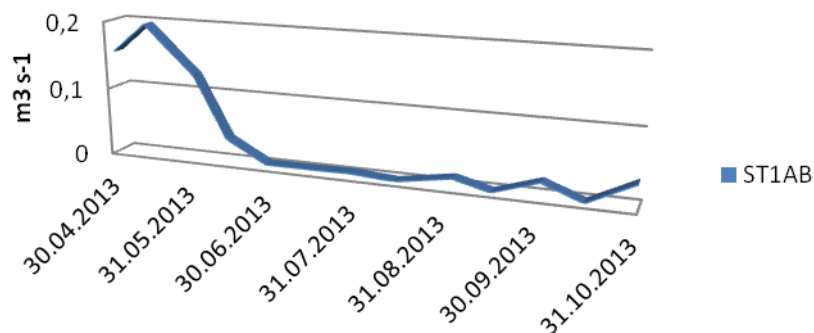
1. Indriksons A. 2002. Barības vielu noteces no meža zemēm modeļu izstrāde. Pārskats par SIA "Daugavas fonds" Daugavas projekta pasūtīto zinātniski pētniecisko darbu. 42 lpp.
2. Indriksons A. 2006. Pārskats par Meža attīstības fonda finansēto pētījumu „Meža ūdensregulējošās īpašības intensīvas mežsaimniecības apstākļos”, LVMI „Silava”, 42.lpp.
3. Joensuu S. 1992. Peatland forest ditch maintenance and runoff water quality: the effectiveness of sedimentation ponds. Proceedings of the 9th International Peat Congress, Uppsala 2: 423-433
4. Joensuu S., Ahti E., Voulekoski M. 1999. The effects of peatland forest ditch, maintenance on suspended solids in runoff. Boreal Environment Research 4: 343-355
5. Kļaviņš M., Cimdiņš P., Ūdeņu kvalitāte un to aizsardzība, Rīga, Latvijas Univeritāte, 2004, 208 lpp.
6. Linjeniemis P., Vouri K.-M., Tossavainen T., Kotanen J., Haapanen M., Lepisto. A., Kentamies K. 2003. Effectiveness of constructed overland flow areas in decreasing diffuse pollution from forest drainings. Environmental Management 32(5): 602-623
7. Manninen P. 1998. Effects of forestry ditch cleaning and supplementary ditching on water quality. Boreal Environmental Research 3:23-32
8. Minkkinen K., Laine J. 2006. Vegetation heterogeneity and ditches create spatial variability in methane fluxes from peatlands drained for forestry. Plant Soil (2006) 285: 289-304
9. Nieminen M., Ahti E., Koivusalo H., Mattson T., Sarkkola S., Lauren A. Export of suspended solids and dissolved elements from peatland areas after ditch network maintenance in south-central Finland, Silva Fennica 44(1): 39-49
10. Nieminen M., Ahti E., Nousiainen H., Joensuu S., Voulekoski M. 2005. Capacity of riparian buffer zones to reduce sediment concentrations in discharge from peatlands drained for forestry. Silva Fennica 39(3): 331-339
11. Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti. 2002. LR Ministru Kabinets. Tiešsaistē: <http://www.likumi.lv/doc.php?id=60829#piel1>
12. Sarma B. (1990) *Hidrometrija, hidroloģija un noteces regulēšana: mācību līdzeklis LLA hidromeliorācijas specialitātes studentiem.* - Rīga: Zvaigzne. 189 lpp.
13. Sarma B. (1990) *Hidrometrija, hidroloģija un noteces regulēšana: mācību*
14. Zīverts A. (2004) *Hidroloģija. Ievads un hidroloģiskie aprēķini.*- Jelgava: LLU. 104. lpp.
15. Zīverts A., Jauja I., Meža–Eriņš G. (1996) Nosēdtilpju loma biogēnās noteces aizturēšanā nosusināšanas sistēmās. *Latvijas Lauksaimniecības universitātes Raksti*, Nr.6, 116.-125. lpp.
16. Manninen P. 1998. Effects of forestry ditch cleaning and supplementary ditching on water quality. Boreal Environmental Research. 3: 23-32
17. Joensuu S. 1999. The effects of peatland forest ditch maintenance on suspended solids in runoff. Boreal Environmental Research. 4: 343-355
18. Nieminen M. 2010. Export of suspended solids and dissolved elements from peatland areas after ditch network maintenance in south-central Finland. Silva Fennica. 44(1): 39-49



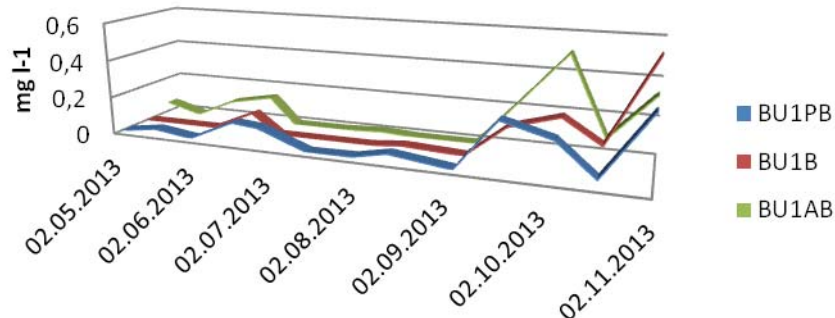
## 5.7. Pielikumi

1. pielikums. Noteces apjoms un biogēno elementu koncentrācijas objektā „Stūrīši 1”

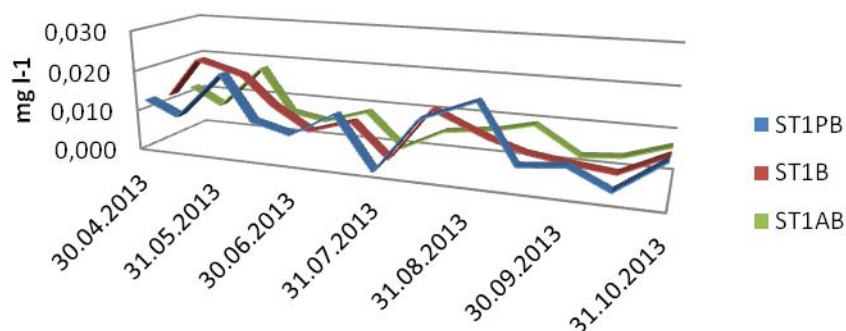
### Notece



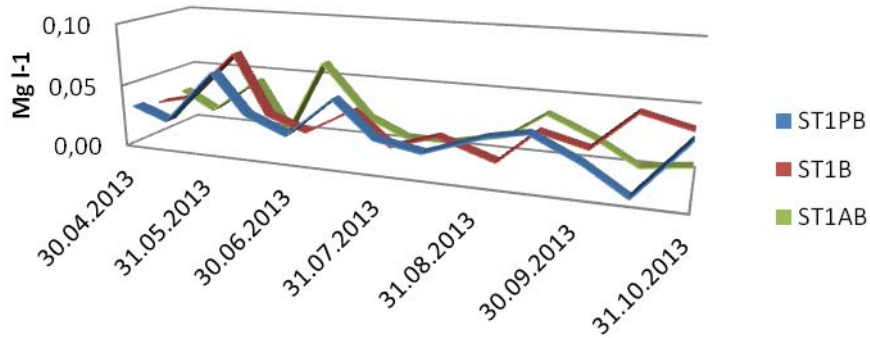
### N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



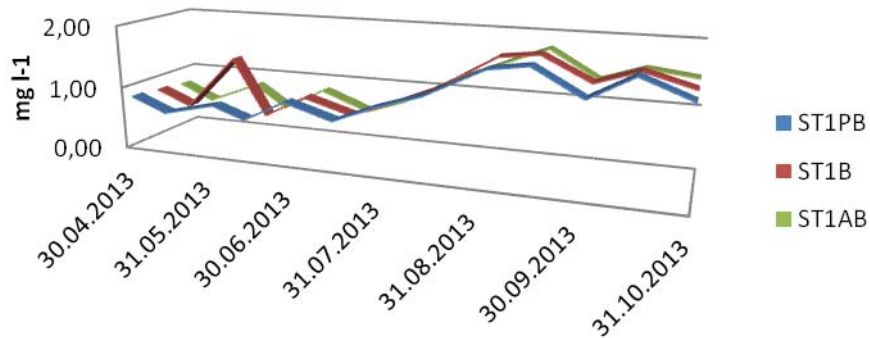
### P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



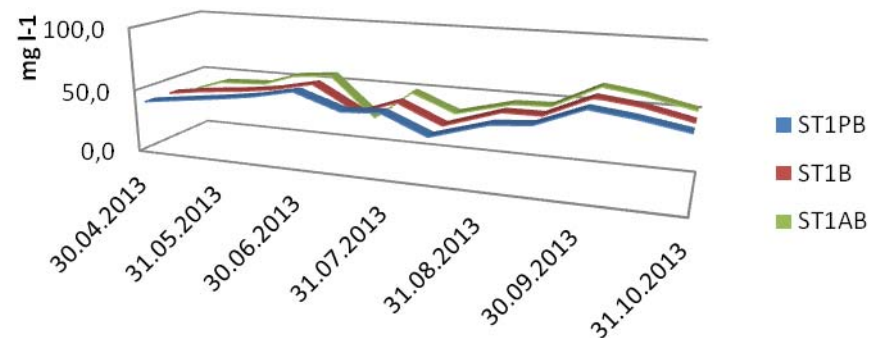
## N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



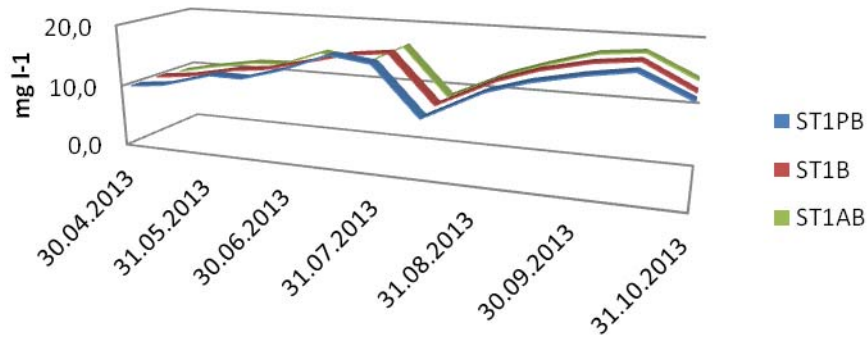
## K<sup>+</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



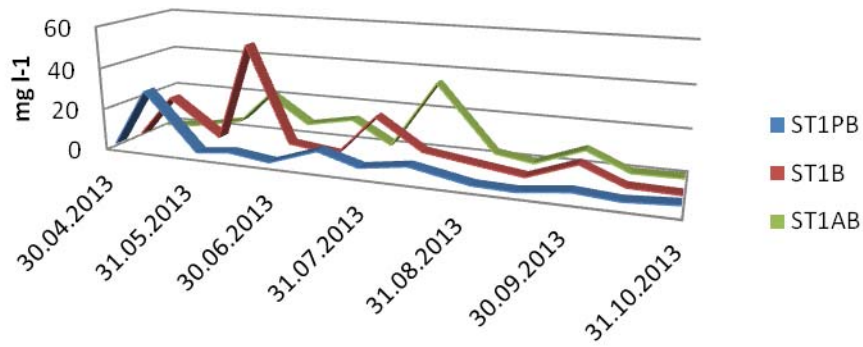
## Ca<sup>2+</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



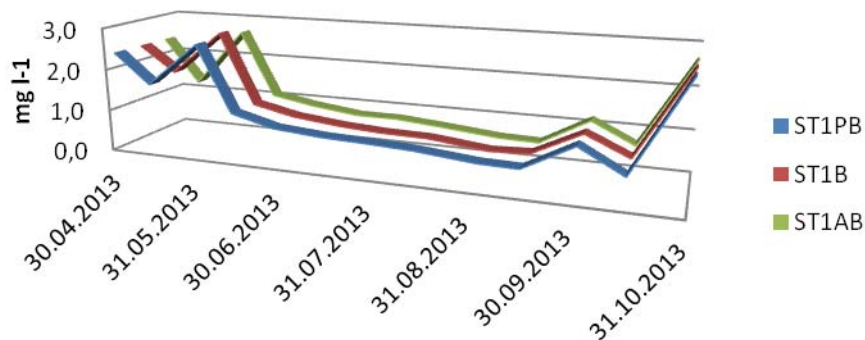
### Mg<sup>2+</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



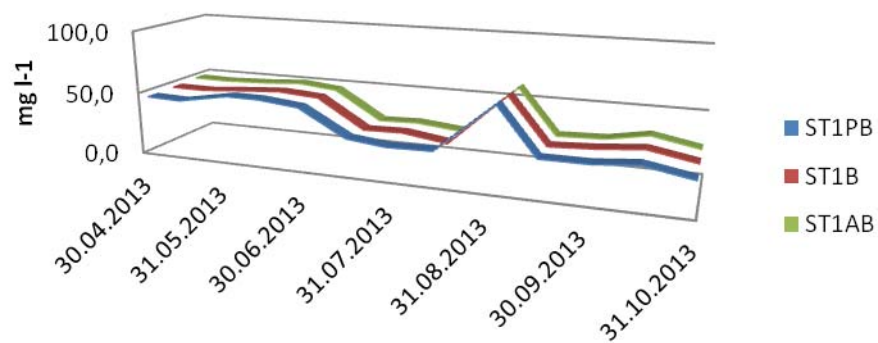
### TSS koncentrāciju dinamika 2013.gadā



### N<sub>kop</sub> koncentrāciju dinamika 2013.gadā

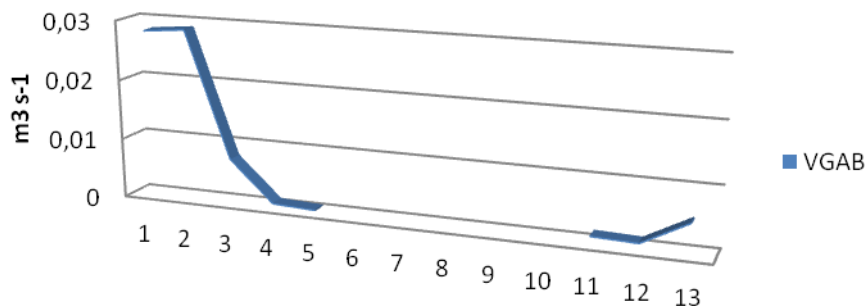


## DOC koncentrāciju dinamika 2013.gadā

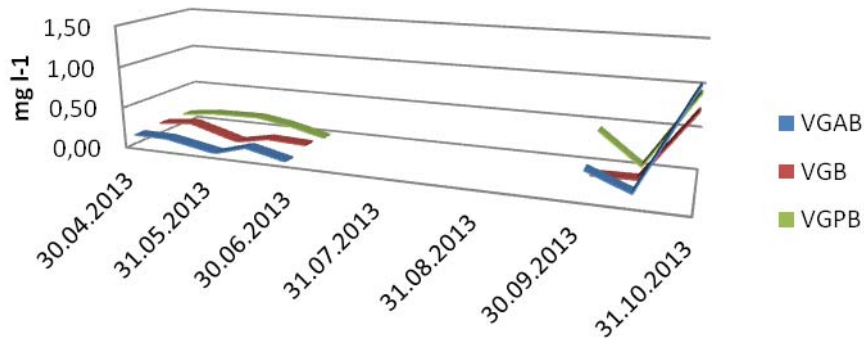


2. pielikums. Noteces apjoms un biogēno elementu koncentrācijas objektā „Vanagu gārša”.

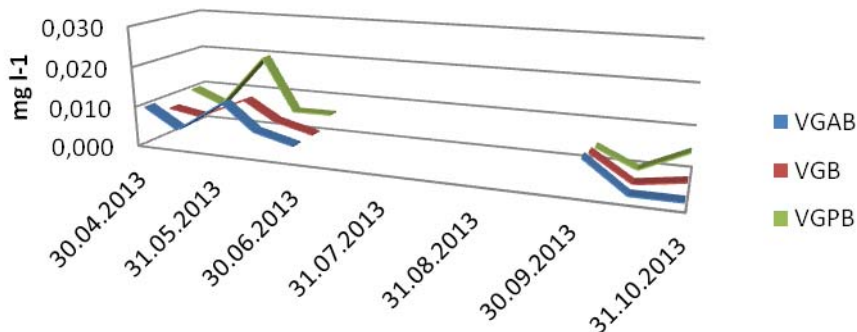
### Notece



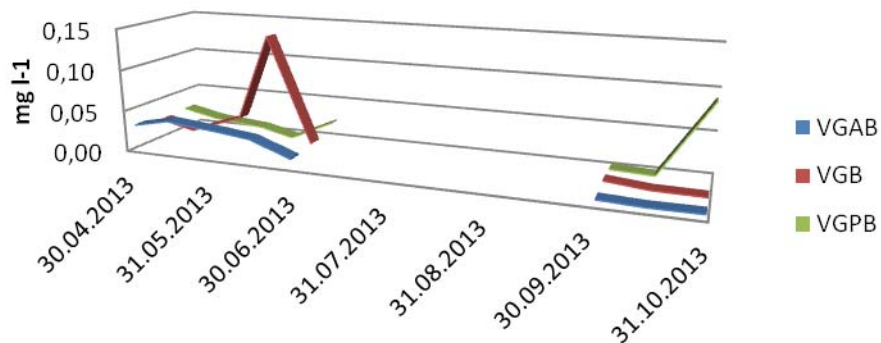
### N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



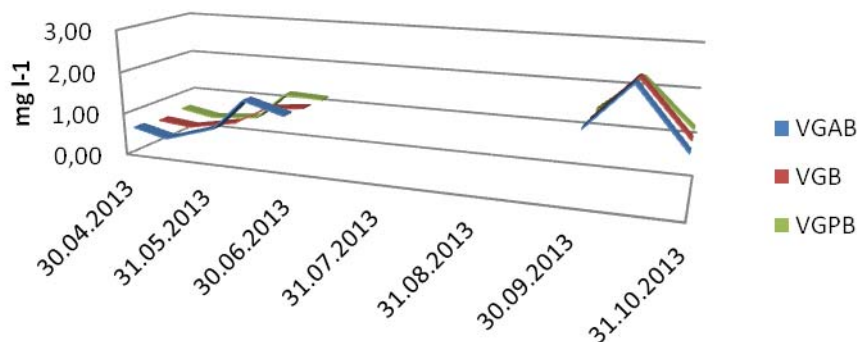
### P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



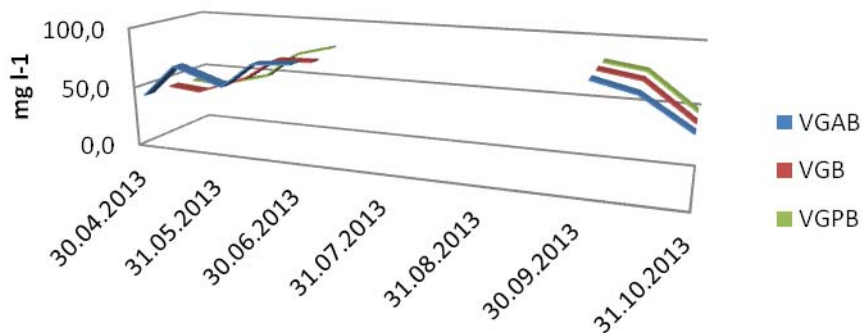
## N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



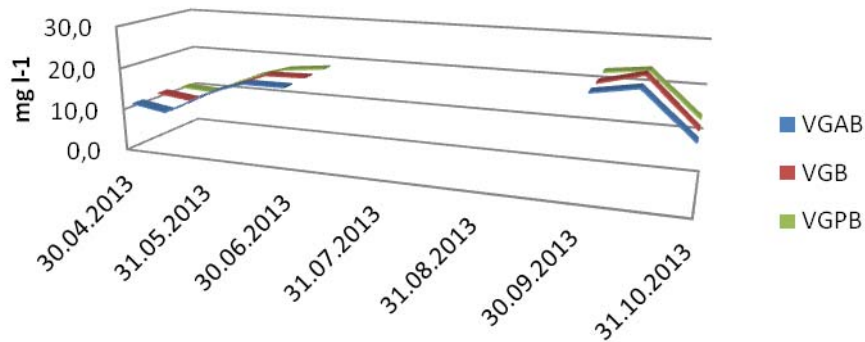
## K<sup>+</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



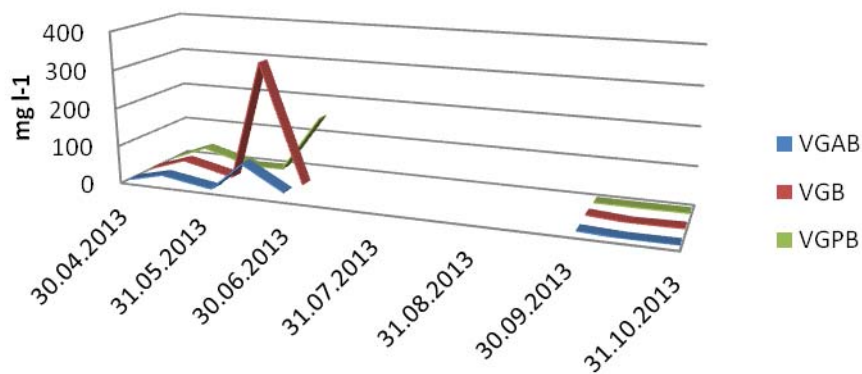
## Ca<sup>2+</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



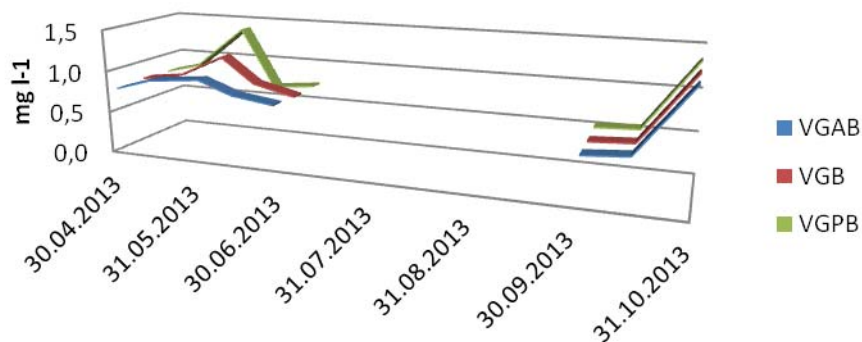
## Mg<sup>2+</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



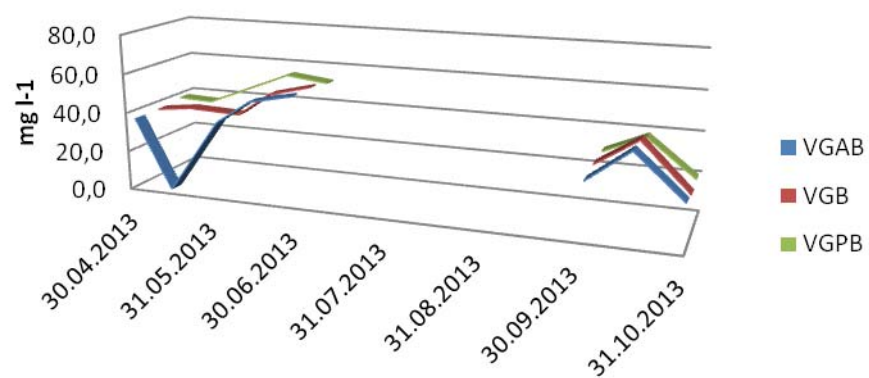
## TSS vērtību dinamika 2013.gadā



## N<sub>kop</sub> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



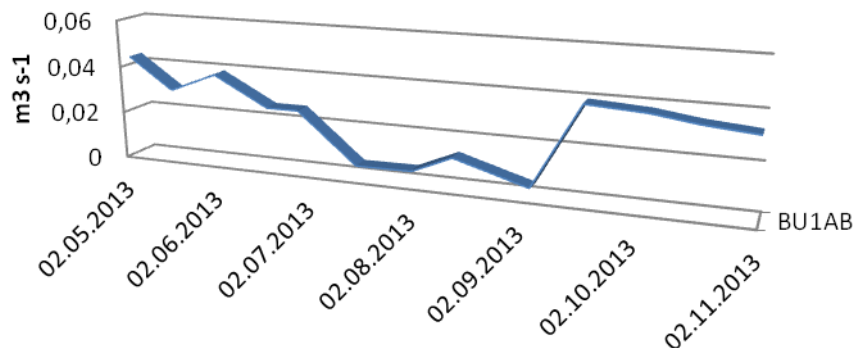
## DOC vērtību dinamika 2013.gadā



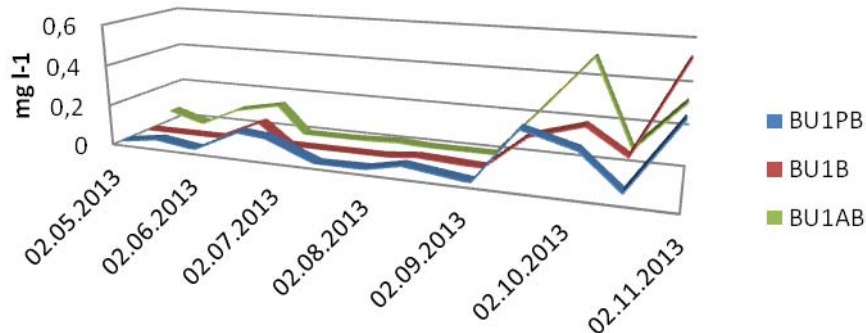


3. pielikums. Noteces apjoms un biogēno elementu koncentrācijas objektā „Bušnieki 1”

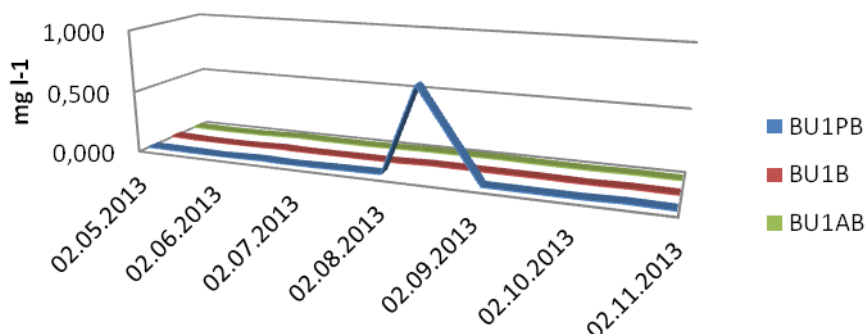
### Notece



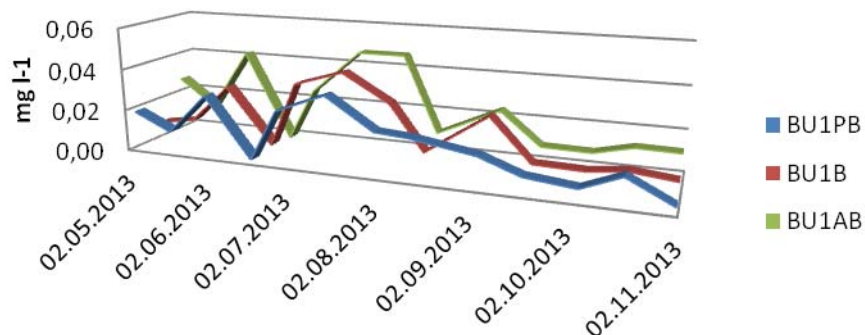
### N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



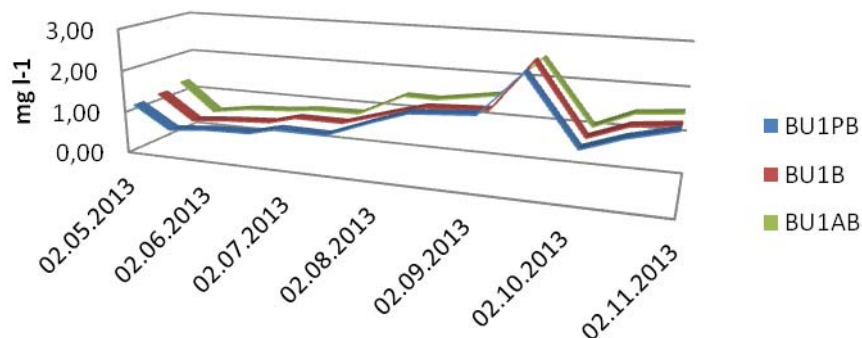
### P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



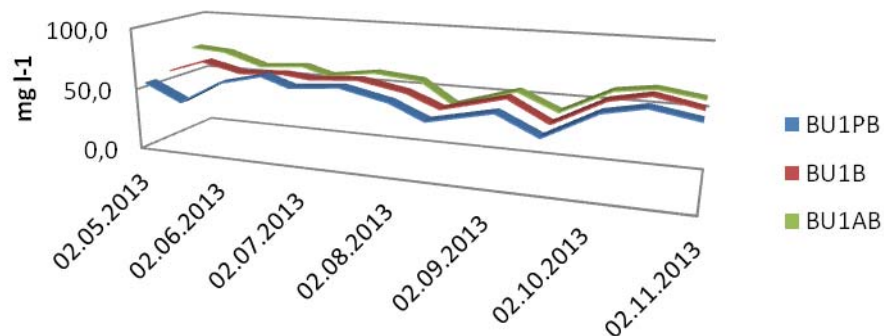
## N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



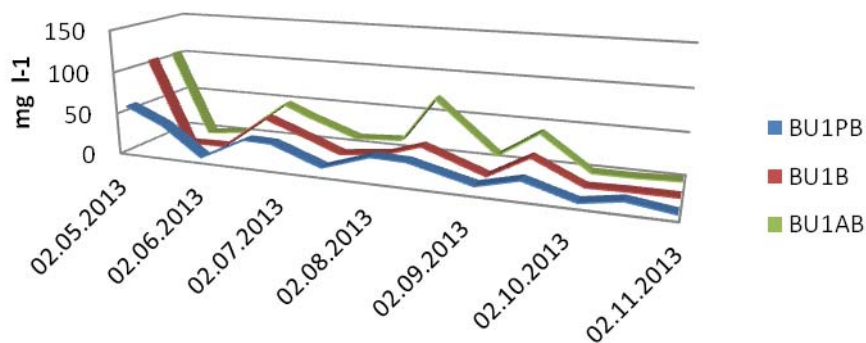
## K<sup>+</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



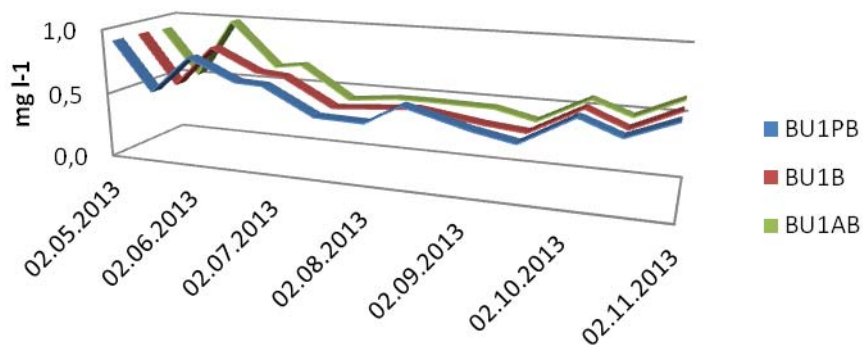
## Ca<sup>2+</sup> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



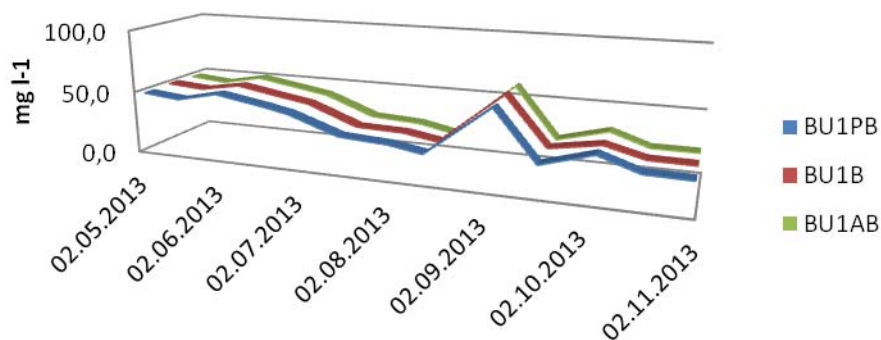
## TSS koncentrāciju dinamika 2013.gadā



## N<sub>kop</sub> koncentrāciju dinamika 2013.gadā



## DOC koncentrāciju dinamika 2013.gadā



## 6.Preventīvo pasākumu – filtrācijas platību pirms meliorācijas sistēmas ievadīšanas ūdenstecē efekta novērtējums ūdens kvalitātes kontekstā

Balstoties uz somu zinātnieku Samuli Joensuu un Mikka Nieminen, kā arī citu pētnieku pētījumu rezultātiem un LVMI "Silava" 2012.gadā veiktajiem novērojumiem 7 renovētās meliorācijas sistēmās Latvijā, secināts, ka:

Nosēdbedres uz grāvjiem 7 sateces baseinos Latvijā samērā efektīvi aiztur izšķīdušās daļiņas un oglekli (TSS un DOC), bet pārējie biogēnie elementi bedrē ievērojamos apjomos netiek aizturēti.

Nosēdbedres jau pirmajā ekspluatācijas gadā sāk aizsērēt. Tas vizuāli novērojams vairākos pētījumā iekļautajos objektos. Lai nodrošinātu to turpmāko darbību, tuvākajos gados būs nepieciešama to tīrīšana, kas, nenoliedzami, palielinās meliorācijas sistēmas ekspluatācijas izmaksas.

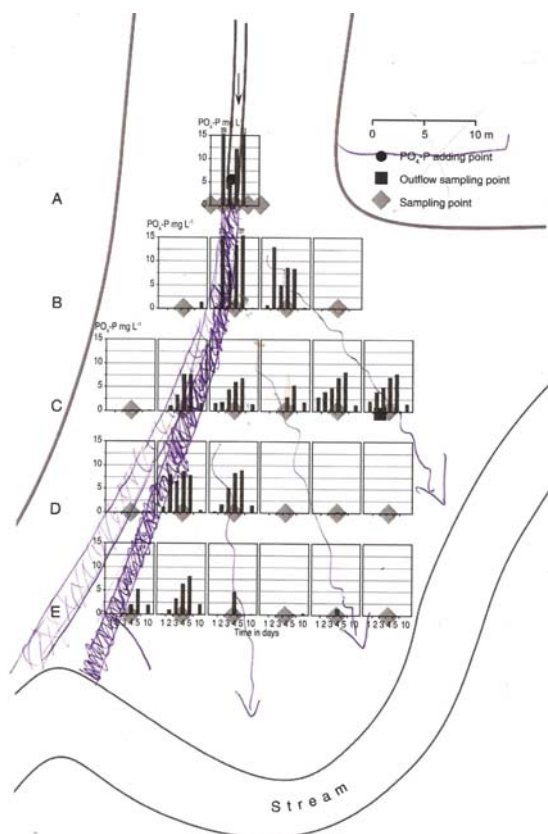
Nosēdbedres nereti izveidotas tādās vietās, kur, paaugstinoties ūdens līmenim upēs leļpus tām, ūdens no upes nonāk atpakaļ bedrē, kas ir nepieļaujami, jo šādā veidā biogēnie elementi, upes ūdens līmenim krītoties, tomēr nonāk dabīgajā ūdenstecē.

Ņemot vērā iepriekšminētos secinājumus, būtu lietderīgi pārliecināties, vai nav kāda cita, efektīvāka metode ūdenstilpju aizsardzībai, kas nodrošinātu arī pārējo biogēno elementu izneses samazinājumu leļpus meliorācijas sistēmas. Apmeklējot līdzīgus pētniecības objektus Somijā 2012.gadā, ievēriību raisīja filtrācijas lauku metode Kiikala sateces baseinā DR Somijā (Attēls 0.159). Lauka darbības princips ir sekojošs. Grāvim ar salīdzinoši lielu kritumu leļpasdaļā atstāj netīrītu sekciju (apmēram 100-150 m garu), izveidojot applūstošu platību ar lēni tekošu virszemes ūdeni, kas šajā platībā filtrējas dabiski. Šādus filtrācijas laukus iespējams izveidot, piemēram, mazražīgās meļaudzēs un degradētās platībās. Tiesa gan, svarīgi ir, lai meliorētā platība atrastos galvenokārt kūdras augsnēs.



Attēls 0.159. Filtrācijas lauks Kiikala sateces baseinā Somijā

Eksperimenta laikā viens sateces baseins Madonas novadā netālu no Liezēres ir aprīkots ar gruntsūdens akām paraugu ņemšanai vietām pirms, pēc un pašā filtrācijas laukā, pēc līdzīga principa kā 6.2. attēlā. Augšpusē ir grāvja ieteka filtrācijas laukā, apakšā, upe jeb dabīgā ūdenstece, kura principā jāpasargā no biogēnajiem elementiem. Paraugu ņemšanas vietu skaits filtrācijas laukā atkarīgs no lauka konfigurācijas un tehniskajām iespējām.



Attēls 0.160. Paraugu ņemšanas vietu filtrācijas laukā principiālā shēma (M. Nieminen, 1996)

2012.gadā veģetācijas sezonā vairākas reizes gruntsūdens akās ievākti fona dati (Tabula 0.60). Pēc meliorācijas sistēmas renovācijas reizi divās nedēļās tiks ievāktu ūdens paraugi analīzēm ar mērķi noskaidrot, vai:

Šāds filtrācijas lauks aizkavē ķīmisko elementu nokļūšanu dabīgajās ūdenstecēs;

Šādas filtrācijas lauka dimensijas ir optimālas tā funkcionalitātes nodrošināšanai (šo nebūs viegli pārbaudīt, jo nav atkārtojumu).

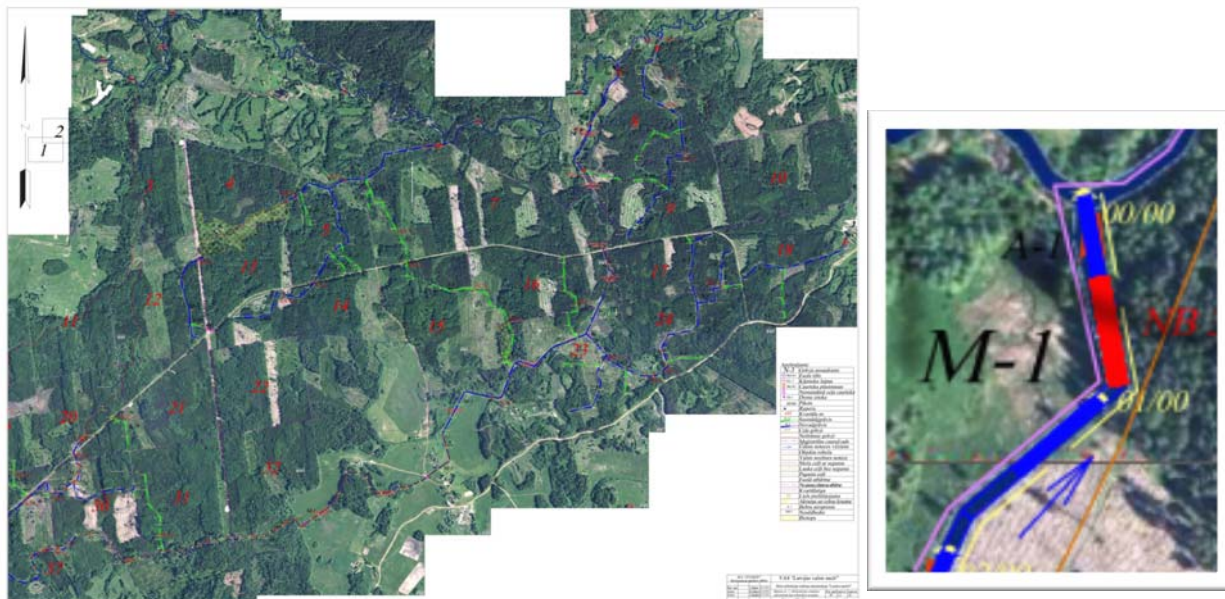
2013.gada pavasarī uz maģistrālā grāvja M1 tika ierīkotas 15 paraugu ņemšanas vietas; tas darīts vienmērīgi visā grāvja lejtecē (pēdējo 100 metru posmā), attālums starp paraugu ņemšanas vietām 30-40 metri. Vasaras laikā no visām 15 paraugu ņemšanas vietām trīs reizes iegūti dati par ūdens ķīmisko sastāvu un biogēno elementu daudzumu tajā. Šī informācija būtu uzskatāma par fona datiem. Meliorācijas sistēmas renovāciju plānots veikt 2014.gada sākumā.

Tabula 0.60

2013.gadā ievāktie fona dati - gruntsūdens ķīmiskie parametri

	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	K, mg L <sup>-1</sup>	Ca, mg L <sup>-1</sup>	Mg, mg L <sup>-1</sup>	TSS, mg L <sup>-1</sup>	Nkop., mg L <sup>-1</sup>	DOC, mg L <sup>-1</sup>
Mean	8,0	0,24	0,01	4,15	2,42	56,87	17,76	105,53	4,96	21,98
Standard Error	0,07	0,046	0,003	1,495	0,353	2,042	0,728	27,645	1,534	2,168
Median	8,10	0,117	0,004	0,424	0,004	56,930	17,315	46,000	1,35	20,880
Mode	7,21	0,000	0,000	0,007	0,000	#N/A	#N/A	0,000	0,710	0,000
Standard Deviation	0,49	0,332	0,021	10,8844	2,566	14,868	5,002	201,258	11,171	15,781
Sample Variance	0,24	0,110	0,000	118,470	6,586	221,057	28,092	40504,800	124,782	249,035
Kurtosis	-1,60	9,446	20,222	15,714	8,783	4,084	1,630	15,026	15,549	-0,108
Skewness	-0,16	2,684	3,981	3,905	2,477	-0,799	-0,340	3,679	3,889	0,291

Range	1,51	1,811	0,134	57,172	14,310	91,595	29,235	1145,000	57,580	61,270
Minimum	7,08	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum	8,59	1,811	0,134	57,172	14,310	91,595	29,235	1145,000	57,580	61,270
Count	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53



Attēls 0.161. Pētījumā izmantotā maģistrālā grāvja M1 Liezēres pagastā atrašanās vieta meliorācijas sistēmā. 15 paraugu ņemšanas vietas izvietotas vienmērīgi grāvja lejtecē (13 - pēdējos 100 metros, bet divas - augšpus filtrācijas lauka

Izmantotā informācija

1. Nieminen M, Jarva M., 1996. Phosphorus Adsorption by Peat from Drained Mires in Southern Finland. Scandinavian Journal of Forest Research, 11, 321-326
2. Personiska komunikācija ar Somijas mežzinātnes institūta METLA vadošo pētnieku Mikka Nieminen.

## VII Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas datus.

### Kopsavilkums

Precizēti šķērslaukuma, augstuma, caurmēra augšanas gaitas un pieauguma noteikšanas modeļi. Vienādojumu izstrādei izmantoti 3312 atkārtoti pārmērītu MSI parauglaukumu dati un aprēķināti visu meža elementu taksācijas rādītāji, kā arī dabiskā atmiruma krāja.

Aprēķinātas precizētās koeficientu vērtības, lai aprakstītu sakarību starp vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu, virsaugstumu un valdaudzes augstumu.

Kokaudzes meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra un tam atbilstošā koka augstuma pieauguma aproksimācijai precizēti iepriekš izstrādāto vienādojumu koeficienti. Abi šie modeļi to pašreizējā variantā neņem vērā meža elementa sociālo stāvokli un koku savstarpējo konkurenci un tās izmaiņas prognozējamā perioda laikā, kā arī nav paredzēti pārbiezinātu audžu taksācijas rādītāju aproksimācijai. Izveidots jauns vienādojums mežaudzes I stāva koku skaita izmaiņu aproksimācijai, kas balstīts uz tiem MSI parauglaukumu datiem, kuros nav konstatēta koku ciršana un nav konstatēta masveida koku bojāeja (dabiski atmirušo koku skaits <25% no sākotnēji uzņēmīto koku skaita). Tā kā izstrādātais vienādojums nespēj korekti aprēķināt koku skaita izmaiņas pārbiezinātās audzēs, izstrādāts papildus vienādojums maksimālajam koku skaitam atkarībā no audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra vai tam atbilstošā koka augstuma.

Kokaudzes šķērslaukuma izmaiņas pašreizējā variantā tiek piedāvāts aprēķināt atkarībā no aproksimētā vidējā kvadrātiskā caurmēra un aproksimētā koku skaita.

Aproksimētas jaunas vērtības iepriekš izveidotajam faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai.

Izveidots jauns vienādojums tekošā vidēji periodiskā krājas dabiskā atmiruma aproksimācijai, kas pašreizējā variantā ir atkarīgs no audzes vecuma un šķērslaukuma.

Krājas vidējo periodisko diferenci tiek piedāvāts aprēķināt kā aproksimēto faktiskā vidēji periodiskā pieauguma un vidējā periodiskā atmiruma krājas starpību.

Nevienā no 15 ierīkotajiem objektiem (33 parauglaukumi) grāvju renovācija nav devusi būtisku mežaudžu ražības pieaugumu visā nogabalā kopumā. Taču grāvju renovācijas kvalitāte būtiski ietekmē mežaudzes ražību – audzēs, kas lokalizētas meliorācijas sistēmās, kuras novērtētas kā labas, pēdējo 5 gadskārtu vidējais platums ir būtiski lielāks nekā audzēs, kas atrodas pie sliktākā kvalitātē atjaunotiem grāvjiem.

Novēlotām krājas kopšanas cirtēm 40-60 gadus vecās skuju koku audzēs ir gan pozitīva, gan negatīva ietekme uz koku radiālo papildus pieaugumu, 40-60 gadus vecās bērzu audzēs vai nu nav vai arī ir negatīva ietekme, bet 21-40 gadus vecās apšu audzēs vai nu nav, vai arī ir gan pozitīva, gan negatīva ietekme. Lai izstrādātu vienādojumus, kas statistiski korekti raksturotu novēlotu kopšanas ciršu radītās audzes taksācijas rādītāju izmaiņas, nepieciešams palielināt datu apjomu.

Analizētajos objektos egļu audzēs pēc 2005. gada vējgāzes sākotnēji (1-5 gadi) ir negatīvs vai neitrāls caurmēra papildus pieaugums, bet vēlāk ir pozitīvs caurmēra papildus pieaugums. Lai izstrādātu vienādojumus, kas statistiski korekti raksturotu vējgāžu radītās audzes taksācijas rādītāju izmaiņas nepieciešams palielināt datu apjomu.

Priežu audžu aritmētiski vidējais piecu gadu kumulatīvais caurmēra papildus pieaugums pēc ugunsgrēka 31-60 gadus vecās audzēs ir  $-0,96 \pm 0,56 (\pm SE) \text{cm}$ , 61-90 gadus vecās audzēs  $-1,57 \pm 0,56 \text{cm}$  un vecākās audzēs par 90 gadiem  $-1,60 \pm 0,66 \text{cm}$ . Lai gan visās vecuma grupās caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums ir negatīvs (61 gadi un vecākās audzēs pat būtiski negatīvs), tomēr visās vecuma grupās ir konstatētas arī audzes, kurā pēc ugunsgrēka caurmēra papildus pieaugums ir pozitīvs vai caurmēra papildus pieauguma nav. Pašreizējais datu apjoms ir par mazu, lai statistiski korekti raksturotu audzes taksācijas rādītāju izmaiņas pēc meža ugunsgrēka, tādēļ pašreiz aprēķinos jāpieņem vispārējā konstatētā sakarība – radiālā pieauguma samazinājums pirmajā piecgadē pēc ugunsgrēka.

#### Rekomendācijas:

Augstuma un caurmēra sakarību aprēķināšanai Hvald, Hdom un Hg meža elementa ietvaros izmantojamas 2013.g. precizētās koeficientu vērtības.

Virsaugstuma un vidējā augstuma augšanas gaitas aproksimācijai izmantojamas 2013.g. precizētās koeficientu vērtības. Šīs vērtības izmantojamas arī piemistrojumā esošo sugu augšanas gaitas modelēšanai. Pašreiz 2.stāva augšanas gaitas modelēšanai izmantojams 1.stāva augšanas gaitas modelis. Tiek pieņemts, ka virsaugstums aprēķināms, ņemot vērā sakarības starp vidējo augstumu un virsaugstumu.

Caurmēra pieaugumu modelēšanai kā valdošajai tā piemistrojuma sugai, modelējams izmantojot koeficientus, kas iegūti balstot uz radiālā pieauguma mērījumu datiem. Vienādojumi pagaidām nav izmantojami audžu, kuru biežība tuva pilnai biežībai, caurmēru pieaugumu modelēšanai.

Koku skaita izmaiņu modelēšanā vispirms aprēķināma prognozēto koku skaitu nākošajā periodā. Ja tas pārsniedz pašizretināšanās līniju, tad koku skaitu nākošajam periodam prognozē atbilstoši pašizretināšanās skaitām.

Faktiskās audzes tekošā pieauguma aprēķinam izmantojami precizētie vienādojumu koeficienti.

Atmiruma modelim izstrādāts jauns vienādojums. Pašreiz šis modelis nav izmantojams pārbiezinātu audžu atmiruma modelēšanai.

Modelējot novēlotu kopšanas ciršu ietekmi, nav pamata prognozēt pieauguma izmaiņas (papildus pieaugumu) veicot kopšanas cirti (priedei, eglei), savukārt bērzam un apsei pieaugums pirmajā piecgadē pat samazina.

Vējgāzēs cietušu audžu izdzīvojušās daļas pieauguma modelēšana pašreiz nav pamata ieviest augšanas gaitas korekcijas koeficientus.

Ugunsgrēkos cietušu priežu audžu izdzīvojušās daļas papildpieaugumam modelējama 1. piecgadē pēc ugunsgrēka samazināts pieaugums.



## Ievads

Adekvātas augšanas gaitas prognozes ir būtiska mežsaimnieciskās darbības seku prognozēšanai un lēmumu pieņemšanai plānojot mežsaimnieciskās darbības. Līdz šim Latvijā izmantotie pieaugumu noteikšanas modeļi (Liepa, 1996, Матузанис, 1988) lielā mērā ir balstīti uz 1960.-tajos un 70.gados vienreiz uzmērītu parauglaukumu datiem, kuros tekošais pieaugums noteikts pēc urbumu metodes. Ar šo metodi nav iespējams iegūt ticamu informāciju par atmirumu (koku skaita izmaiņām) un augšanas gaitu kopumā. Arī augšanas gaitas tabulas (Ozols, 1926; Sarma, 1948; Sacenieks, Matuzānis, 1964), neatspoguļo reālu audžu augšanas gaitu, bet gan dažādu vecumu „normālo audžu” statiku. Ir konstatēts, ka pēdējos gadu desmitos koku augšanas gaita Eiropā ir mainījusies (Spiecker, 1999, Pretsch, 2009), tādējādi agrāk izstrādātie modeļi varētu arī neatbilst mūsdienu situācijai. 2004. gadā Latvijā tika uzsākta meža statistiskā inventarizācija, kuras pirmā cikla (2004.-2008.) laikā Latvijas teritorijā regulārā tīklā iekārtoti vairāki tūkstoši parauglaukumu. Daļu no šiem parauglaukumiem plānots atkārtoti pārmērīt ik pa 5 gadiem, tādējādi iegūstot arī informāciju par dimensiju izmaiņām, skaita izmaiņām laika gaitā - atmiršanu, kā nociršanu. Tas sniedz ievades informāciju, lai izstrādātu jaunus modeļus, kuri atspoguļo augšanas gaitu konkrētā laika periodā.

Projekta gaitā plānots izveidot matemātiskos modeļus:

Koksnes pieaugumu prognožu modeļi – tekošais pieaugums, atmirums, krājas diference pa sugām, bonitātēm, vecuma klasēm;

Augšanas gaitas prognožu modeļi – šķērslaukums vai koku skaits, caurmērs, vidējais augstums pa valdošajām sugām, bonitātēm, vecuma klasēm.

Izstrādātie modeļi būs izmantojami audžu attīstības dažādu mežsaimniecisko darbību alternatīvu prognozēšanai.

## Definīcijas un termini

Zemāk apkopotas tās definīcijas un termini, kas izmantoti vienādojumu izstrādē (N.B! Tie var atšķirties no normatīvajos aktos noteiktajiem).

### Vispārējie termini un definīcijas

**Koks** – daudzgadīgs augs, kas parasti veido vienu pārkoksnējušos stumbru un skaidri noteiktu vainagu. Koks sastāv no sekojošām daļām: stumbrs, laterālā daļa -zari, lapotne, saknes un sīksaknes.

**Stumbrs** (angļu val. stem) – koka galvenā dzinuma virszemes daļa ar apikālo dominanci. Stumbrs tiek iedalīts: celma daļa (stump), stumbra vidusdaļa (bole), galotnes daļa (stem top).

**Miza** – koka stumbra un laterālās daļas, kā arī pazemes daļas audi, kas atrodas starp ksilēmu (koksni) un fellēmas (korķa kārtas) epidermu.

**Kokaudze** (audze) ir mežaudzes koku kopa.

**Kokaudzes veids** – vienkārša vai salikta:

vienkārša audze – audze, kuras koki izvietoti vienā stāvā (augstuma atšķirība no vidējā nepārsniedz 20%);

salikta audze – audze, kuras koki izvietoti divos vai vairāk stāvos.

**Kokaudzes sastāvs** – tīras (tīraudzes) un mistrotas (mistraudzes):

tīraudze – audze, kuras valdošās sugas krāja veido vairāk par 95% no kopējās krājas;

mistraudze – audze, kuras valdošās sugas krāja veido 95% vai mazāk.

**Valdošā koku suga** - koku suga (meža elements), kurai mežaudzes I stāvā ir vislielākā koksnes krāja.

**Valdaudze** - kokaudzes koki ar lielāko koksnes krāju, kuru augstums neatšķiras vairāk par 10 procentiem no to vidējā augstuma.

**Mežaudze** - meža platība ar viendabīgiem meža augšanas apstākļiem, līdzīgu koku sugu sastāvu un vecumu struktūru, kas ievērojami atšķiras no blakus esoša meža platībām.

**Meža elements** – vienādos augšanas apstākļos augšanā un attīstībā savstarpēji mijiedarbojušos vienas sugas, vienas paaudzes, vienādas izcelsmes un vienlīdz attīstītu koku kopums. Pie vienas paaudzes pieskaita kokus, kuru vecums atšķiras ne vairāk kā par 2 vecumklasēm. Vienvecuma tīraudze ir speciāls meža elementa gadījums.

**Kokaudzes biežība** - faktiskā koku skaita attiecība pret normālo koku skaitu vai faktiskā šķērslaukuma attiecība pret normālo šķērslaukumu.

**Kokaudzes biežums** – koku skaits uz ha.

**Normālas biežības audze** – tāda audze, kuras šķērslaukums ir vienāds ar normālo šķērslaukumu.

**Šķērslaukums** - viena hektāra platībā augošo koku stumbru šķērslaukumu summa (kvadrātmetros) 1,3 metru augstumā no sakņu kakla.

**Bonitāte** - iedalījuma vienība mežaudzes ražīguma raksturošanai, ko nosaka pēc koku augstuma noteiktā vecumā.

**Virsaugstuma bonitāte** - iedalījuma vienība mežaudzes ražīguma raksturošanai, ko nosaka pēc I stāva valdošās koku sugas virsaugstuma noteiktā vecumā.

**Mežaudzes stāvs** - koku kopa, kuras augstumu atšķirības no koku vidējā augstuma nepārsniedz 20 %.

Meža inventarizācijā otro stāvu izdala, ja tā koku vidējais augstums ir vismaz par 21 % mazāks nekā pirmā stāva koku vidējais augstums, bet nav mazāks par sešiem metriem.

Koku klasifikācija **Krafta klasēs** (Kraft, 1884 citēts pēc *Skudra, Dreimanis, 1993*):

I klase - virsvalkoki – audzes garākie un resnākie koki, kam ir labi attīstīts vainags un kuru galotnes paceļas virs kopējā vainagu klāja;

II klase- valdkoki - veido galveno audzes vainagu klāju, to stumbriem ir nedaudz mazākas dimensijas nekā I klases kokiem;

III klase - līdzvaldkoki – koku vainagi relatīvi vājāk attīstīti, šaurāki, iespiesti starp I un II klases koku vainagiem un atrodas kopējā vainagu klāja apakšējā daļā;

IV klase - nomāktie koki – vainagi ir īsāki un šaurāki nekā III klases kokiem. Ar galotnēm tie iesniedzas galvenā vainagu klāja apakšējā daļā. Koki pēc izmēriem ievērojami atpaliek no I-III klases kokiem. Kokus iedala 2 apakšklasēs: IV a apakšklase – koki ar šauriem, bet vienmērīgi veidotiem

vainagiem un brīvu logu audzes vainaga klājā; IV b apakšklase - koki, kam vienpusīgs vainags vai kas atrodas zem audzes vainagu klāja un kuriem vainaga apakšējā daļa ir stipri noēnota vai atmirusi; V klase -stipri nomāktie koki – atrodas zem valdošā audzes vainagu klāja. Va klasē ieskaita kokus ar nelielu atmirstošu vainagu, bet Vb klasē – īpatņus, kam vainagi atmiruši.

### ***Audzes (meža elementa) krūšaugstuma caurmēra definīcijas***

$d$  – atsevišķa koka caurmērs 1.3 m virs sakņu kakla (bāzes punkta);

$D_{vid}$  - **vidējais aritmētiskais caurmērs** vidējam aritmētiskajam diametram atbilstoša koka caurmērs

$$(D_{vid} = \bar{d} = \frac{\sum d}{n};$$

$D_g$  - **vidējais kvadrātiskais caurmērs** (vidējam šķērslaukumam atbilstoša koka caurmērs), kur

$$\text{vidējais šķērslaukums } (\bar{g}) = \frac{\sum g}{n} = \frac{G}{N};$$

$D_{vald}$  - **valdaudzes koku vidējais kvadrātiskais caurmērs**;

$D_{dom}$  – **kokaudzes I stāva valdošās koku sugas 100 resnāko koku uz ha koku vidējais kvadrātiskais caurmērs.**

### ***Audzes (meža elementa) vai to daļu augstuma definīcijas***

Analīzē izmantotie saīsinājumi un to termini un definīcijas:

$H_g$  – I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

$H_{vald}$  – valdaudzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

$H_{dom}$  – virsaugstums, kas aprēķināts kā 100 resnāko koku  $ha^{-1}$  vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums.

### ***Audzes (meža elementa) vecuma definīcijas***

A - **bioloģiskais jeb hronoloģiskais vecums** – laiks no sēklas dīgšanas vai atvašu pumpura saplaukšanas.

$A_{1.3}$  - **krūšaugstuma vecums** - laiks no brīža, kad tika sasniegts augstums 1.3 m virs sakņu kakla vai augsnes virsmas.

# 1. Augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde

## 1.1. MSI datu atlase, ievade un primāro datu aprēķins

No meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumu datu bāzes atlasīti parauglaukumi, kuros ir tikai I sektors. Zemes kategorija - mežs, iznīkusi audze, degums, vējgāze, izcirtums vai mežs lauksaimniecības zemē.

Datorprogrammā MS Excel 2007 ievadīti dati par 3312 MSI 2009. (481 parauglaukumi), 2010. (694), 2011. (1032) un 2012. (1105) gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem:

priežu audzēs – 771 (2009.g. – 196; 2010.g. – 235; 2011.g. – 340; 2012.g. - 338);

egļu audzēs – 407 (2009.g. – 96; 2010.g. – 127; 2011.g. – 184; 2012.g. - 198);

bērzu audzēs – 602 (2009.g. – 117; 2010.g. – 200; 2011.g. - 285; 2012.g. - 309);

melnalkšņu audzēs – 95 (2009.g. – 16; 2010.g. – 32; 2011.g. - 47; 2012.g. - 57);

apšu audzēs – 148 (2009.g. – 25; 2010.g. – 48; 2011.g. - 75; 2012.g. - 82);

baltalkšņu audzēs – 131 (2009.g. – 17; 2010.g. – 42; 2011.g. - 72; 2012.g. - 76);

citās audzēs – 35 (2009.g. – 8; 2010.g. – 3; 2011.g. - 24; 2012.g. - 37);

izcirtumi – 18 (2009.g. – 6; 2010.g. – 7; 2011.g. - 5; 2012.g. - 8).

Aprēķināti šo parauglaukumu katra meža elementa gan pirmās uzmērīšanas, gan otrās uzmērīšanas reizes taksācijas rādītāji pa meža elementiem, pa stāviem un kopējais, kā arī atmiruma krāja. Taču atšķirībā no MSI metodikas, kuras izmantošanas mērķis ir iegūt statistiski ticamu informāciju par meža resursu stāvokli valstī, lai saglabātu sakarības parauglaukuma līmenī, pieņemts, ka koki saglabā savu reprezentativitāti (cik kokus reprezentē uz ha), piederību stāvam utt., atbilstoši tam, kāds definēts pirmajā uzmērīšanas ciklā.

Parauglaukumu sadalījums pa valdošajām sugām, meža tiptiem, bonitātēm un vecuma desmitgadēm atspoguļots 1.1.- 1.3. tabulā.

### 1.1. tabula

#### Parauglaukumu sadalījums pa I stāva valdošajām koku sugām un meža tiptiem atkarībā no 1. cikla uzmērīšanas gada

Bonitāte	Mežaudzes																		Izcirtumi			Kopā					
	Priede			Egle			Bērzs			Melnalksnis			Apse			Baltalksnis									Citas		
	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā			
Ia	106	65	171	120	62	182	335	91	426	53	12	65	102	38	140	95	13	108	4	3	7				815	284	1099
I	217	102	319	142	85	227	167	132	299	33	18	51	43	42	85	24	39	63	13	18	31				639	436	1075
II	189	65	254	85	26	111	73	39	112	6	19	25	1	1	2	4	13	17	11	6	17				369	169	538
III	116	54	170	45	22	67	18	28	46	3	7	10	1	1	2	4	9	13	3	9	12				190	130	320
IV	65	17	82	14	3	17	9	15	24				1		1		2	2	4	1	5				93	38	131
V	44	20	64	1		1		3	3			1		1		1		1							46	24	70
Va	34	15	49				1	1								3		3							37	16	53
<b>Kopā</b>	<b>771</b>	<b>338</b>	<b>1109</b>	<b>407</b>	<b>198</b>	<b>605</b>	<b>602</b>	<b>309</b>	<b>911</b>	<b>95</b>	<b>57</b>	<b>152</b>	<b>148</b>	<b>82</b>	<b>230</b>	<b>131</b>	<b>76</b>	<b>207</b>	<b>35</b>	<b>37</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>26</b>	<b>2207</b>	<b>1105</b>	<b>3312</b>

### 1.2. tabula

#### Parauglaukumu sadalījums pa I stāva valdošajām koku sugām un vecuma desmitgadēm atkarībā no 1. cikla uzmērīšanas gada

A10-gradē	Mežaudzes																					Izcirtumi			Kopā		
	Priede			Egle			Bērzs			Melnalksnis			Apse			Baltalksnis			Citas								
	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā
1	19	12	31	18	22	40	54	59	113	5	3	8	45	29	74	24	17	41	2	5	7				167	147	314
2	20	8	28	15	17	32	40	28	68	4	3	7	7	7	14	24	13	37	3	5	8				113	81	194
3	21	8	29	57	16	73	43	28	71	8	7	15	11	6	17	33	17	50	4	2	6				177	84	261
4	31	10	41	77	31	108	84	28	112	14	7	21	13	5	18	32	15	47	6	1	7				257	97	354
5	58	27	85	46	18	64	131	46	177	28	11	39	20	9	29	15	12	27	2	3	5				300	126	426
6	84	42	126	38	17	55	121	49	170	18	14	32	26	12	38	3	2	5	5	4	9				295	140	435
7	128	55	183	37	28	65	73	34	107	12	9	21	17	10	27				4	4	8				271	140	411
8	95	52	147	42	19	61	37	27	64	6	3	9	6	2	8				1	4	5				187	107	294
9	95	48	143	34	12	46	14	8	22				2	1	3				3	4	7				148	73	221
10	69	21	90	12	7	19	4	1	5										1	3	4				86	32	118
11	56	18	74	12	4	16	1	1	2					1	1				2		2				71	24	95
12	42	11	53	8	1	9							1		1					1	1				51	13	64
13	23	11	34	3	4	7													1		1				27	15	42
14	13	7	20	3	1	4													1		1				17	8	25
15	10	4	14																						10	4	14
16	4	2	6	1	1	2																			5	3	8
17	2		2	3		3																1	1		5	1	6
>17	1	2	3	1		1																			2	2	4
<b>Kopā</b>	<b>771</b>	<b>338</b>	<b>1109</b>	<b>407</b>	<b>198</b>	<b>605</b>	<b>602</b>	<b>309</b>	<b>911</b>	<b>95</b>	<b>57</b>	<b>152</b>	<b>148</b>	<b>82</b>	<b>230</b>	<b>131</b>	<b>76</b>	<b>207</b>	<b>35</b>	<b>37</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>26</b>	<b>2207</b>	<b>1105</b>	<b>3312</b>

### 1.3. tabula

Parauglaukumu sadalījums pa I stāva valdošajām koku sugām un bonitātēm atkarībā no 1. cikla uzmērīšanas gada

MT	Mežaudzes																					Izcirtumi			Kopā			
	Priede			Egle			Bērzs			Melnalksnis			Apse			Baltalksnis			Citas									
	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	
Sl	18	11	29																							18	11	29
Mr	87	32	119				4	1	5																	91	33	124
Ln	94	34	128	5		5	2	3	5				1		1							1	1	2	103	38	141	
Dm	164	75	239	66	43	109	73	44	117				17	13	30	7	8	15	3	2	5	3	2	5	333	187	520	
Vr	9	4	13	108	55	163	132	88	220	10	11	21	71	39	110	62	47	109	13	10	23	1	1	2	406	255	661	
Gr	2	1	3	9	1	10	13	2	15		2	2	8	3	11	17		17	6	16	22				55	25	80	
Gs							1		1																1	0	1	
Mrs	42	12	54	4	1	5	9	4	13				1		1										56	17	73	
Dms	30	16	46	26	14	40	36	8	44	1	1	2	3	1	4		3	3							96	43	139	
Vrs	1	1	2	13	6	19	22	15	37	12	8	20	5	3	8	6	3	9	3	1	4		1	1	62	38	100	
Grs				1	1	2	5	2	7	2	2	4				1		1	2		2				11	5	16	
Pv	70	39	109				4	2	6																74	41	115	
Nd	34	12	46	3	5	8	23	13	36	1	1	2	2		2										63	31	94	
Db	1		1	4	1	5	32	13	45	22	12	34		1	1		5	5	2		2	2		2	63	32	95	
Lk							1		1	5		5					2	2							6	2	8	
Av	3	1	4																						3	1	4	
Am	30	14	44	2	3	5	1	2	3													1	1	2	34	20	54	
As	57	32	89	94	36	130	96	44	140	12	4	16	18	10	28	12	5	17		1	1	3	1	4	292	133	425	
Ap	2	2	4	16	6	22	38	13	51	10	3	13	17	6	23	21	1	22	5	4	9	4	1	5	111	36	147	
Kv	14	4	18																						14	4	18	
Km	54	17	71	6	1	7	8	5	13				1	1	2										69	24	93	
Ks	60	31	91	39	21	60	73	39	112	10	4	14	3	4	7		2	2			1	1	1	1	186	102	288	
Kp	1		1	11	4	15	29	11	40	10	9	19	1	1	2	5		5	1	2	3	2	2	2	60	27	87	
<b>Kopā</b>	<b>771</b>	<b>338</b>	<b>1109</b>	<b>407</b>	<b>198</b>	<b>605</b>	<b>602</b>	<b>309</b>	<b>911</b>	<b>95</b>	<b>57</b>	<b>152</b>	<b>148</b>	<b>82</b>	<b>230</b>	<b>131</b>	<b>76</b>	<b>207</b>	<b>35</b>	<b>37</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>26</b>	<b>2207</b>	<b>1105</b>	<b>3312</b>	

## 1.2. Augstuma, caurmēra, šķērslaukuma, koku skaita augšanas gaitas prognožu modeļu precizēšana

### 1.2.1. Augstuma augšanas gaitas modeļa precizēšana

1.2.1.1. Sakarība starp audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu *Materiāls un metodika*

Analīzē veikts reālo (pārmērīto) augstumu salīdzinājums ar aprēķinātajām vērtībām pēc iepriekšējos gados izstrādātajiem vienādojumiem (Donis et al., 2012):

$$H_g = a_1 H_{dom}^{a_2} N^{a_3} \quad \text{jeb} \quad H_{dom} = \left( \frac{H_g}{a_1 N^{a_3}} \right)^{\frac{1}{a_2}} \quad (1.1)$$

$H_g$  – audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošais augstums, m;

$H_{dom}$  – audzes virsaugstums (100 uz hektāra lielāko koku augstums), m;

$N$  – valdošās koku sugas I stāva koku skaits uz hektāra.

$$H_{\text{vald}} = \alpha_1 H_{\text{dom}}^{\alpha_2} N^{\alpha_3} \text{ jeb } H_{\text{dom}} = \left( \frac{H_{\text{vald}}}{\alpha_1 N^{\alpha_3}} \right)^{\frac{1}{\alpha_2}} \quad (1.2)$$

$H_{\text{vald}}$  – audzes valdaudzes augstums, m;

$H_{\text{dom}}$  – audzes virsaugstums (100 uz hektāra lielāko koku augstums), m;

$N$  – valdošās koku sugas I stāva koku skaits uz hektāra.

Analīzē izmantoti dati par 3649 MSI 1. un 2. ciklā uzmērītajiem parauglaukumiem, kuros valdošā koku suga ir priede (1509 parauglaukumi), egle (705), bērzs (932), melnalksnis (163), apse (156) un baltalksnis (184), valdošās koku sugas I stāva koku skaits ir vismaz 100 koki uz hektāra, augstums uzmērīts vismaz 5 valdošās koku sugas kokiem.

Analīzē pieņem:

audzes vidējais augstums ir parauglaukuma vidējā kvadrātiskā caurmēram atbilstošā valdošās koku sugas koka augstums;

audzes virsaugstums ir parauglaukumā esošo 100 uz hektāra pēc krājas lielāko valdošās koku sugas koku aritmētiski vidējais augstums;

audzes valdaudzes augstums ir aritmētiski vidējais augstums no parauglaukumā esošajiem valdošās koku sugas kokiem, kuru aprēķinātais augstums (pēc R. Ozoliņa augstumlīknes) neatšķiras vairāk nekā par 10% no to vidējās vērtības.

Abiem iepriekšminētajiem vienādojumiem (1. un 2. vienādojums), balstoties uz lielāku datu apjomu, aprēķinātas jaunas koeficientu vērtības. Koeficientu vērtības aprēķinātas datorprogrammā SPSS 14.

### **Rezultāti**

Vienādojumiem 1.1. un 1.2. aprēķinātās jaunās koeficientu vērtības, kas visos gadījumos ir statistiski būtiskas (koeficientu vērtību 95% ticamības intervāls sevī neietver nulli). Ar jaunajām koeficientu vērtībām vienādojumi lietojami plašākā diapazonā nekā tas bija ar iepriekšējos gados aprēķinātajām koeficientu vērtībām. Vienādojumu koeficientu vērtības un to statistiskie rādītāji, kā arī vienādojumu lietošanas ierobežojumi atspoguļoti 1.4. tabulā.

Abiem vienādojumiem (1.1. un 1.2. formula) visām koku sugām vidējā novirze ir mazāka par 0,2 metriem, kā arī visos gadījumos konstatēta cieša pozitīva lineāra korelācija (1.5. tabula).

Audzes vidējā augstuma un valdaudzes augstuma starpības starp uzmērītajām un aproksimētajām vērtībām principā nav atkarīgas no audzes virsaugstuma un valdošās koku sugas I stāva koku skaita, jo visos gadījumos ir vāja lineāra korelācija, lai gan atsevišķos gadījumos, lielā parauglaukumu skaita dēļ, korelācijas koeficients ir lielāks par korelācijas koeficienta kritisko vērtību (1.1. attēls).

Starpība starp uzmērīto un aproksimēto vērtību mazāka par 10% atkarībā no koku sugas audzes vidējam augstumam ir 88-95% no parauglaukumiem, bet audzes valdaudzes augstumam ir 98-100% no parauglaukumiem (1.2. attēls).

#### 1.4. tabula

### Audzes vidējā augstuma un valdaudzes augstuma aprēķināšanai atkarībā no audzes virsaugstuma vienādojumu (1.1. un 1.2. formulas) koeficienti un lietošanas ierobežojumi

Suga	Koefficients	$Hg=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$					$Hvald=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$										
		Vērtība	Standartklūda			Hdom		N		Vērtība	Standartklūda			Hdom		N	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	Max	Min	Max		
Priede	a1	1.05845	0.02380	1.01177	1.10512	2	40	120	∞	1.24919	0.01271	1.22425	1.27413	2	40	100	∞
	a2	1.04165	0.00490	1.03204	1.05126					0.97671	0.00219	0.97242	0.98101				
	a3	-0.04421	0.00180	-0.04774	-0.04068					-0.03229	0.00082	-0.03391	-0.03068				
Egle	a1	1.20702	0.04881	1.11118	1.30286	2	40	110	∞	1.40221	0.04001	1.32366	1.48075	2	40	100	∞
	a2	1.02133	0.00891	1.00384	1.03883					0.95473	0.00625	0.94245	0.96701				
	a3	-0.06049	0.00292	-0.06623	-0.05475					-0.03935	0.00207	-0.04341	-0.03529				
Bērzs	a1	1.31239	0.04990	1.21445	1.41033	2	40	110	∞	1.29564	0.02362	1.24928	1.34200	2	40	100	∞
	a2	1.00398	0.00865	0.98699	1.02096					0.96321	0.00411	0.95515	0.97126				
	a3	-0.06452	0.00266	-0.06973	-0.05931					-0.03042	0.00127	-0.03292	-0.02792				
Melnalksnis	a1	1.19710	0.10778	0.98425	1.40995	2	40	110	∞	1.21426	0.06096	1.09386	1.33465	2	40	100	∞
	a2	0.99769	0.02375	0.95079	1.04459					0.96870	0.01316	0.94271	0.99469				
	a3	-0.03998	0.00610	-0.05202	-0.02793					-0.02292	0.00341	-0.02966	-0.01618				
Apse	a1	1.13035	0.09163	0.94932	1.31137	2	40	110	∞	1.23811	0.03702	1.16498	1.31124	2	40	100	∞
	a2	1.03059	0.01827	0.99450	1.06669					0.97812	0.00666	0.96497	0.99127				
	a3	-0.05059	0.00487	-0.06020	-0.04097					-0.03034	0.00181	-0.03391	-0.02676				
Baltalksnis	a1	0.98172	0.13253	0.72022	1.24321	2	40	110	∞	1.12556	0.07974	0.96822	1.28291	2	40	100	∞
	a2	1.02759	0.03235	0.96377	1.09141					0.97180	0.01683	0.93859	1.00501				
	a3	-0.02578	0.00935	-0.04424	-0.00732					-0.01406	0.00495	-0.02382	-0.00430				

Hg - audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošais augstums; Hvald - audzes valdaudzes augstums; Hdom - audzes virsaugstums; N - valdošās koku sugas l stāva koku skaits

#### 1.5. tabula

### Audzes vidējā augstuma un valdaudzes augstuma aprēķināšanai atkarībā no audzes virsaugstuma vienādojumu (1.1. un 1.2. formulas) statistiskie rādītāji

Suga	Vienādojums	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	N
Priede	$Hg=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	-0.009	0.608	0.789	0.622	0.014	0.977	0.993	1509
	$Hvald=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	0.004	0.269	0.372	0.139	0.003	1.000	0.998	1509
Egle	$Hg=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	-0.005	0.692	0.891	0.792	0.024	0.970	0.988	705
	$Hvald=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	0.002	0.436	0.676	0.456	0.014	0.989	0.993	705
Bērzs	$Hg=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	0.003	0.766	0.978	0.955	0.028	0.975	0.986	932
	$Hvald=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	0.001	0.361	0.500	0.250	0.008	0.993	0.996	932
Melnalksnis	$Hg=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	-0.003	0.712	1.056	1.108	0.057	0.937	0.971	163
	$Hvald=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	0.000	0.352	0.607	0.367	0.020	0.979	0.990	163
Apse	$Hg=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	0.017	0.707	0.952	0.901	0.012	0.999	0.994	156
	$Hvald=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	0.003	0.267	0.369	0.135	0.002	1.000	0.999	156
Baltalksnis	$Hg=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	0.002	0.838	1.306	1.697	0.093	0.911	0.952	184
	$Hvald=a_1 Hdom^{a2} N^{a3}$	-0.001	0.377	0.728	0.527	0.031	0.967	0.984	184

MRES - vidējā novirze (ideālā vērtība 0)

AMRES - vidējā absolūtā novirze (0)

RMSE - standartklūda (0)

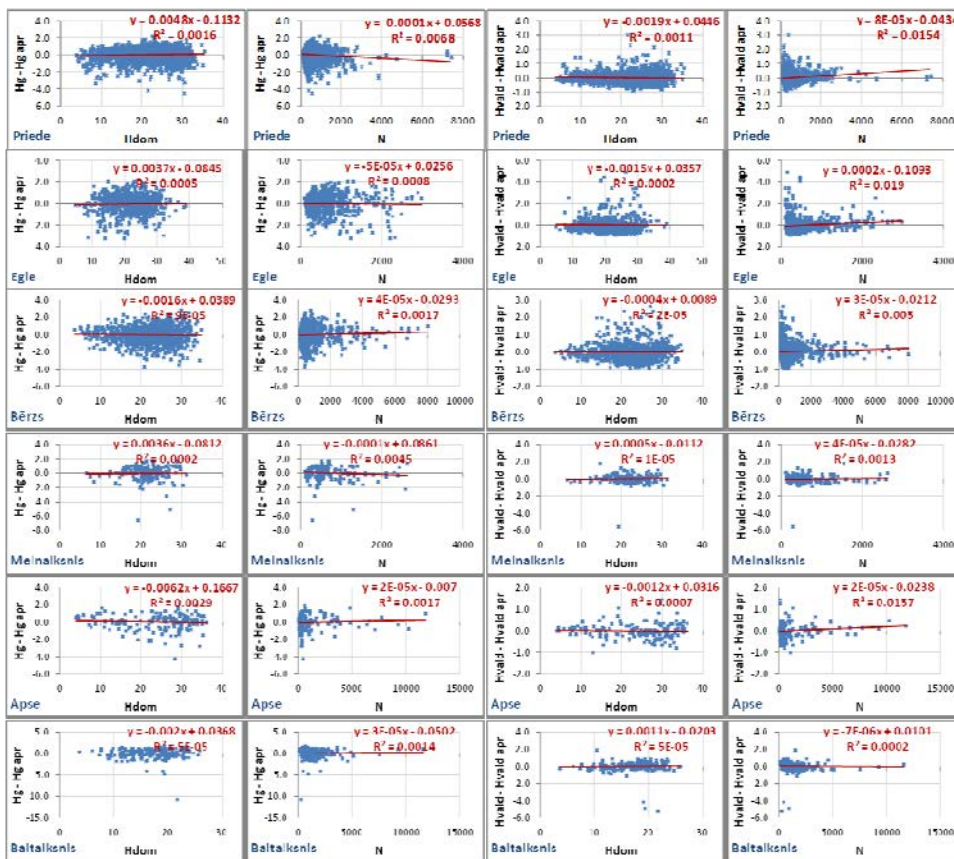
MSE - vidējā kvadrātiskā klūda (0)

MEF - modeļa efektivitātes indekss (0)

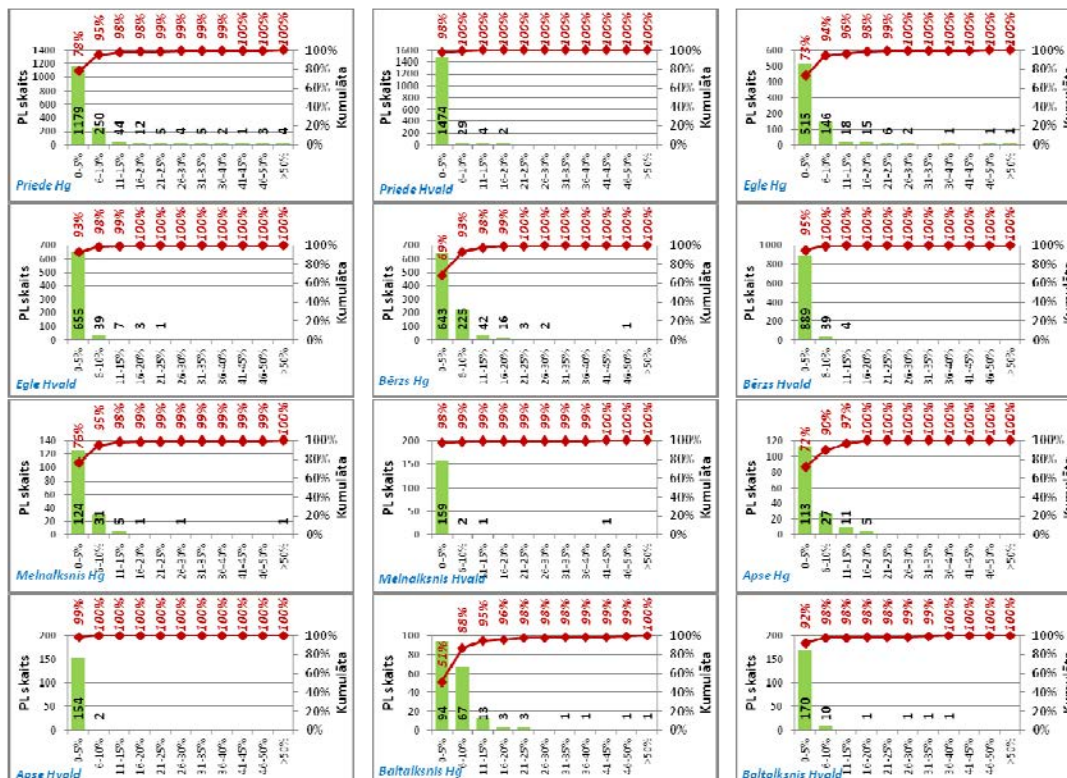
VR - dispersijas attiecība (1)

R - korelācijas koeficients (1)

N - parauglūkumu skaits



1.1. attēls. Audzes vidējā (Hg) un valdaudzes (Hvald) augstuma starpības starp uzņēmītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes virsaugstuma (Hdom) un audzes valdošās koku sugas I stāva koku skaita (N).



1.2. attēls. Parauglaukumu skaits un kumulatīvais sadalījums atkarībā no relatīvās starpības starp uzņēmīto un aprēķināto augstumu.



### 1.2.1.2. Virsaugstuma un vidējā augstuma augšanas gaitas modeļa precizēšana

#### **Materiāls un metodika**

Meža elementa vidējā kvadrātiskā koka augstuma augšanas gaitas modelēta datorprogrammā SPSS 14.0 for Windows izmantojot sekojošu (Czieszewski, et al., 2005):

$$H_2 = 1.3 + (H_1 - 1.3) \left( \frac{1 - \exp(-b_1 A_2)}{1 - \exp(-b_1 A_1)} \right)^{\left( \frac{b_2 + \sqrt{\frac{1}{2} \left[ (\ln H_1 - b_2)^2 + (\ln H_1 - b_2 \ln [1 - \exp(-b_1 A_1)])^2 - 4b_2 \ln [1 - \exp(-b_1 A_1)] \right]}}{2}} \right)} \quad (1.3)$$

Kur  $A_1$  – vecums pirmajā uzmērīšanas reizē,  $A_2$  – vecums otrajā uzmērīšanas reizē,  $H_1$  – augstums pirmajā uzmērīšanas reizē,  $H_2$  – augstums otrajā uzmērīšanas reizē.

Datu analīzē izmanto datus par 2951 meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas koku sugas vienas paaudzes vienā stāvā esošus kokus) no 1911 MSI 2009. - 2012. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

meža elementi ir P1st (877 meža elementi), E1st (578), E2st (378), B1st (736), A1st (89), M1st (167), Ba1st (126);

katrā uzmērīšanas ciklā augstums uzmērīts vismaz 3 dzīvajiem kokiem no viena meža elementa;

abās uzmērīšanas reizēs zināms elementa vecums;

neviens no uzmērīšanas cikliem parauglaukumā nav vecās paaudzes koki;

parauglaukumā nav veikta kailcirte;

meža elementa uzmērītais vidējais augstums otrajā ciklā ir lielāks nekā pirmajā ciklā uzmērītais;

meža elementa pēdējo piecu gadu augstuma tekošais periodiskais pieaugums neatšķiras vairāk kā 2 standartnovirzes no meža elementa vecuma desmitgades aritmētiski vidējās vērtības

Ar 1.3. vienādojumu tiek aproksimēta meža elementa vidējā kvadrātiskā koka augstuma augšanas gaita, bet audzes virsaugstumu var aprēķināt izmantojot 1.1. vienādojumu.

#### **Rezultāti**

Sākotnēji augstuma augšanas gaitas analīzē tiek pārbaudīta nulles hipotēze: *I stāva valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem koku augstuma pieaugums neatšķiras ( $H_0$ :  $Z_D$ valdošajiem =  $Z_D$ piemistrojumam).*

Analīzē par valdaudzes meža elementiem pieņem tos meža elementus, kuru sastāva koeficients ir 6.5 vai lielāks.

Lai pārbaudītu izvirzīto nulles hipotēzi, katrai koku sugai starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem tiek salīdzināti aritmētiski vidējie pēdējo piecu gadu augstuma tekošie periodiskie pieaugumi sadalījumā pa vecuma grupām un bonitātēm.

Priedei, melnalksnim, apsei un baltalksnim pēdējo piecu gadu tekošo periodisko augstuma pieaugumiem būtiskas atšķirības (aritmētiski vidējo starpība lielāka par 1.96 SE) starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem nav konstatētas neviens no bonitātes-vecuma grupas, bet eglei un bērzam katram 1 no 11 bonitātes vecuma grupām konstatēta būtiska augstuma pieauguma starpība (1.6.-1.11. tabulas). Eglei un bērzam būtiskas atšķirības ir konstatētas arī starp bonitāšu grupu vidējām augstuma pieauguma vērtībām, bet tās izskaidrojamas ar lielo vidējā vecuma starpībām. Tātad var pieņemt, ka starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem sugas ietvaros nav atšķirības starp pēdējo piecu gadu tekošo periodisko augstuma pieaugumu.

Tālākajā augstuma augšanas gaitas analīzē (1.3. vienādojuma koeficientu aproksimācijā) pieņem, ka pirmajam stāvam sugas ietvaros augstuma augšanas gaita valdaudzes un piemistrojuma elementiem ir vienāda.

1.6. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes priežu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa							Kopā
			5-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	120<	
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1	1			1
	vid Zh	mistr	2.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	0.2	1.6
		vald	2.9	1.8	1.4	1.5	1.3		1.3	1.6
	s Zh	mistr	0.4	1.0	0.8	0.9	0.8		0.5	0.9
		vald	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7		0.6	0.8
	vid A1.3	mistr	15	33	51	70	88	105	121	56
		vald	14	33	52	69	87		131	56
	vid Bon	mistr	0.7	0.5	0.5	0.6	0.9	1.0	1.0	0.6
		vald	0.9	0.7	0.6	0.8	0.9		1.0	0.7
	Skaitis	mistr	6	26	65	39	10	5	1	152
	vald	10	40	74	79	17		2	222	
II - III	Būtiskums		1	1	1	1	1	1	1	1
	vid Zh	mistr	3.0	1.9	1.3	1.6	1.3	1.2	0.6	1.5
		vald	2.6	1.5	1.3	1.3	1.0	0.8	0.9	1.3
	s Zh	mistr	1.1	1.1	1.0	1.0	0.7	0.6	0.4	1.0
		vald	0.9	0.7	0.8	0.7	0.7	0.5	0.4	0.8
	vid A1.3	mistr	11	32	51	70	89	112	138	72
		vald	9	33	52	70	89	107	135	66
	vid Bon	mistr	2.5	2.2	2.1	2.2	2.4	2.6	2.8	2.3
		vald	2.4	2.5	2.2	2.4	2.3	2.5	2.6	2.4
	Skaitis	mistr	6	5	18	24	18	11	4	86
	vald	17	29	65	69	43	23	10	256	
IV - V	Būtiskums			1	1	1	1		1	1
	vid Zh	mistr		0.5	1.1	1.1	0.9	1.4	1.3	1.0
		vald	2.2	0.6	0.9	0.8	1.0	0.9	0.7	0.9
	s Zh	mistr		0.1	0.2	1.1	0.6		0.4	0.7
		vald	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
	vid A1.3	mistr		39	58	73	87	113	129	80
		vald	13	33	53	72	91	110	135	79
	vid Bon	mistr		4.0	4.0	5.0	4.5	4.0	4.0	4.4
		vald	4.0	4.4	4.6	4.7	4.6	4.6	4.7	4.6
	Skaitis	mistr		2	2	5	4	1	2	16
	vald	3	10	32	38	26	21	15	145	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.7. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes egļu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecumagrupa					Kopā	
			5-20	21-40	41-60	61-80	81-100		100<
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1	1		-100
	vid Zh	mistr	2.8	1.8	1.3	1.3	1.3		1.6
		vald	2.8	1.8	1.5	1.2	1.2	0.8	1.9
	sZh	mistr	0.9	0.9	0.7	0.7	0.4		0.9
		vald	1.0	0.8	0.8	0.6	0.5	0.6	1.0
	vid A1.3	mistr	15	32	51	68	86		47
		vald	15	30	52	70	92	105	37
	vid Bon	mistr	0.7	0.5	0.6	0.8	1.0		0.6
		vald	0.3	0.4	0.6	0.8	0.3	1.0	0.4
	Skaitis	mistr	17	58	61	50	5		191
	vald	30	79	23	17	4	2	155	
II - IV	Būtiskums		1	-100	1	1	1	1	-100
	vid Zh	mistr	3.4	1.5	1.5	1.3	1.0	0.8	1.4
		vald	3.0	2.1	1.3	1.1	1.2	0.7	1.8
	sZh	mistr	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5		0.9
		vald	0.8	0.8	0.9	0.6	0.8	0.1	1.0
	vid A1.3	mistr	13	31	53	70	90	114	68
		vald	14	29	48	70	90	128	47
	vid Bon	mistr	2.6	2.6	2.3	2.3	2.8	3.0	2.5
		vald	2.5	2.5	2.2	2.5	2.6	3.0	2.5
	Skaitis	mistr	10	18	30	42	38	15	153
	vald	11	30	17	11	5	5	79	

**Būtiskums:** 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.8. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes bērzu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecumagrupa					Kopā
			5-20	21-40	41-60	61-80	80<	
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1		1
	vid Zh	mistr	3.7	1.8	1.4	1.1	0.4	1.7
		vald	3.5	1.9	1.4	1.2		2.0
	s Zh	mistr	1.1	1.1	0.7	0.4	0.2	1.1
		vald	1.6	0.9	0.8	0.5		1.4
	vid A1.3	mistr	15	32	50	70	91	45
		vald	10	32	48	67		36
	vid Bon	mistr	0.3	0.6	0.6	0.6	1.0	0.6
		vald	0.4	0.5	0.6	0.6		0.5
	Skaitis	mistr	23	67	117	30	2	239
	vald	40	54	67	13		174	
II - III	Būtiskums		1	1	1	1		-100
	vid Zh	mistr	3.8	1.9	1.2	1.3	1.0	1.4
		vald	4.1	2.1	1.5	1.3	1.2	2.3
	s Zh	mistr	1.2	1.0	0.7	0.7	0.5	0.9
		vald	1.4	1.0	0.8	0.6		1.5
	vid A1.3	mistr	15	33	50	67	85	50
		vald	13	32	49	65	81	38
	vid Bon	mistr	2.4	2.3	2.2	2.3	2.6	2.3
		vald	2.4	2.4	2.5	2.6	2.0	2.4
	Skaitis	mistr	5	35	84	28	7	159
	vald	29	39	44	16	1	129	
IV - V	Būtiskums			1	-100	1		1
	vid Zh	mistr	1.9	1.1	0.5	1.1	0.4	1.0
		vald	2.8	1.0	2.0	1.3		1.8
	s Zh	mistr		0.5	0.4	0.8	0.0	0.6
		vald	1.6	0.9	0.7	0.6	0.0	1.2
	vid A1.3	mistr	15	32	53	69	85	53
		vald	13	34	49	67		39
	vid Bon	mistr	4.0	4.2	4.3	4.2	5.0	4.3
		vald	4.3	4.2	4.2	4.7		4.3
	Skaitis	mistr	1	6	3	6	2	18
	vald	4	5	5	3		17	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.9. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes melnalkšņu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			5-20	21-40	41-60	60<	
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zh	mistr	1.9	1.8	1.1	0.9	1.6
		vald	3.5	1.7	1.5	1.3	1.8
	s Zh	mistr	1.1	0.8	0.8	0.2	0.9
		vald	0.6	0.9	0.7	0.5	0.9
	vid A1.3	mistr	13	31	49	65	36
		vald	9	31	49	69	39
	vid Bon	mistr	0.3	0.7	0.9	1.0	0.7
		vald	1.0	0.8	0.9	1.0	0.9
	Skaitis	mistr	4	33	17	2	56
vald		2	11	9	2	24	
II - IV	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zh	mistr	3.1	2.0	1.3	1.1	1.6
		vald	2.4	1.6	1.4	0.8	1.6
	s Zh	mistr	0.3	0.9	0.7	0.4	0.8
		vald	0.4	1.1	0.7	0.1	0.8
	vid A1.3	mistr	15	32	49	71	45
		vald	16	33	50	70	42
	vid Bon	mistr	2.5	2.4	2.6	3.3	2.6
		vald	3.0	2.9	2.3	2.0	2.5
	Skaitis	mistr	2	20	35	7	64
vald		3	7	11	2	23	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

### 1.10. tabula

**Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes apšu audzēs**

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			5-20	21-40	41-60	60<	
Visas	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zh	mistr	3.7	2.2	1.5	1.1	2.0
		vald	3.9	1.9	1.4	0.9	2.3
	s Zh	mistr	1.3	1.1	0.5	0.5	1.2
		vald	1.6	0.9	0.5	0.5	1.6
	vid A1.3	mistr	13	28	50	64	40
		vald	10	34	51	71	37
	vid Bon	mistr	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4
		vald	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3
	Skaitis	mistr	8	11	24	4	47
vald		14	8	14	6	42	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

### 1.11. tabula

**Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes baltalkšņu audzēs**

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			5-20	21-30	31-40	40<	
Visas	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zh	mistr	2.6	1.7	1.5	1.4	1.9
		vald	2.6	2.1	1.1	0.9	2.0
	s Zh	mistr	1.1	0.8	0.8	0.8	1.0
		vald	1.2	1.1	0.8	0.6	1.2
	vid A1.3	mistr	12	25	36	47	27
		vald	15	25	35	47	25
	vid Bon	mistr	-0.1	0.7	1.1	1.6	0.7
		vald	1.0	1.0	1.8	1.9	1.2
	Skaitis	mistr	15	27	14	7	63
vald		25	22	9	7	63	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

Apromētas jaunas koeficientu vērtības meža elementa vidējā kvadrātiskā koka augstuma augšanas gaitas modelim (1.12. tabula). Atšķirībā no iepriekšējā gada, teorētiski šī gada modelis ļauj prognozēt

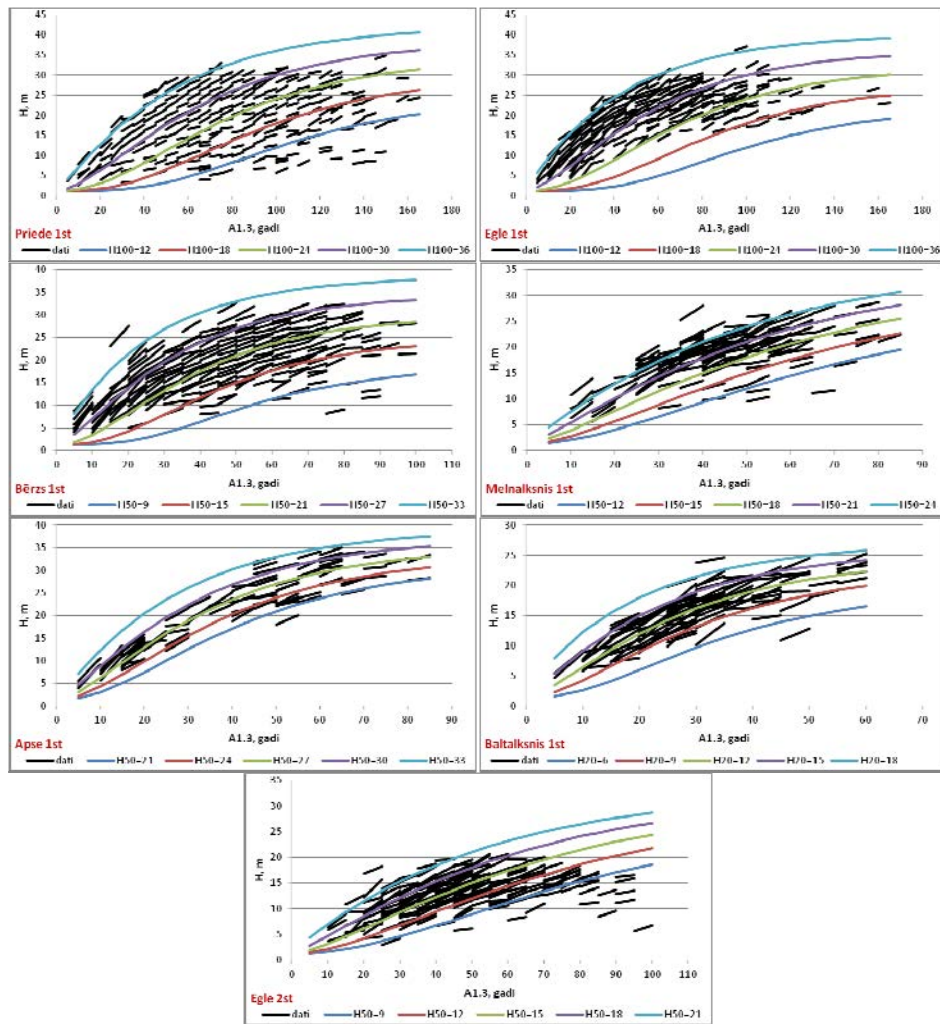
ne tikai audzes I stāva valdošās koku sugas augstuma pieaugumu, bet arī piemistrojuma sugu pieaugumu, kā arī eglei II stāva pieaugumu.  
Uzmērīto un aproksimēto vērtību sakarības atspoguļotas 1.3. attēlā.

1.12. tabula

Vidējā augstuma augšanas gaitas vienādojuma (1.3. vienādojums) koeficienti, statistiskie rādītāji un krūšaugstuma vecuma ierobežojumi

Suga	Koefficients	Vērtība	Standart-kļūda	95% Ticamības intervāls		Vienādojuma statistiskie rādītāji								A 1.3	
				Min	Max	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R <sup>2</sup>		N
Priede	b1	0.020	0.002	0.017	0.023	-0.006	0.623	0.779	0.606	0.014	0.951	0.993	0.986	877	5...180
	b2	-26.887	6.866	-40.363	-13.412										
	b3	105.119	25.042	55.969	154.269										
Egle 1 stāvs	b1	0.022	0.002	0.018	0.027	0.048	0.634	0.804	0.646	0.021	1.013	0.989	0.979	578	5...160
	b2	-26.080	10.548	-46.797	-5.364										
	b3	100.000	37.935	25.492	174.508										
Egle 2 stāvs	b1	0.018	0.005	0.008	0.027	-0.012	0.565	0.699	0.487	0.052	0.946	0.974	0.948	378	5...100
	b2	-44.088	36.902	-116.649	28.474										
	b3	159.992	130.398	-96.411	416.395										
Bērzs	b1	0.037	0.002	0.032	0.042	0.042	0.776	0.964	0.929	0.032	0.991	0.984	0.969	736	5...120
	b2	-16.774	4.376	-25.365	-8.182										
	b3	64.875	15.330	34.778	94.971										
Melnalksnis	b1	0.021	0.006	0.010	0.032	-0.003	0.634	0.772	0.592	0.033	0.967	0.983	0.967	167	5...80
	b2	-16.596	12.716	-41.704	8.513										
	b3	64.049	45.663	-26.115	154.213										
Apse	b1	0.037	0.005	0.027	0.048	0.054	0.680	0.955	0.901	0.016	1.003	0.992	0.984	89	5...80
	b2	-21.463	19.432	-60.093	17.168										
	b3	82.765	69.864	-56.121	221.650										
Baltalksnis	b1	0.045	0.008	0.029	0.061	0.037	0.740	0.944	0.884	0.057	0.974	0.971	0.943	126	5...60
	b2	-29.154	26.148	-80.913	22.605										
	b3	100.000	85.571	-69.382	269.382										

MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE – standartkļūda; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - parauglaikumu skaits



1.3. attēls. Aproximētais un uzņēmātais vidējā kvadrātiskā koka augstuma pieaugums atkarībā no koku sugas un meža elementa krūšaugstuma vecuma.

## 1.2.2. Caurmēra augšanas gaitas modeļa precizēšana

### Materiāls un metodika

Caurmēra augšanas gaitas modelēta datorprogrammā SPSS 14.0 for Windows izmantojot sekojošu vienādojumu (Czieszewski, et al., 20005):

$$D_2 = D_1 \left( \frac{1 - \exp(-b_1 A_2)}{1 - \exp(-b_1 A_1)} \right)^{\left( \frac{b_2 + b_3}{2} \left[ \ln D_1 - b_2 \right] + \sqrt{\left( \ln D_1 - b_2 \ln [1 - \exp(-b_1 A_2)] \right)^2 - 4b_2 \ln [1 - \exp(-b_1 A_2)]} \right)} \quad (1.4)$$

Kur  $A_1$  – krūšaugstuma vecums pirmajā uzmērīšanas reizē,  $A_2$  – krūšaugstuma vecums otrajā uzmērīšanas reizē,  $D_1$  - caurmērs pirmajā uzmērīšanas reizē,  $D_2$  - caurmērs otrajā uzmērīšanas reizē.

Vidējā kvadrātiskā koka caurmēra augšanas gaita aproksimēta 2 variantos.

### 1. variants. MSI parauglaukumu pārmērījumu datiem kā otrā un pirmā cikla meža elementa vidējā kvadrātiskā koku caurmēru starpība.

Datu analīzē izmanto datus par 3607 meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas koku sugas vienas paaudzes vienā stāvā esošus kokus) no 1992 MSI 2009. - 2012. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

meža elementi ir P1st (919 meža elementi), E1st (688), E2st (658), B1st (879), A1st (111), M1st (195), Ba1st (157);

katrā uzmērīšanas ciklā uzmērīti vismaz 3 dzīvi koki no viena meža elementa;

abās uzmērīšanas reizēs zināms elementa vecums;

neviens no uzmērīšanas cikliem parauglaukumā nav vecās paaudzes koki;

parauglaukumā nav veikta kailcirte;

meža elementa uzmērītais vidējais kvadrātiskais caurmērs otrajā ciklā ir lielāks nekā pirmajā ciklā uzmērītais;

meža elementa pēdējo piecu gadu caurmēra tekošais periodiskais pieaugums neatšķiras vairāk kā 2 standartnovirzes no meža elementa vecuma desmitgades aritmētiski vidējās vērtības

Lai izvairītos no meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra izmaiņas kļūdām, kas MSI metodikas dēļ rodas kokiem iesaistoties (pārsniedzot 2.0cm krūšaugstuma caurmēru) vai pārejot uz citu reprezentācijas klasi (pārsniedzot 6.0cm un 14.0cm krūšaugstuma caurmēru), analīzē izmanto tikai tos kokus, kas konstatēti 1. cikla uzmērīšanā, un to reprezentācijas klases nemaina.

### 2. variants. MSI parauglaukumos urbtu koku, kuru caurmērs $0.7 \leq D_g \leq 1.3$ , radiālo pieaugumu mērījumiem.

Datu analīzē izmanto datus par 9626 kokiem (P-3666; E-1543; B-2178; M-789; A-669; Ba-781) no 917 MSI parauglaukumiem.

### Rezultāti

Sākotnēji caurmēra augšanas gaitas analīzē atkarībā no MSI parauglaukumu pārmērījumu datiem (1. variants) tiek pārbaudīta nulles hipotēze: *I stāva valdaudzes un piemistrojuma meža elementiem koku krūšaugstuma radiālais pieaugums neatšķiras* ( $H_0: Z_D \text{valdaudzei} = Z_D \text{piemistrojumam}$ ).

Analīzē par valdaudzes meža elementiem pieņem tos meža elementus, kuru sastāva koeficients ir 6.5 vai lielāks.

Lai pārbaudītu izvirzīto nulles hipotēzi, katrai koku sugai starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem tiek salīdzināti aritmētiski vidējie pēdējo piecu gadu augstuma tekošie periodiskie pieaugumi sadalījumā pa vecuma grupām un bonitātēm.

Eglei, melnalksnim, apsei un baltalksnim pēdējo piecu gadu tekošo periodisko caurmēra pieaugumiem būtiskas atšķirības (aritmētiski vidējo starpība lielāka par 1.96 SE) starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem nav konstatētas nevienā no bonitātes-vecuma grupas, bet priedei 1 no 16 un bērzam 1 no 12 bonitātes vecuma grupām konstatēta būtiska augstuma pieauguma starpība (1.6.-1.11. tabulas). Eglei un bērzam būtiskas atšķirības ir konstatētas arī starp bonitāšu grupu vidējām caurmēra pieauguma vērtībām, bet tās izskaidrojamas ar lielo vidējā vecuma starpībām. Tātad var pieņemt, ka



starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem sugas ietvaros nav atšķirības starp pēdējo piecu gadu tekošo periodisko caurmēra pieaugumu.

Tālākajā caurmēra augšanas gaitas analizē (1.4. vienādojuma koeficientu aproksimācijā) pieņem, ka pirmajam stāvam sugas ietvaros caurmēra augšanas gaita valdaudzēs un piemistrojuma elementiem ir vienāda.

### 1.11. tabula

**Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes priežu audzēs**

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa							Kopā
			1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	120<	
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1	1	1	1	1
	vid Zd	mistr	1.9	1.9	1.7	1.4	1.1	1.0	0.1	1.6
		vald	3.5	1.9	1.8	1.7	1.1	1.0	1.3	1.8
	s Zd	mistr	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.3		0.7
		vald	2.4	0.6	0.7	0.7	0.5		0.3	0.8
	vid A1.3	mistr	15	33	51	70	89	103	121	57
		vald	13	32	51	68	88	119	139	57
	vid Bon	mistr	0.7	0.5	0.5	0.5	0.9	1.0	1.0	0.5
		vald	1.0	0.7	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0	0.7
	Skaitis	mistr	6	24	67	45	8	6	1	157
	vald	8	40	71	79	16	1	3	218	
II - III	Būtiskums		1	1	1	1	1	1	1	1
	Zd cm	mistr	3.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.0	1.0	1.5
		vald	2.8	1.6	1.5	1.5	1.2	0.8	1.1	1.5
	s Zd	mistr	1.0	0.5	0.7	0.6	0.4	0.6	0.3	0.9
		vald	1.0	0.6	0.7	0.6	0.4	0.3	0.4	0.7
	vid A1.3	mistr	11	30	51	70	91	111	138	73
		vald	9	33	52	71	89	108	131	68
	vid Bon	mistr	2.5	2.4	2.1	2.1	2.4	2.7	2.8	2.3
		vald	2.4	2.5	2.2	2.4	2.3	2.6	2.5	2.4
	Skaitis	mistr	6	5	20	28	21	12	4	96
	vald	17	30	65	70	50	27	12	271	
IV - V	Būtiskums				-100	1	1		1	1
	Zd cm	mistr		1.8	0.6	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7
		vald	2.4	1.0	1.0	0.8	0.9	0.7	0.7	0.9
	s Zd	mistr			0.1	0.3	0.3		0.2	0.4
		vald	0.8	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5
	vid A1.3	mistr		39	58	69	89	113	129	86
		vald	13	34	53	71	91	109	136	78
	vid Bon	mistr		4.0	4.0	4.7	4.6	4.0	4.3	4.4
		vald	4.0	4.5	4.6	4.7	4.6	4.7	4.8	4.6
	Skaitis	mistr		1	2	6	5	1	4	19
	vald	3	12	34	44	29	20	16	158	

**Būtiskums:** 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.12. tabula

**Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes egļu audzēs**

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa					Kopā	
			1-20	21-40	41-60	61-80	81-100		100<
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1	1	1	1
	vid Zd	mistr	3.4	2.2	2.0	1.8	1.3		2.1
		vald	3.3	2.0	1.9	1.8	2.3	2.0	2.2
	s Zd	mistr	1.2	0.9	0.7	0.8	0.4		0.9
		vald	1.3	0.8	0.7	0.6	0.9	0.6	1.0
	vid A1.3	mistr	15	32	51	68	86		49
		vald	15	30	52	70	91	105	37
	vid Bon	mistr	0.7	0.4	0.6	0.8	1.0		0.6
		vald	0.3	0.4	0.5	0.8	0.3	1.0	0.5
	Skaitis	mistr	17	73	79	64	9		242
	vald	30	85	26	16	3	2	162	
II - IV	Būtiskums		1	1	1	1	1	1	-100
	Zd cm	mistr	3.7	2.2	1.8	1.6	1.5	1.2	1.7
		vald	3.7	2.1	1.7	1.7	1.5	1.6	2.2
	s Zd	mistr	1.3	1.1	0.8	0.8	0.6	0.4	0.9
		vald	1.5	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	1.2
	vid A1.3	mistr	13	31	52	70	90	112	70
		vald	13	29	49	70	92	132	46
	vid Bon	mistr	2.6	2.7	2.4	2.3	2.7	3.1	2.6
		vald	2.6	2.4	2.1	2.4	2.8	3.7	2.5
	Skaitis	mistr	10	20	39	60	48	25	202
	vald	14	28	18	13	6	3	82	

**Būtiskums:** 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.13. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes bērzu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa					Kopā
			1 - 20	21-40	41-60	61-80	80<	
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1		-100
	vid Zd	mistr	3.1	2.1	1.5	1.3	0.9	1.8
		vald	3.1	2.0	1.6	1.5		2.0
	s Zd	mistr	1.3	0.9	0.7	0.6	0.6	1.0
		vald	1.3	0.8	0.7	0.5		1.1
	vid A1.3	mistr	14	32	50	69	89	45
		vald	10	32	49	68		37
	vid Bon	mistr	0.5	0.6	0.6	0.7	1.0	0.6
		vald	0.4	0.6	0.5	0.6		0.5
	Skaitis	mistr	27	76	143	44	3	293
vald		43	58	75	16		192	
II - III	Būtiskums		1	1	1	-100		-100
	Zd cm	mistr	2.4	1.7	1.3	0.9	1.0	1.3
		vald	3.4	1.8	1.2	1.3	0.7	1.8
	s Zd	mistr	1.2	1.0	0.7	0.4	0.8	0.8
		vald	1.4	1.0	0.6	0.4		1.2
	vid A1.3	mistr	15	33	50	68	89	51
		vald	12	32	50	66	81	39
	vid Bon	mistr	2.5	2.2	2.2	2.4	2.5	2.3
		vald	2.4	2.4	2.5	2.6	2.0	2.5
	Skaitis	mistr	8	38	97	39	11	193
vald		29	45	52	21	1	148	
IV - V	Būtiskums		1	1	1	1		1
	Zd cm	mistr	1.8	1.0	0.9	0.8	0.5	0.9
		vald	2.4	1.1	1.2	0.7		1.4
	s Zd	mistr	0.7	0.4	0.9	0.8	0.2	0.7
		vald	1.5	0.5	1.0	0.4		1.1
	vid A1.3	mistr	15	33	50	70	103	53
		vald	12	32	50	67		39
	vid Bon	mistr	4.0	4.3	4.3	4.3	4.5	4.3
		vald	4.2	4.2	4.2	4.7		4.3
	Skaitis	mistr	2	10	8	6	4	30
vald		5	6	9	3		23	

**Būtiskums:** 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.14. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes melnalkšņu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			1 - 20	21-40	41-60	60<	
Ia - I	Būtiskums			1	1		1
	vid Zd	mistr	1.8	2.1	1.4	0.8	1.8
		vald	4.0	2.1	1.8	1.4	2.0
	s Zd	mistr	0.6	0.9	0.7	0.1	0.9
		vald	0.8	0.9	0.6	0.1	0.9
	vid A1.3	mistr	15	31	49	65	36
		vald	9	31	49	68	42
	vid Bon	mistr	0.3	0.8	0.9	1.0	0.8
		vald	1.0	0.8	0.9	1.0	0.9
	Skaitis	mistr	6	32	20	2	60
vald		2	11	10	4	27	
II - IV	Būtiskums			1	1	1	1
	Zd cm	mistr	1.5	1.6	1.2	1.0	1.3
		vald	3.3	1.3	1.8	1.4	1.8
	s Zd	mistr	0.5	1.0	0.5	0.5	0.7
		vald	0.5	1.0	0.9	0.6	1.0
	vid A1.3	mistr	15	31	50	70	46
		vald	16	32	48	70	42
	vid Bon	mistr	2.5	2.4	2.5	3.0	2.6
		vald	3.0	2.9	2.3	2.7	2.6
	Skaitis	mistr	2	24	48	9	83
vald		3	8	11	3	25	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.15. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes apšu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			1 - 20	21-40	41-60	60<	
Visas	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zd	mistr	3.6	3.4	2.4	2.2	2.9
		vald	3.0	2.4	2.5	1.7	2.5
	s Zd	mistr	1.5	1.1	0.9	0.6	1.1
		vald	1.0	0.7	1.0	0.6	1.0
	vid A1.3	mistr	12	30	50	66	40
		vald	9	34	51	70	38
	vid Bon	mistr	0.4	0.4	0.4	0.8	0.5
		vald	0.5	0.3	0.1	0.1	0.3
	Skaitis	mistr	10	19	24	10	63
vald		15	8	18	7	48	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.16. tabula

**Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes baltalkšņu audzēs**

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			1 - 20	21-30	31-40	40<	
Visas	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zd	mistr	2.1	1.6	1.3	1.2	1.6
		vald	2.5	1.7	1.3	1.4	1.9
	s Zd	mistr	1.3	0.6	0.4	0.6	0.9
		vald	0.9	0.7	0.7	0.6	0.9
	vid A1.3	mistr	13	25	36	45	27
		vald	15	25	35	46	25
	vid Bon	mistr	0.5	0.9	1.0	1.3	0.9
		vald	1.1	1.1	1.8	2.0	1.3
	Skaitis	mistr	21	38	18	11	88
	vald	26	23	12	8	69	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

Aproksimētas jaunas koeficientu vērtības vidējā kvadrātiskā caurmēra augšanas gaitas modelim (1.17. un 1.18. tabulas). Atšķirībā no iepriekšējā gada, teorētiski šī gada modelis ļauj prognozēt ne tikai audzes I stāva valdošās koku sugas caurmēra pieaugumu, bet arī piemistrojuma sugu pieaugumu, kā arī eglei II stāva pieaugumu.

Uz MSI parauglaukumu pārmērījumu datiem balstītajiem vienādojumiem ir augstāki statistiskie rādītāji tikai tādēļ, ka koeficientu vērtībās un statistiskie rādītāji šajā gadījumā aprēķināti uz vienas un tās pašas datu bāzes.

Iegūtos vienādojumus būtu nepieciešams pārbaudīt uz neatkarīgas datu bāzes, pie tam uz tādu datu bāzi, kurā intervāls starp pārmērījuma datiem būtu garāks nekā 5 gadi (vēlams vismaz 20 gadi). Jo pagaidām vienādojumi ir balstīti uz piecu gadu pārmērījuma ciklu datiem, kas neļauj objektīvi prognozēt augšanas gaitu laika periodā ne lielākā kā 10 gadi.

Uzmērīto un aproksimēto vērtību sakarības atspoguļotas 1.4. attēlā.

1.17. tabula

**Caurmēra augšanas gaitas vienādojuma (1.4. vienādojums) koeficienti, statistiskie rādītāji un krūšaugstuma vecuma ierobežojumi no MSI parauglaukumu pārmērījumu datiem**

Suga	Koefficients	Vērtība	Standart-klūda	95% Ticamības intervāls		Vienādojuma statistiskie rādītāji								A 1.3	
				Min	Max	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R <sup>2</sup>		N
Priede	b1	0.005	0.001	0.003	0.007	-0.001	0.469	0.622	0.387	0.006	0.984	0.997	0.994	919	5...180
	b2	-3.100	0.938	-4.941	-1.259										
	b3	17.079	4.133	8.969	25.190										
Egle 1 stāvs	b1	0.007	0.002	0.004	0.010	-0.034	0.650	0.830	0.688	0.013	0.990	0.993	0.987	688	5...160
	b2	-15.754	8.345	-32.139	0.631										
	b3	74.035	37.383	0.636	147.435										
Egle 2 stāvs	b1	0.005	0.003	-0.001	0.011	0.002	0.553	0.735	0.539	0.033	0.924	0.984	0.968	658	5...130
	b2	-2.326	1.327	-4.931	0.280										
	b3	13.241	5.787	1.877	24.604										
Bērzs	b1	0.017	0.001	0.014	0.020	0.004	0.621	0.827	0.684	0.013	0.981	0.994	0.987	879	5...120
	b2	-1.270	0.536	-2.322	-0.218										
	b3	8.744	2.034	4.753	12.736										
Melnalksnis	b1	0.008	0.004	0.000	0.015	0.005	0.548	0.728	0.527	0.016	0.980	0.992	0.984	195	5...80
	b2	0.244	0.653	-1.043	1.531										
	b3	2.230	2.673	-3.042	7.503										
Apse	b1	0.010	0.003	0.005	0.016	0.003	0.728	0.929	0.854	0.006	0.995	0.997	0.994	111	5...80
	b2	-4.638	3.528	-11.632	2.355										
	b3	25.672	15.894	-5.834	57.177										
Baltalksnis	b1	0.018	0.006	0.006	0.030	0.015	0.598	0.799	0.634	0.028	0.974	0.986	0.972	157	5...60
	b2	-6.120	5.996	-17.966	5.725										
	b3	24.247	21.319	-17.868	66.363										

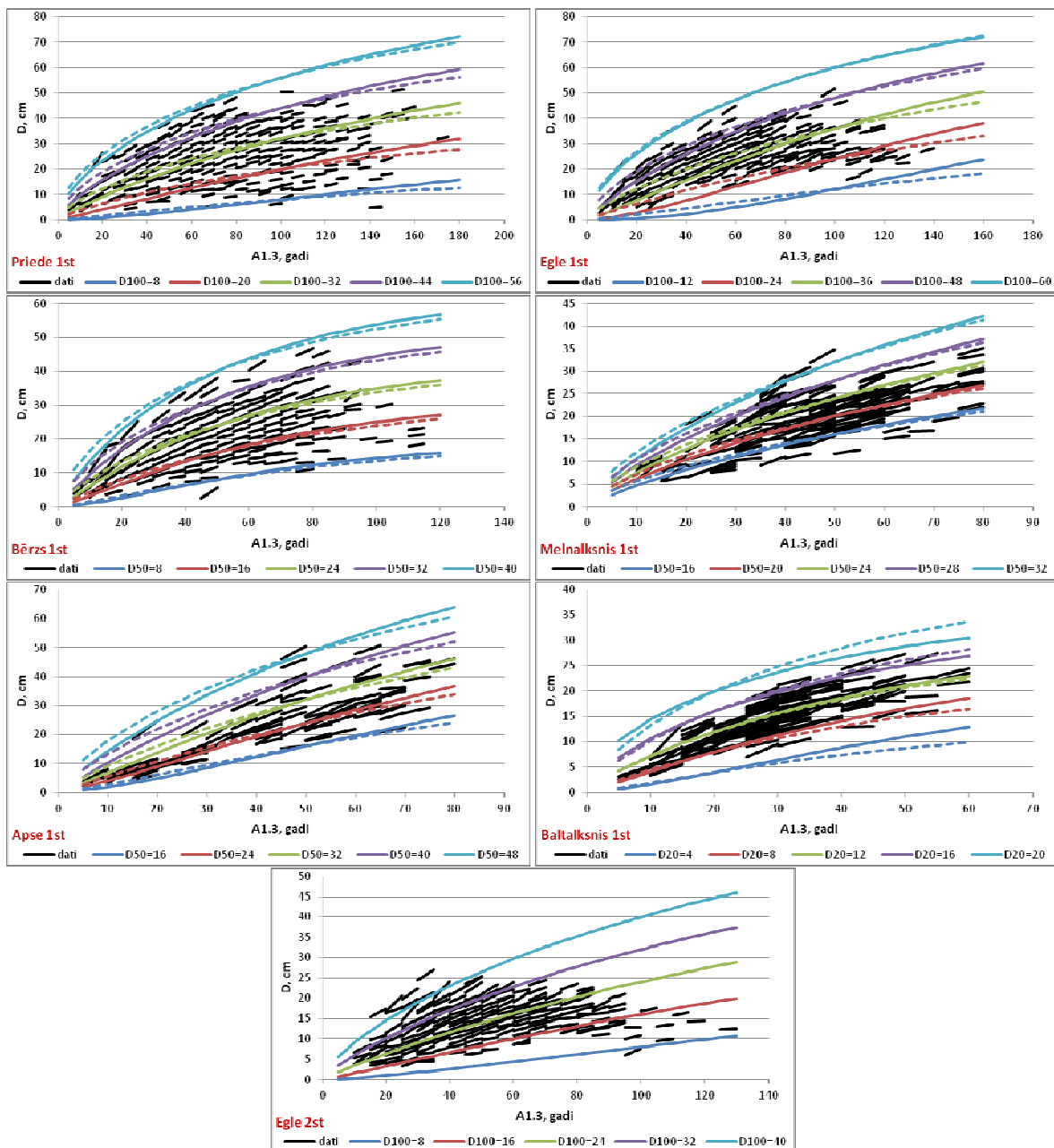
MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE - standartklūda; MSE - vidējā kvadrātiskā klūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R<sup>2</sup> - determinācijas indekss; N - parauglaukumu skaits

1.18. tabula

**Caurmēra augšanas gaitas vienādojuma (1.4. vienādojums) koeficienti, statistiskie rādītāji un krūšaugstuma vecuma ierobežojumi no MSI parauglaukumu radiālo pieaugumu datiem**

Suga	Koefficients	Vērtība	Standartkļūda	95% Ticamības intervāls		Vienādojuma statistiskie rādītāji								A 1.3	
				Min	Max	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R <sup>2</sup>		N
Priede	b1	0.005	0.001	0.004	0.006	0.283	0.494	0.685	0.469	0.007	0.988	0.997	0.994	919	5...180
	b2	-0.702	0.182	-1.060	-0.345										
	b3	5.640	0.758	4.154	7.127										
Egle	b1	0.005	0.001	0.003	0.007	0.405	0.676	0.924	0.853	0.016	1.003	0.994	0.987	688	5...160
	b2	-2.117	0.667	-3.426	-0.808										
	b3	12.389	2.987	6.529	18.248										
Bērzs	b1	0.013	0.001	0.011	0.016	0.263	0.633	0.878	0.770	0.014	1.000	0.993	0.987	879	5...120
	b2	-0.919	0.258	-1.426	-0.413										
	b3	6.512	0.971	4.608	8.416										
Melnalksnis	b1	0.005	0.002	0.000	0.010	0.190	0.544	0.757	0.569	0.017	0.994	0.992	0.984	195	5...80
	b2	0.384	0.282	-0.169	0.937										
	b3	1.162	1.163	-1.121	3.445										
Apse	b1	0.010	0.002	0.006	0.015	0.465	0.780	1.046	1.084	0.007	0.990	0.997	0.994	111	5...80
	b2	-2.902	0.938	-4.744	-1.059										
	b3	16.261	4.110	8.191	24.331										
Baltalksnis	b1	0.020	0.004	0.013	0.028	0.066	0.611	0.814	0.658	0.029	1.006	0.986	0.972	157	5...60
	b2	-0.651	0.498	-1.628	0.326										
	b3	5.069	1.713	1.706	8.432										

MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE – standartkļūda; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - parauglaukumu skaits



1.4. attēls. Aproximētais un uzņēmētais vidējā kvadrātiskā krūšaugstuma caurmēra pieaugums atkarībā no koku sugas un meža elementa krūšaugstuma vecuma.

**nepārtrauktās līnijas** – uz MSI parauglaukumu pārmērījumu datiem balstītās aproksimētās vērtības;  
**pārtrauktās līnijas** – uz MSI parauglaukumos atsevišķu koku radiālo pieaugumu mērījumu datiem aproksimētās vērtības.

Modeļos pagaidām nav iekļauts caurmēra pieauguma samazinājums, audzes biežībai tuvojoties pilnai biežībai, jo šādu korekcijas koeficientu ieguve nav iespējama izmantojot MSI datus, bet nepieciešami speciāli mērķtiecīgi ierīkoti parauglaukumi audzēs ar augstu biežību. Pašreiz tiek rekomendēts izmantot vienādojumu koeficientus, kas iegūti uz radiālo urbumu skaidu mērījumu datiem.

### 1.2.3. Kokaudzes koku skaita modeļa precizēšana

#### *Materiāls un metodika*

Kokaudzes I stāva koku skaita izmaiņas modelēta datorprogrammā SPSS 14.0 for Windows izmantojot sekojošu vienādojumu:

$$N_2 = N_1 - a \left( \frac{N_1}{100} \right)^b H_1^c (A_2 - A_1) \quad \text{jeb} \quad N_2 = N_1 - a \left( \frac{N_1}{100} \right)^b D_1^c (A_2 - A_1) \quad (1.5)$$

kur  $N_1$  un  $N_2$  – kokaudzes koku skaits ( $ha^{-1}$ ) attiecīgi vecumā  $A_1$  un  $A_2$ ;  $H_1$  – kokaudzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošais augstums (m) vecumā  $A_1$ ;  $D_1$  – kokaudzes vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs (cm) vecumā  $A_1$ ;  $a, b, c$  – koeficienti.

Analīzē izmantoti dati par 1589 MSI atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kuros I stāva valdošā koku suga ir priede (660 parauglaukumi), egle (301), bērzs (400), melnalksnis (71), apse (65) un baltalksnis (92), I stāva valdošā koku suga abās uzmērīšanas reizēs ir vienāda, I stāva valdošās koku sugas sastāva koeficients priedei, eglei un bērzam ir vismaz 6, bet melnalksnim, apsei un baltalksnim ir vismaz 5, I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums 1. uzmērīšanas ciklā ir vismaz 5 gadi, I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. uzmērīšanas ciklā ir vismaz 100 koki uz hektāra, izcirsto dzīvo koku skaits mazāks par 10% no sākotnējā (1. cikla) dzīvo koku skaita, I stāva valdošās koku sugas vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs 1. uzmērīšanas ciklā ir vismaz 4cm.

5 gadu pārmērīšanas cikls ir par īsu, lai objektīvi raksturotu katra atsevišķa parauglaukuma koku dabisko atmirumu atkarībā no audzes taksācijas rādītājiem (koku skaita, augstuma un caurmēra). Tādēļ vienādojumu izstrādē izmanto koku skaita un augstuma/caurmēra gradācijas klašu aritmētiski vidējos dabiskā atmiruma datus, tos izlīdzinot izmantojot Ņūtona metodes principus.

Modelēts maksimālais koku skaits atkarībā no kokaudzes vidējā augstuma vai vidējā caurmēra:

$$N_{max} = aH^b \quad \text{jeb} \quad N_{max} = aD^b \quad (1.6)$$

kur  $N_{max}$  – maksimālais kokaudzes koku skaits ( $ha^{-1}$ );  $H$  – kokaudzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošais augstums (m);  $D$  – kokaudzes vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs (cm);  $a, b$  – koeficienti.

Par maksimālo koku skaitu analīzē pieņem katras augstuma vai caurmēra gradācijas klases aritmētiski vidējo vērtību plus trīs standartnovirzes.

Analīzē izmanto 2120 parauglaukumus, kuros:

I stāva valdošā koku suga ir priede (971), egle(290), bērzs(487), melnalksnis(82), apse(118) un baltalksnis(172),

I stāva valdošās koku sugas sastāva koeficients ir vismaz 7,

I stāva kokaudzes biežība vismaz 6.

#### **Rezultāti**

Aproksimētas koeficientu vērtības I stāva koku skaita izmaiņas modelim atkarībā no audzes sākotnējā koku skaita un vidējā augstuma vai caurmēra (1.19. tabula) kā arī aprēķināti vienādojumu statistiskie rādītāji (1.20. tabula).

Aproksimēti arī jauni koeficienti kokaudzes I stāva maksimālā koku skaita aprēķināšanai atkarībā no audzes I stāva valdošās koku sugas un vidējā augstuma vai caurmēra (1.21. tabula un 1.5. attēls).



Ar 1.5. vienādojumu kokaudzes skaita izmaiņas var prognozēt ne lielākā kā 5 gadus ilgā ciklā, pie tam ja pēc šī vienādojuma prognozētais koku skaits nedrīkst būt lielāks par 1.6. vienādojuma aprēķināto vērtību.

1.19. tabula

**Kokaudzes koku skaita izmaiņas vienādojuma (1.5. vienādojums) koeficientu vērtības, to statistiskie rādītāji un vienādojuma ierobežojumi**

Suga	Koefficients	$N_2=f(N_1;H_1)$				$N_2=f(N_1;D_1)$				Ierobežojumi					
		Vērtība	Standart-klūda	95% ticamības		Vērtība	Standart-klūda	95% ticamības		H		D		N	
				Min	Max			Min	Max	Min	Max	Min	Max		
Priede	a	0.02462	0.57758	-4.89905	-2.50943	0.07212	0.60380	-3.89321	-1.36567	2	36	2	48	100	5000
	b	1.73932	0.11420	1.50308	1.97555	1.60619	0.10093	1.39493	1.81744						
	c	0.75122	0.16336	0.41328	1.08916	0.43758	0.15926	0.10425	0.77091						
Egle	a	0.00082	0.77329	-8.71104	-5.51170	0.00434	0.77473	-7.06051	-3.81747	2	36	2	48	100	5000
	b	1.64271	0.14506	1.34262	1.94280	1.42938	0.13373	1.14947	1.70929						
	c	2.02468	0.22020	1.56916	2.48021	1.55199	0.21260	1.10700	1.99697						
Bērzs	a	0.07424	0.43601	-3.50470	-1.69627	0.03443	0.55994	-4.53689	-2.20084	2	36	2	48	100	5000
	b	1.45148	0.06990	1.30652	1.59644	1.58546	0.09192	1.39371	1.77721						
	c	0.66219	0.12542	0.40208	0.92229	0.86067	0.15984	0.52724	1.19409						
Melnalksnis	a	0.24044	1.37078	-4.66668	1.81610	0.31260	1.33831	-4.43757	2.11190	2	30	2	36	100	3000
	b	0.75191	0.13767	0.42638	1.07744	0.77949	0.20729	0.27226	1.28671						
	c	0.71439	0.43862	-0.32278	1.75155	0.56129	0.34123	-0.27367	1.39625						
Apse	a	0.00442	1.53565	-8.80176	-2.04186	0.19716	0.55113	-2.97233	-0.27517	2	36	2	48	100	5000
	b	1.97557	0.19594	1.54430	2.40683	1.74723	0.08417	1.54127	1.95318						
	c	1.29495	0.42593	0.35748	2.23241	0.26216	0.15309	-0.11244	0.63676						
Baltalksnis	a	0.23730	0.85367	-3.40701	0.53012	0.53362	0.70878	-2.26253	1.00637	2	24	2	28	100	5000
	b	1.12886	0.11630	0.86067	1.39706	1.17987	0.14655	0.84193	1.51782						
	c	0.77572	0.25622	0.18488	1.36656	0.43042	0.19268	-0.01389	0.87474						

1.20. tabula

**Kokaudzes koku skaita izmaiņas vienādojuma (1.5. vienādojums) statistiskie rādītāji**

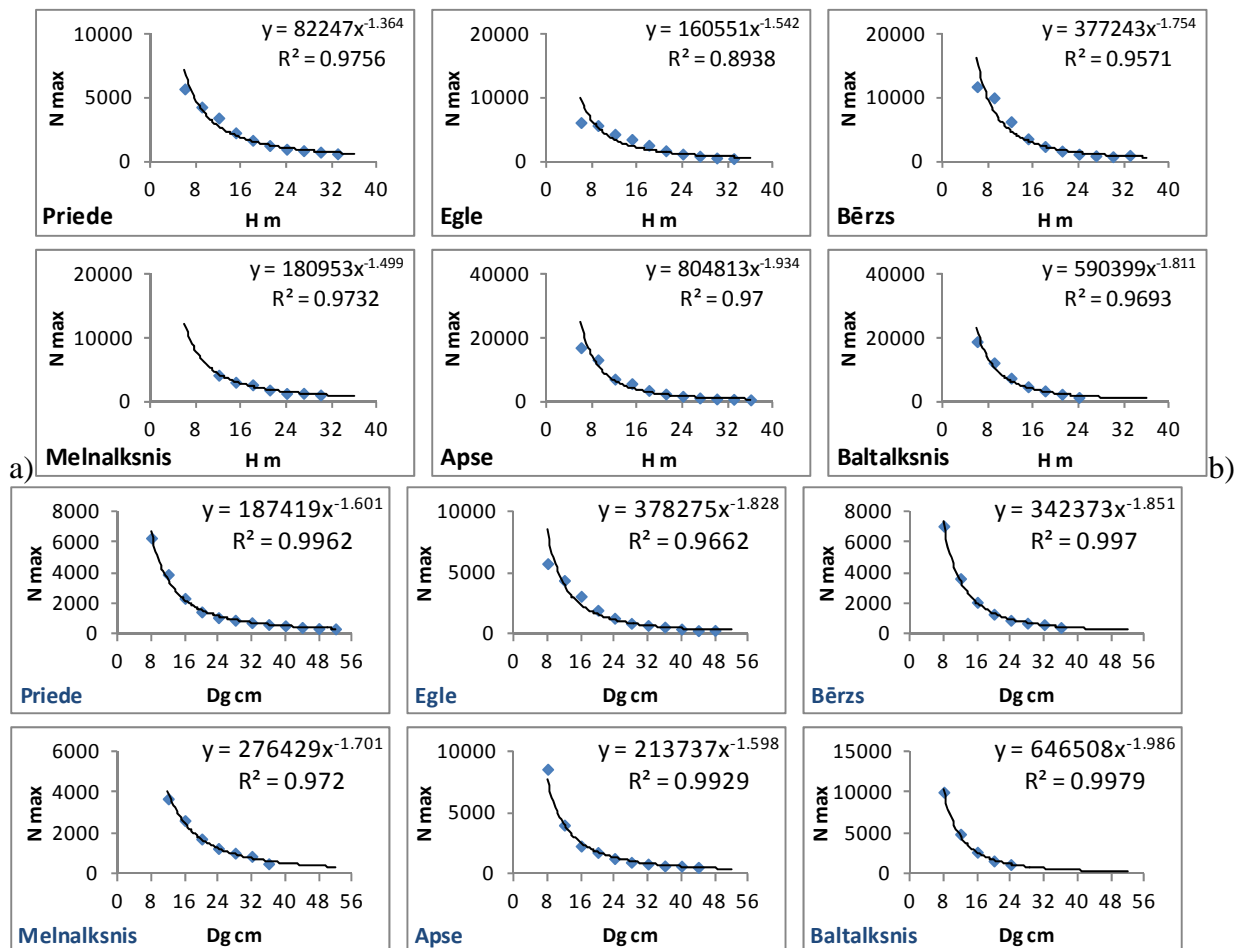
Suga	Vienādojums	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R2	N
Priede	$N_2=f(N_1;H_1)$	-2	37	81	6628	0.025	1.021	0.988	0.976	660
	$N_2=f(N_1;D_1)$	-2	38	81	6561	0.024	1.013	0.988	0.976	660
Egle	$N_2=f(N_1;H_1)$	-1	40	84	6988	0.018	0.994	0.991	0.982	301
	$N_2=f(N_1;D_1)$	-1	41	90	8067	0.021	1.018	0.990	0.980	301
Bērzs	$N_2=f(N_1;H_1)$	1	58	127	15988	0.023	1.059	0.989	0.979	400
	$N_2=f(N_1;D_1)$	-2	59	135	18129	0.026	1.093	0.989	0.978	400
Melnalksnis	$N_2=f(N_1;H_1)$	2	45	72	5149	0.012	0.994	0.994	0.988	71
	$N_2=f(N_1;D_1)$	-4	43	73	5285	0.012	1.006	0.994	0.988	71
Apse	$N_2=f(N_1;H_1)$	-12	165	510	255848	0.102	0.959	0.948	0.899	65
	$N_2=f(N_1;D_1)$	94	181	618	375719	0.150	0.608	0.937	0.879	65
Baltalksnis	$N_2=f(N_1;H_1)$	9	147	226	50391	0.055	1.036	0.973	0.947	92
	$N_2=f(N_1;D_1)$	11	155	232	53425	0.058	0.998	0.971	0.943	92

MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE – standartklūda; MSE - vidējā kvadrātiskā klūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - parauglūkumu skaits

1.21. tabula

**Kokaudzes maksimālā koku skaita vienādojuma (1.6. vienādojums) koeficienti**

Suga	$N_{max} = aH^b$		$N_{max} = aD^b$	
	a	b	a	b
Priede	82247	-1.36403	187419	-1.60055
Egle	160551	-1.54244	378275	-1.82774
Bērzs	377243	-1.75427	342373	-1.85071
Melnalksnis	180953	-1.49926	276429	-1.70072
Apse	804813	-1.93395	213737	-1.59803
Baltalksnis	590399	-1.81111	646508	-1.98593



1.5. attēls. Maksimālais kokaudzes I stāva koku skaits atkarībā no valdošās koku sugas, vidējā augstuma (a) un vidējā caurmēra (b)

#### 1.2.4. Šķērslaukuma augšanas gaitas modeļa precizēšana

Nākošā perioda šķērslaukuma aprēķina kā funkciju no nākošā perioda audzes I stāva vidējā kvadrātiskā caurmēra un I stāva koku skaita pēc sekojoša vienādojuma (Donis et al., 2012):

$$G = \frac{\pi D^2 N}{4000} \quad (1.7)$$

kur  $G$  – audzes I stāva šķērslaukums,  $m^2 ha^{-1}$ ;  $D$  – audzes I stāva valdošās koku sugas caurmērs,  $cm$ ;  $N$  – audzes I stāva koku skaits,  $ha^{-1}$

Nākošā perioda audzes I stāva vidējā kvadrātiskā caurmēra un I stāva koku skaita aprēķināšanas modeļi aproksimēti iepriekšējās sadaļās.

## 2. Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu izstrāde

### 2.1. Faktiskās audzes tekošā pieauguma modelis

#### Materiāls un metodika

Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai izmantots sekojošs vienādojums (Donis et al., 2012):

$$Z_M = a_1 A^{a_2} a_3^B G^{a_4} \quad (2.1)$$

kur

$Z_M$  - faktiskās audzes tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums,  $m^3 ha^{-1}$  gadā;

$A$  – kokaudzes I stāva valdošās koku sugas vecums, gadi;

$B$  – audzes bonitāte (atbilstoši Orlova bonitāšu skalai  $Ia=0, I=1...IV=4; V=5$ );

$G$  – kokaudzes šķērslaukums,  $m^2 ha^{-1}$ .

Analīzē katram parauglaukumam faktiskās audzes tekošo vidēji periodisko pieaugumu aprēķina sekojoši (Liepa, 1996):

$$Z_m = \frac{M_A - m_{A-n}}{n} \quad (2.2)$$

kur  $M_A$  - audzes krāja vecumā  $A$  (augošo koku krāja);  $m_{A-n}$  – intervāla  $n$  beigās audzē augošo koku krāja  $A-n$  gadu vecumā;  $n=5$

Analīzē izmantoti dati par 1401 MSI atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem. Analīzē izmanto datus tikai par tiem parauglaukumiem, kuriem:

- abās uzmērīšanas reizēs sakrīt I stāva valdošā koku suga;
- I stāva valdošā koku suga ir priede (597 parauglaukumi), egļe (269), bērzs (358), apse (45), melnalksnis (62), un baltalksnis (70);
- I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums 1. uzmērīšanas reizē ir vismaz 5 gadi;
- I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. ciklā ir vismaz 100 koki uz hektāra;
- uzmērīto I stāva koku skaits ir vismaz 5 koki;
- I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra un tam atbilstošā augstuma pieaugums ir pozitīvs un nav lielāks par 3 standartnovirzēm no parauglaukuma atbilstošās audzes vecuma desmitgades aritmētiski vidējās vērtības;
- dabiskais atmirums nav lielāks par 25 % no 1. uzmērīšanas reizē konstatētā koku skaita;
- starpuzmērīšanas periodā nav konstatēta koku ciršana (2. uzmērīšanas reizē nav konstatēti cirsti koki);

Lai izvairītos no krājas izmaiņas kļūdām, kas MSI metodikas dēļ rodas kokiem ieaugoties (pārsniedzot 2.0cm krūšaugstuma caurmēru) vai pārejot uz citu reprezentācijas klasi (pārsniedzot 6.0cm un 14.0cm krūšaugstuma caurmēru), analīzē izmanto tikai tos kokus, kas konstatēti pirmajā uzmērīšanas reizē 2004, 2005. gadā vai 2006. gadā, un to reprezentācijas klases nemaina.

#### Rezultāti

Aproksimētas koeficientu vērtības valdošās koku sugas, kokaudzes I stāva un kokaudzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai (2.1. tabula). Egļei, apsei un baltalksnis krājas pieaugums pašreizējā modelī nav atkarīgs no bonitātes, jo egļei un baltalksnim krājas pieaugumam nav konstatētas būtiskas atšķirības starp bonitātēm, bet apsei pie pašreizējās Orlova bonitāšu skalas 43 parauglaukumi no 45 ir Ia (30 parauglaukumi) vai I (13) bonitāte.

Atšķirībā no iepriekšējā gadā izstrādātā vienādojuma, šim vienādojumam vairs neparedz nepamatotu krājas pieauguma palielināšanos vecākajās audzēs.

## 2.1. tabula

### Vienādojuma faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā pieauguma aprēķināšanai (2. 1. formula) koeficienti un statistiskie rādītāji

Suga	Taksācijas vienība	Koeficienti				Vienādojuma statistiskie rādītāji								
		a1 Intercept	a2 A1.3	a3 Bon	a4 G	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R2	N
Priede	s10	3.98783	-0.52602	0.87655	0.91395	0.286	1.553	2.074	4.293	0.441	0.765	0.762	0.580	597
	1st	4.07240	-0.50617	0.86576	0.90173	0.304	1.810	2.453	6.007	0.437	0.790	0.765	0.585	597
	kopa	3.90489	-0.44725	0.85175	0.85711	0.341	2.062	2.794	7.793	0.423	0.803	0.774	0.599	597
Egle	s10	7.53280	-0.61037	1	0.81126	0.384	2.025	2.689	7.202	0.342	0.674	0.815	0.665	269
	1st	8.50711	-0.58684	1	0.75567	0.498	2.633	3.402	11.532	0.477	0.528	0.730	0.533	269
	kopa	8.79592	-0.53713	1	0.68101	0.550	2.842	3.649	13.262	0.533	0.458	0.693	0.480	269
Bērzs	s10	12.66409	-0.62992	0.89955	0.62989	0.392	1.714	2.446	5.968	0.558	0.601	0.682	0.465	358
	1st	11.02849	-0.57547	0.89153	0.65976	0.460	2.179	3.001	8.982	0.589	0.584	0.660	0.436	358
	kopa	9.69965	-0.47757	0.87718	0.60972	0.526	2.583	3.442	11.811	0.566	0.564	0.673	0.453	358
Melnalksnis	s10	8.28507	-0.64522	0.88140	0.83127	0.425	1.958	2.726	7.302	0.417	0.599	0.771	0.594	62
	1st	9.22403	-0.54366	0.88285	0.69924	0.351	2.219	2.905	8.294	0.530	0.522	0.693	0.480	62
	kopa	10.72400	-0.51326	0.88218	0.62336	0.316	2.285	3.046	9.120	0.592	0.534	0.649	0.422	62
Apse	s10	13.59512	-0.61845	1	0.68375	0.188	2.207	2.941	8.436	0.380	0.775	0.794	0.630	45
	1st	14.24908	-0.51609	1	0.55261	0.296	2.645	3.354	10.977	0.601	0.512	0.641	0.410	45
	kopa	12.49095	-0.37528	1	0.44798	0.324	2.837	3.449	11.606	0.635	0.454	0.612	0.375	45
Baltalksnis	s10	16.55900	-0.81648	1	0.66388	0.710	2.323	3.749	13.840	0.602	0.509	0.652	0.425	70
	1st	15.70849	-0.60951	1	0.50399	0.806	2.662	4.051	16.162	0.664	0.316	0.605	0.366	70
	kopa	11.58373	-0.47268	1	0.47374	0.817	2.740	4.091	16.479	0.706	0.242	0.575	0.331	70

MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE – standartkļūda; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - parauglukumumu skaits

\*s10 –

audzes I stāva valdošā koku suga ; 1st – audzes I stāvs; kopā - kokaudzes.

## 2.2. Atmiruma modelis

### Materiāls un metodika

Ikgadējā dabiskā atmiruma modelēšanai izmantoti vienādojumi:

$$Z_M(-) = \frac{AG}{a + bA + cG} \quad (2.3)$$

kur

$Z_M(-)$  - faktiskās audzes tekošais vidēji periodiskais krājas atmirums,  $m^3 ha^{-1} gadā$ ;

$A$  – kokaudzes I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums, gadi;

$G$  – kokaudzes šķērslaukums,  $m^2 ha^{-1}$ ;

$a, b, c$ , - koeficienti.

Analīzē izmantoti dati par 1401 MSI atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem. Analīzē izmanto datus tikai par tiem parauglaukumiem, kuriem:

- abās uzmērīšanas reizēs sakrīt I stāva valdošā koku suga;
- I stāva valdošā koku suga ir priede (597 parauglaukumi), egle (269), bērzs (358), apse (45), melnalksnis (62), un baltalksnis (70);
- I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums 1. uzmērīšanas reizē ir vismaz 5 gadi;
- I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. ciklā ir vismaz 100 koki uz hektāra;
- uzmērīto I stāva koku skaits ir vismaz 5 koki;
- I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra un tam atbilstošā augstuma pieaugums ir pozitīvs un nav lielāks par 3 standartnovirzēm no parauglaukuma atbilstošās audzes vecuma desmitgades aritmētiski vidējās vērtības;
- dabiskais atmirums nav lielāks par 25 % no 1. uzmērīšanas reizē konstatētā koku skaita;
- starpuzmērīšanas periodā nav konstatēta koku ciršana (2. uzmērīšanas reizē nav konstatēti cirsti koki);

Tā kā otrajā ciklā nav uzmērīts starp inventarizācijas laikā atmirušo koku pieaugums (pieņemts, ka tie nav veidojuši pieaugumu), to dimensijas pieņemtas par tādām, kādas tās bija 1. cikla uzmērījumā.

5 gadu pārmērīšanas cikls ir par īsu, lai objektīvi raksturotu katra atsevišķa parauglaukuma koku dabisko krājas atmirumu atkarībā no audzes taksācijas rādītājiem (kokaudzes vecuma un šķērslaukuma). Tādēļ vienādojumu izstrādē izmanto kokaudzes vecuma un šķērslaukuma gradācijas klašu aritmētiski vidējos dabiskā atmiruma datus, tos izlīdzinot izmantojot Ņūtona metodes principus.

## Rezultāti

Aproksimētas koeficientu vērtības kokaudzes tekošā vidēji periodiskā krājas atmiruma aprēķināšanai (2.2. tabula). Krājas atmiruma modelis pašreizējā variantā nav atkarīgs no audzes bonitātes, jo pie pašreizējā datu apjoma bonitātei nav statistiski būtiskas ietekmes uz kokaudzes krājas atmirumu.

### 2.2. tabula

#### Vienādojuma audzes dabiskā tekošā vidēji periodiskā atmiruma aprēķināšanai (2.3. formula) koeficienti un statistiskie rādītāji

Suga	Taksācijas vienība	a			Vienādojuma statistiskie rādītāji									
		AG	A	G	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R2	N	
Priede	s10	300.94217	24.72256	-26.77060	-0.206	1.019	1.429	2.039	0.874	0.149	0.381	0.145	597	
	1st				-0.264	1.206	1.686	2.837	0.875	0.202	0.387	0.150	597	
	kopa				-0.328	1.320	1.857	3.442	0.899	0.394	0.417	0.174	597	
Egle	s10	196.76581	5.99927	-2.71843	-0.767	1.599	2.133	4.535	1.082	0.223	0.300	0.090	269	
	1st				-0.883	2.052	2.809	7.859	0.991	0.244	0.357	0.127	269	
	kopa				-0.716	2.180	2.985	8.875	0.882	0.267	0.423	0.179	269	
Bērzs	s10	173.04410	7.71451	-4.20134	-0.543	1.097	1.475	2.169	1.000	0.224	0.382	0.146	358	
	1st				-0.544	1.460	2.106	4.421	0.871	0.193	0.433	0.188	358	
	kopa				-0.490	1.608	2.264	5.110	0.770	0.318	0.518	0.268	358	
Melnalksnis	s10	293.67071	4.72598	-0.65462	-0.584	1.278	1.813	3.230	0.932	0.255	0.423	0.179	62	
	1st				-0.621	1.694	2.404	5.681	0.932	0.154	0.367	0.135	62	
	kopa				-0.333	1.589	2.288	5.145	0.869	0.193	0.392	0.153	62	
Apse	s10	-29.13739	10.31567	0.24534	-0.671	1.592	2.294	5.138	0.955	0.183	0.372	0.138	45	
	1st				-0.921	1.747	2.336	5.329	0.933	0.212	0.476	0.227	45	
	kopa				-0.857	1.832	2.488	6.045	0.757	0.283	0.587	0.345	45	
Baltalksnis	s10	32.20676	2.51643	0.98351	-1.701	2.311	2.814	7.802	0.989	0.471	0.630	0.397	70	
	1st				-1.858	2.573	3.151	9.783	0.925	0.401	0.645	0.416	70	
	kopa				-1.874	2.551	3.142	9.722	0.912	0.432	0.657	0.432	70	

MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE – standartkļūda; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - parauglaukumu skaits

Atsevišķos gadījumos (lielākoties pārbiezinātās audzēs) izmantotais krājas atmiruma modelis tā formas pēc prognozē neloģiskas (nepamatoti augstas vai negatīvas) vērtības, kuras turpmākajos pētījumos, palielinot datu apjomu paredzēts novērst.

### 2.3. Krājas diferences modelis

Krājas diference aprēķināma atbilstoši 2.3. formulai.

$$Z_{dab} = Z_M - Z_{Matm} - Z_{Mizc} \quad (2.4)$$

kur

$Z_{dab}$  – kokaudzes krājas diference,

$Z_M$  - faktiskās audzes krājas pieaugums,

$Z_{Matm}$  - kokaudzes krājas atmirums,

$Z_{Mizc}$  – izcirstās kokaudzes krāja.

### 3. MSI datu izmantošanas iespēju novērtējums ticamu augšanas gaitas modeļu iegūšanā koku sugām priede, egļe, bērzs, apse, melnalksnis, baltalksnis.

Augšanas gaitas modeļu adekvātumu nolemts pārbaudīt izmantojot sekojošus kritērijus – modeļa forma un parametrizācijas atbilstība, bioloģiskais reālisms, salīdzināmība, modeļa drošums, pielāgošanas iespējas.

Vienādojumu atbilstības izvērtēšanai izmantoti sekojoši statistiskie rādītāji:

Vidējā novirze (MRES) 
$$MRES = \frac{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)}{n}; \quad (3.1)$$

Vidējā absolūtā novirze (AMRES) 
$$ARMS = \frac{\sum|Y_i - \hat{Y}_i|}{n}; \quad (3.2)$$

Standartklūda (RMSE) 
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - 1 - p}}; \quad (3.3)$$

Vidējā kvadrātiskā klūda (MSE) 
$$MSE = \frac{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - p}; \quad (3.4)$$

Modeļa efektivitāte (MEF) 
$$MEF = \frac{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}; \quad (3.5)$$

Dispersijas attiecība (VR) 
$$VR = \frac{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}; \quad (3.6)$$

Determinācijas indekss ( $R^2$ ) 
$$R^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3.7)$$

Formulās 3. – 9. izmantotie apzīmējumi:

$Y_i$  - uzmērītais rādītājs;  $\hat{Y}_i$  - aprēķinātais rādītājs;  $\bar{Y}$  - aritmētiski vidējais uzmērītais rādītājs;  $\bar{\hat{Y}}$  - aritmētiski vidējais aprēķinātais rādītājs; p – vienādojuma parametru skaits.

#### 3.1. Augstuma augšanas gaitas modelis

##### 3.1.1. Sakarība starp audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu

Atbilstoši vispārpieņemtajiem uzstādījumiem, gadījumā, ja koku skaits ir 100 gab.ha<sup>-1</sup>, tad virsaugstums un vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumiem būtu jābūt vienādiem, savukārt, ja koku skaits ir mazāks par 100, tad virsaugstumu aprēķināt nevar. Tā kā 1.1. vienādojumā šāda ierobežojums nav nodefinēts, nepieciešams pārbaudīt arī kāds ir mazākais koku skaits uz ha, pie kāda šis vienādojums ir adekvāts.

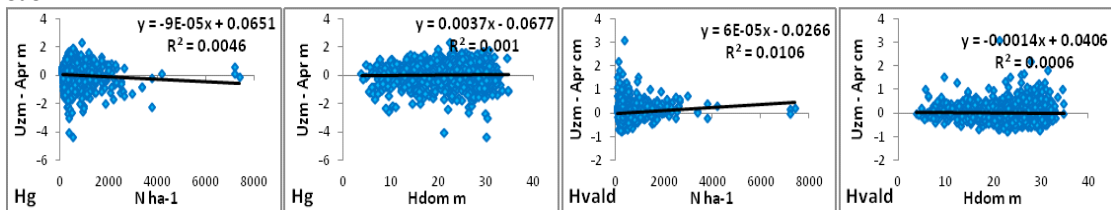
Vienādojums nosaka, ka, jo mazāks koku skaits, jo mazāka atšķirība starp virs augstumu un vidējā kvadrātiskā koka augstumu. Gadījumos, ja koku skaits uz ha ir mazāks par 100, virsaugstums audzei nav konceptuāli nosakāms, tādēļ no šāda viedokļa, lietderīgāks ir rādītājs – valdaudzes augstums, jo neatkarīgi no koku skaita būs vismaz viens koks, kas ir augstuma grupā >H<sub>max</sub>\*0.81.

Vienādojumi ir salīdzinoši precīzi, jo neatkarīgi no koku sugas un H<sub>g</sub> (audzes vidējais augstums) un H<sub>vald</sub> (valdaudzes augstums) aprēķināto vērtību vidējā novirze ir mazāka par ±0,2 metriem (1.5. tabula). Visiem vienādojumiem starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām konstatēta cieša korelācija (R>0,90).

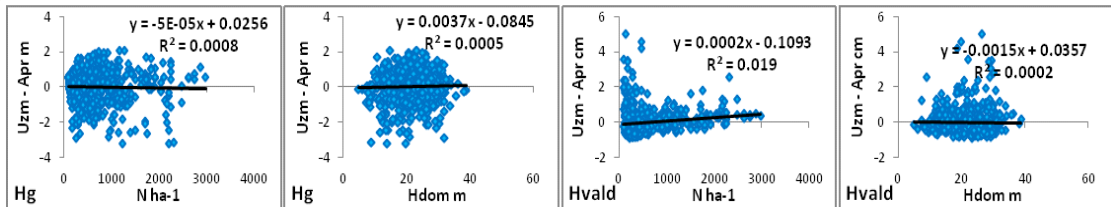
Ne audzes vidējam augstumam, ne audzes valdaudzes augstumam nav konstatēts būtiskas sistemātiskas novirzes ne atkarībā no virsaugstuma, ne arī atkarībā no koku skaita uz ha (3.1. attēls).

Izstrādātās sakarības starp koka audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.1. tabulā.

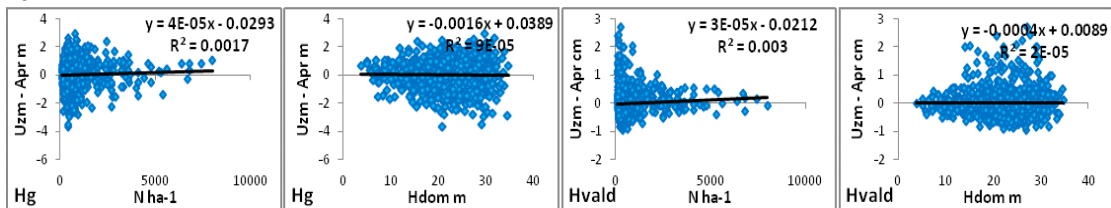
**Priede**



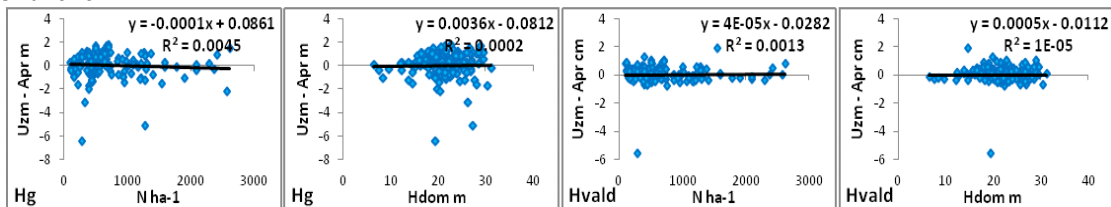
**Egle**



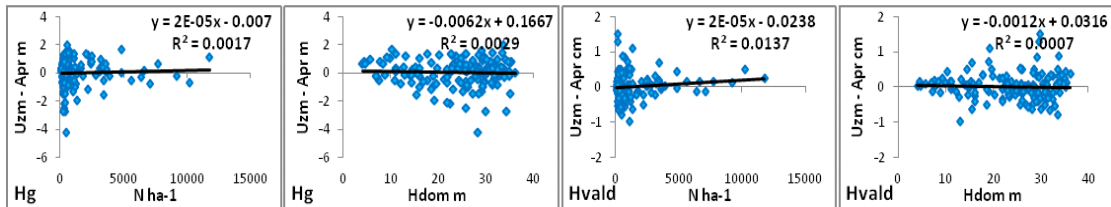
**Bērzs**



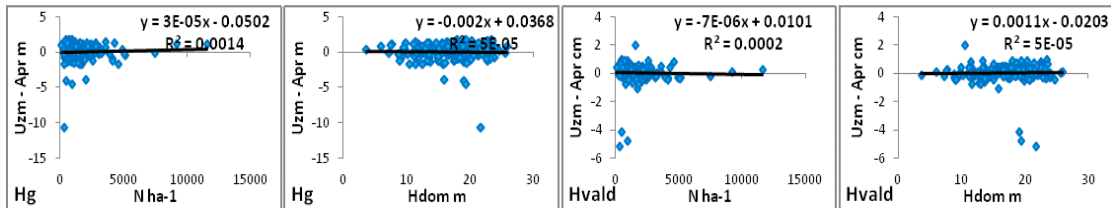
**Melnalksnis**



**Apse**



**Baltalksnis**



3.1. attēls. Audzes vidējā (Hg) un valdaudzes (Hvald) augstuma starpības starp uzņēmējām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes virsaugstuma (Hdom) un audzes valdošās koku sugas I stāva koku skaita (N)

### 3.1. tabula

## Sakarības starp audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu (1.1. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

Kritērijs	Vērtējums
<b>1. Modeļa forma un parametrizācija:</b>	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Nav attiecināms
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
<b>2. Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:</b>	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Nē. Modelis nestrādā adekvāti, ja koku skaits ir 100. Skat. ierobežojumus 1.4. tabulā.
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Nē
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir	Jā
<b>3. Salīdzināmība:</b>	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē
<b>4. Modeļa drošums:</b>	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
<b>5. Pielāgošanas iespējas</b>	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Daļēji

### 3.1.2. Vidējā augstuma augšanas gaitas modelis

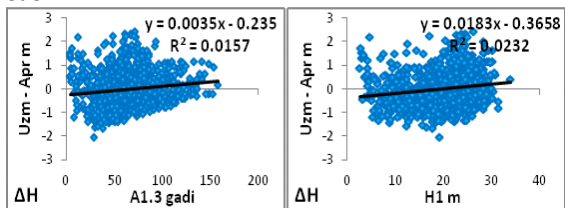
Vidējā augstuma augšanas gaita modelēta I stāvam priedei, eglei bērzam, apsei, melnalksnim, baltalksnim un II stāvam eglei. I stāva meža elementiem sugas ietvaros augstuma augšanas gaitai nav konstatētas būtiskas atšķirības starp valdaudzes un piemistrojuma elementiem. Visiem analizētajiem elementiem vidējā novirze starp aprēķinātajām un uzmērītajām vērtībām mazāka par  $\pm 10$  cm (teorētiski uzmērīšanas precizitāte), kā arī visos gadījumos konstatēta ļoti cieša lineāri pozitīva korelācija (1.7. tabula).

Visiem analizētajiem meža elementiem atkarībā no modeļa mainīgajiem lielumiem (audzes krūšaugstuma vecuma un vidējā augstuma pirmajā uzmērīšanas reizē) nav konstatētas sistemātiskas prognozēto augstumu novirzes (3.2. attēls), jo lineārās korelācijas ir vājas ( $R < 0,5$ ). Lai gan lielā novērojumu skaita dēļ atsevišķos gadījumos (piem, priedei) lineārās korelācijas koeficientu vērtības ir lielākas par korelācijas koeficientu kritiskajām vērtībām.

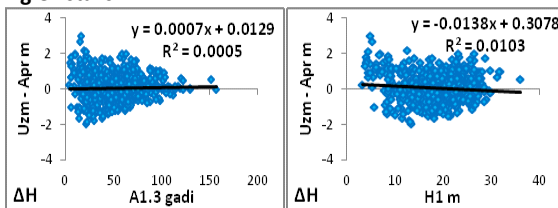
Izstrādātā meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstuma augšanas gaitas modeļa adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.2. tabulā.



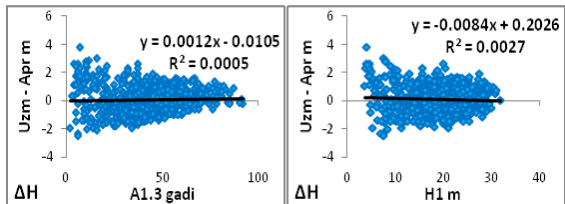
### Priede



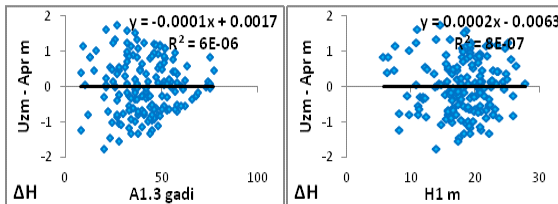
### Egle I stāvs



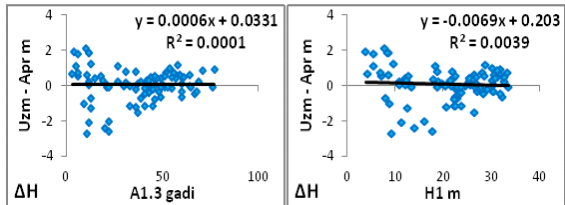
### Bērzs



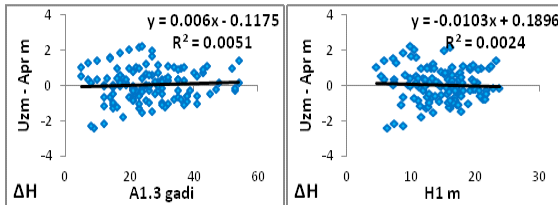
### Melnalksnis



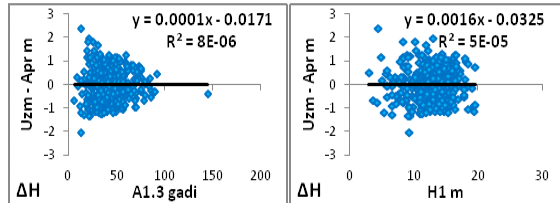
### Apse



### Baltalksnis



### Egle II stāvs



3.2. attēls. Audzes vidējā augstuma perioda beigās starpības starp uzņēmītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3) un audzes vidējā augstuma perioda sākumā (H1)

Izstrādātais meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošā augstuma modelis pašreizējā variantā nav piemērots saimniecisko (kopšanas cirtes, mēslošanas, meliorācijas utt.) vai dabisko (ugunsgrēku, vējgāžu utt.) procesu rezultātā papildus pieauguma izmaiņu prognozēšanai.

### 3.2. tabula

## Audzēs vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu augšanas gaitas modeļa (1.3. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

Kritērijs	Vērtējums
<b>1. Modeļa forma un parametrizācija:</b>	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
<b>2. Mainīgo atļase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:</b>	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Daļēji, ekstrapolējot augšanas gaitu ilgākā periodā sākotnēji zemākās bonitātēs augstuma pieaugumi kļūst lielāki par sākotnēji augstākas bonitātes pieaugumiem
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Nē
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
<b>3. Salīdzināmība:</b>	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav vērtēts
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Jā
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesa reprezentācijai?	Nē, bet izmantoti tikai vienreiz pārmērītu parauglaukumu dati, kam varētu būt augsta „trokšņa signāla” attiecība
<b>4. Modeļa drošums:</b>	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Mazas (statistiski nebūtiskas) augstuma izmaiņas jaunākā vecumā (<10 gadiem) rada nepamatoti lielas (statistiski būtiskas) izmaiņas vēlākā vecumā
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
<b>5. Pielāgošanas iespējas</b>	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Daļēji

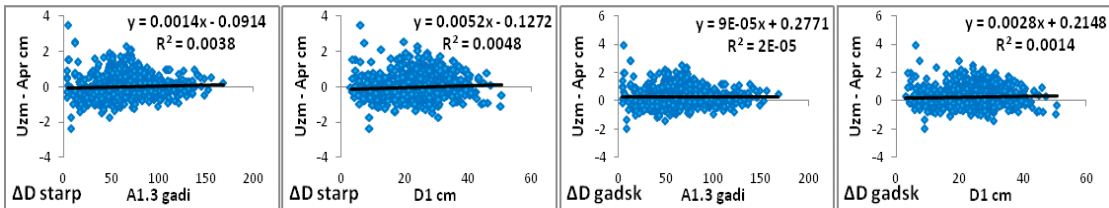
### 3.2. Caurmēra augšanas gaitas modelis

Uz MSI pārmērījumu datiem balstītais caurmēra augšanas gaitas modelis izstrādāts I stāvam priedei, eglei bērzam, apsei, melnalksnim, baltalksnim un II stāvam eglei, bet uz MSI urbumu skaidām balstītais modelis izstrādāts tikai I priedei, eglei bērzam, apsei, melnalksnim, baltalksnim. Uz MSI pārmērījumu datiem balstītajam caurmēra augšanas gaitas modelim vidējā novirze starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām visiem analizētajiem meža elementiem ir mazāka par  $\pm 0.05$  cm, bet uz MSI urbumu skaidām caurmēra augšanas gaitas modelim šis rādītājs atkarībā no meža elementa ir robežās no  $\pm 0,05$ cm līdz  $\pm 0,50$ cm (1.10. un 1.11. tabulas). Abos variantos visiem meža elementiem ir cieša lineāri pozitīva korelācija starp aprēķinātajām un uzmērītajām vērtībām. Uz MSI pārmērījumu datiem balstītajam caurmēra augšanas gaitas modelim statistiskie rādītāji ir augstāki vien tādēļ, ka modeļa koeficientu vērtības un tā statistiskie rādītāji aprēķināti uz vienas un tās pašas datu bāzes.

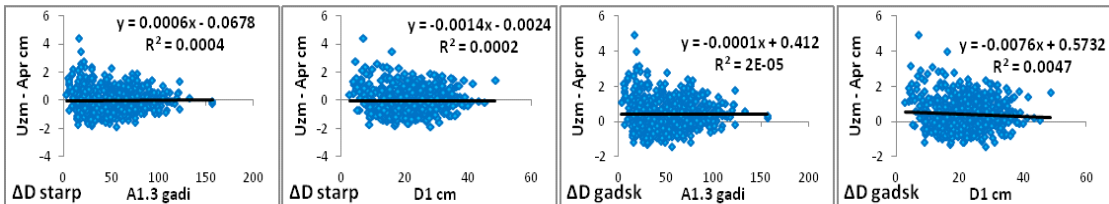
Visiem analizētajiem meža elementiem abos modeļa variantos atkarībā no modeļa mainīgajiem lielumiem (audzes krūšaugstuma vecuma un vidējā kvadrātiskā caurmēra pirmajā uzmērīšanas reizē) nav konstatētas sistemātiskas prognozēto caurmēru novirzes (3.3. attēls), jo lineārās korelācijas ir vājas ( $R < 0,5$ ). Lai gan lielā novērojumu skaita dēļ atsevišķas (piem, priedei vai eglei) lineārās korelācijas koeficientu vērtības ir lielākas par korelācijas koeficientu kritiskajām vērtībām.

Izstrādātā meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra augšanas gaitas modeļa adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.3. tabulā.

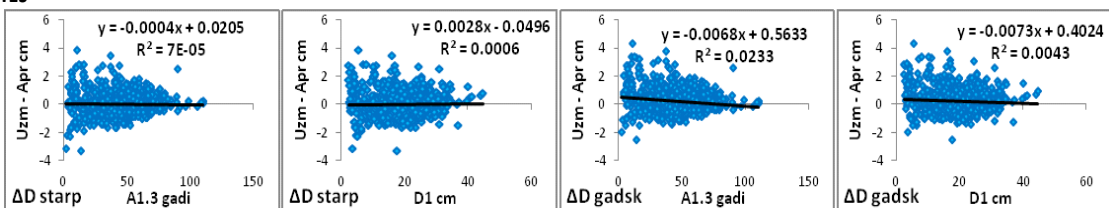
**Priede**



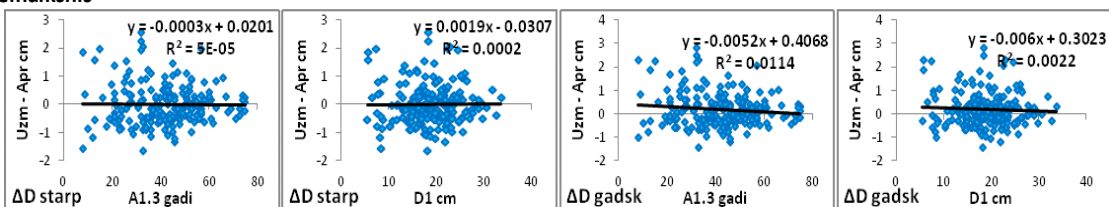
**Egle I stāvs**



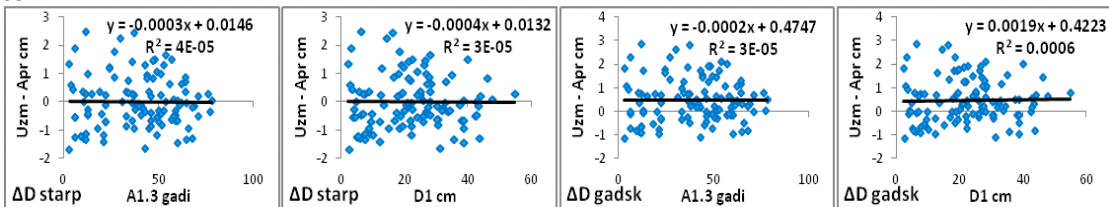
**Bērzs**



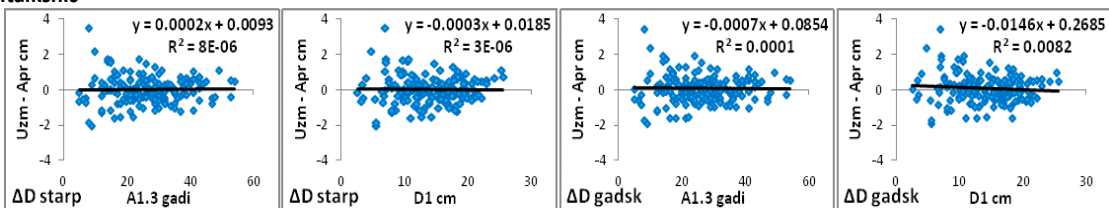
**Melnalksnis**



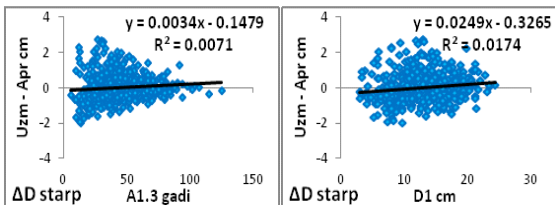
**Apse**



**Baltalksnis**



**Egle II stāvs**



3.3. attēls. Audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra perioda beigās starpības starp uzņēmītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3) un audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra perioda sākumā (D1)

### 3.3. tabula

#### Audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu augšanas gaitas modeļa (1.4. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

Kritērijs	Vērtējums
<b>1. Modeļa forma un parametrizācija:</b>	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
<b>2. Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:</b>	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā (bet nav ņemta vērā audzes biežība un tās izmaiņas)
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Daļēji, ekstrapolējot augšanas gaitu ilgākā periodā sākotnēji zemākās bonitātēs augstuma pieaugumi kļūst lielāki par sākotnēji augstākas bonitātes pieaugumiem
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Nē
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
<b>3. Salīdzināmība:</b>	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav vērtēts
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Jā
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē, bet izmantoti tikai vienreiz pārmērītu parauglaukumu dati, kam varētu būt augsta „trokšņa signāla” attiecība
<b>4. Modeļa drošums:</b>	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Mazas (statistiski nebūtiskas) caurmēra izmaiņas jaunākā vecumā (<10 gadiem) rada nepamatoti lielas (statistiski būtiskas) izmaiņas vēlākā vecumā
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
<b>5. Pielāgošanas iespējas</b>	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Daļēji

Izstrādātais meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra modelis pašreizējā variantā nav piemērots saimniecisko (kopšanas cirtes, mēslošanas, meliorācijas utt.) vai dabisko (ugunsgrēku, vējgāžu utt.) procesu rezultātā papildus pieauguma izmaiņu prognozēšanai.

### 3.3. Kokaudzes koku skaita modelis

Kokaudzes koku skaita modelis izstrādāts I stāvam atkarībā no I stāva valdošās koku sugas, audzes sākotnējā koku skaita un audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra vai tam atbilstošā koka augstuma.

Priedei, eglei, bērzam un melnalksnim vidējā novirze abos modeļa variantos (izmantots audzes caurmērs vai augstums) ir mazāka par  $\pm 5$  kokiem uz hektāra, bet apsei un baltalksnim šī novirze ir ievērojami lielāka (1.13. tabula).

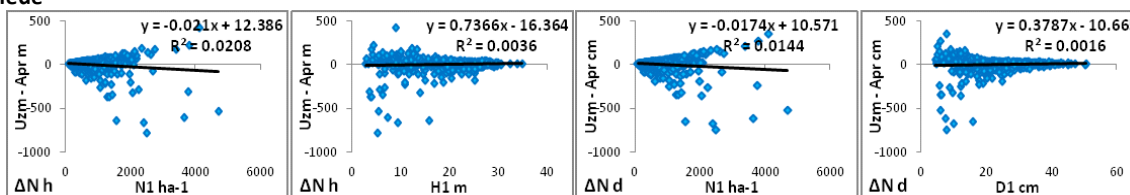
Kokaudzes koku skaita modelis, nepārrēķinot audzes taksācijas rādītāju (audzes vidējā augstuma, vidējā caurmēra un koku skaita) izmaiņas, nav paredzēts modelēt koku skaita izmaiņas ilgākā laika periodā kā pieci gadi. Šis modelis nav paredzēts modelēt koku skaita izmaiņas dabisko traucējumu rezultātā (vējgāzes, ugunsgrēki).

Koku skaita izmaiņas modelis (1.5. vienādojums) nespēj korekti modelēt koku atmiršanu pārbiezinātās audzēs, tādēļ izveidots vienādojums maksimālā koku skaita aprēķināšanai atkarībā no audzes valdošās koku sugas un audzes vidējā caurmēra vai augstuma (1.6. vienādojums). Gadījumos kad prognozētais koku skaits ar 1.5. vienādojumu pārsniedz ar 1.6. vienādojuma modelēto vērtību, prognozētais koku skaits jāreducē līdz 1.6. vienādojuma vērtībai.

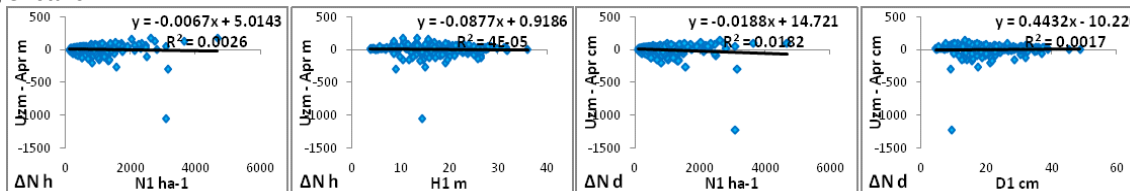
Pašreizējā variantā koku skaita modelis spēj paredzēt tikai koku atmiršanu un nav paredzēts modelēt koku ieaugšanos.

Visiem analizētajiem meža elementiem abos modeļa variantos atkarībā no modeļa mainīgajiem lielumiem (audzes I stāva koku skaita un vidējā kvadrātiskā caurmēra vai tam atbilstošā augstuma pirmajā uzmērīšanas reizē) nav konstatētas sistemātiskas prognozēto koku skaita novirzes (3.4. attēls), jo lineārās korelācijas ir vājas ( $R < 0,5$ ). Lai gan lielā novērojumu skaita dēļ atsevišķas lineārās korelācijas koeficientu vērtības ir lielākas par korelācijas koeficientu kritiskajām vērtībām.

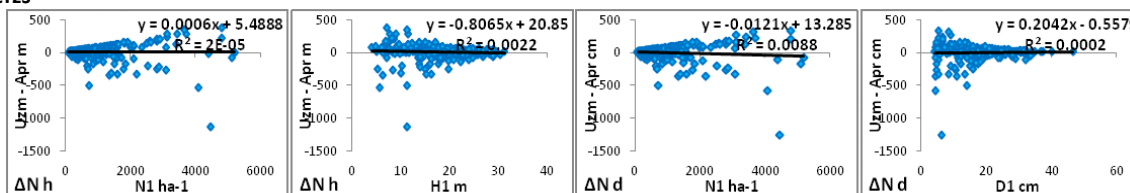
#### Priede



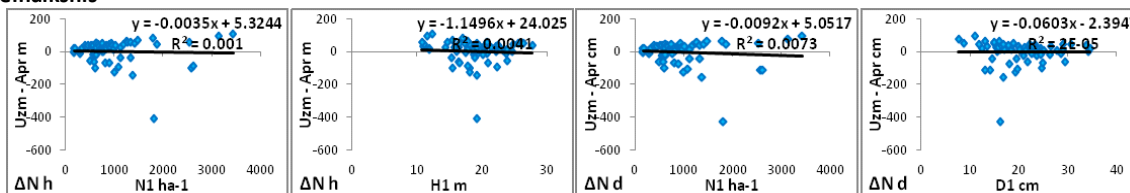
#### Egle I stāvs



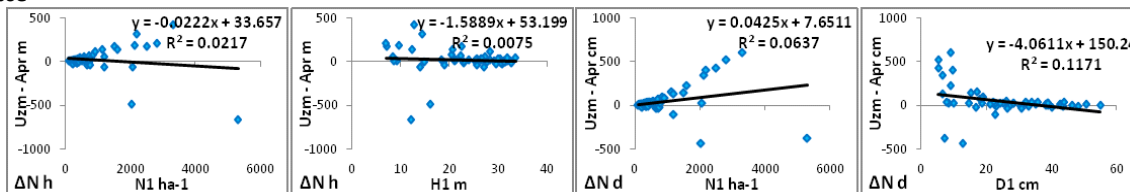
#### Bērzs



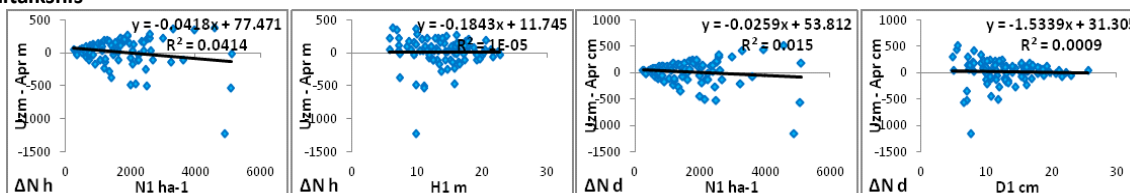
#### Melnalksnis



#### Apse



#### Baltalksnis



3.4. attēls. Audzes I stāva koku skaita perioda beigās starpības starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes I stāva koku skaita perioda sākumā ( $N1$ ), audzes vidējā augstuma perioda sākumā ( $H1$ ) un audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra perioda sākumā ( $D1$ )

Izstrādātā kokaudzes I stāva koku skaita izmaiņas modeļa adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.4. tabulā.

### 3.4. tabula

#### Audzes koku skaita modeļa (1.5. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

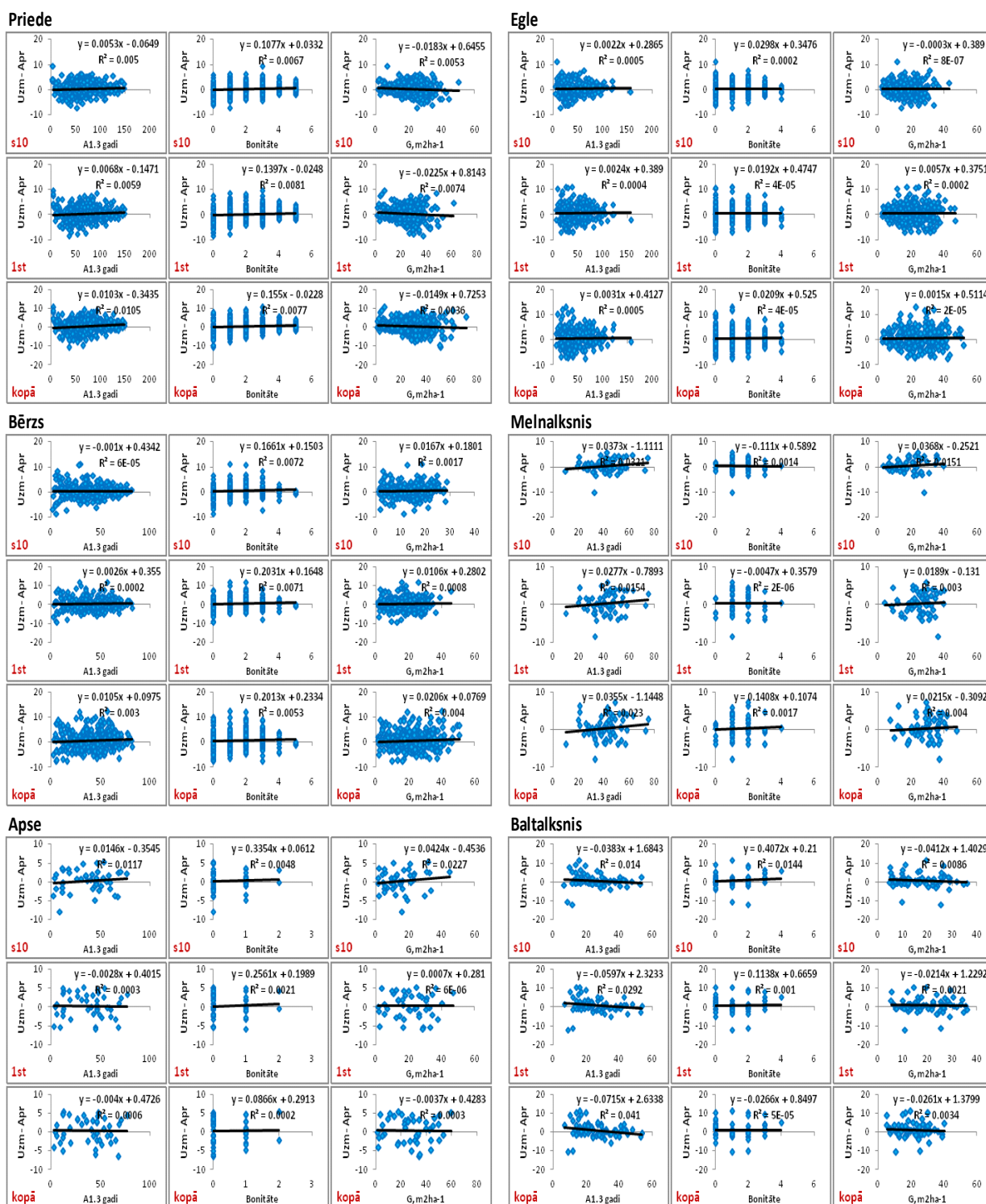
Kritērijs	Vērtējums
<b>1. Modeļa forma un parametrizācija:</b>	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Daļēji, (M;A;Ba atsevišķi koeficienti nav statistiski būtiski (ska. t1.12. tab.), bet tie saglabāti, lai saglabātu vienādojuma formu
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
<b>2. Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:</b>	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā (bet nav ņemts vērā audzes vecums)
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Jā
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Daļēji (skat. 1.1. punktu)
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
<b>3. Salīdzināmība:</b>	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav vērtēts
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Daļēji
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē, bet izmantoti tikai vienreiz pārmērītu parauglaukumu dati, kam varētu būt augsta „trokšņa signāla” attiecība
<b>4. Modeļa drošums:</b>	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Daļēji, tad, ja skaita izmaiņas prognozē ilgākā laika periodā kā pieci gadi, tad tas ir atkarīgs no kokaudzes vidējā caurmēra un vidējā augstuma modeļu prognozētajām vērtībām
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
<b>5. Pielāgošanas iespējas</b>	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Daļēji

#### 3.4. Faktiskās audzes krājas pieauguma modelis

Faktiskās audzes krājas pieauguma modelis izstrādāts kokaudzes I stāva valdošās koku sugas, I stāva un kokaudzes kopējās tekošā faktiskā vidēji periodiskā krājas pieauguma modelēšanai.

Visos variantos faktiskās audzes krājas pieauguma modelētajām vērtībām vidējā novirze ir pozitīva un mazāka par  $\pm 1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ gadā}$ , kā arī visos gadījumos konstatētas vidēji ciešas lineārās korelācijas starp uzmērītajām un aproksimētajām vērtībām (2.1. tabula).

Visiem analizētajiem meža elementiem atkarībā no modeļa mainīgajiem lielumiem (audzes krūšaugstuma vecuma, bonitātes un meža elementa šķērslaukuma pirmajā uzmērīšanas reizē) nav konstatētas sistemātiskas prognozēto krājas pieauguma novirzes (3.5. attēls), jo lineārās korelācijas ir vājas ( $R < 0,5$ ). Lai gan lielā novērojumu skaita dēļ atsevišķos gadījumos lineārās korelācijas koeficientu vērtības ir lielākas par korelācijas koeficientu kritiskajām vērtībām.



3.5. attēls. Faktiskās audzes I stāva valdošās koku sugas (s10), I stāva (1st) un audzes kopējā ikgadējā krājas pieauguma starpības starp uzņēmītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3), bonitātes un šķērslaukuma (G)

Izstrādātā faktiskās audzes krājas pieauguma modelis pašreizējā variantā nav piemērots saimniecisko (kopšanas cirtes, mēslošanas, meliorācijas utt.) vai dabisko (ugunsgrēku, vējgāžu utt.) procesu rezultātā papildus pieauguma izmaiņu prognozēšanai.

Izstrādātā faktiskās audzes krājas pieauguma modeļa adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.5. tabulā.

### 3.5. tabula

#### Faktiskās audzes krājas pieauguma modeļa (2.1. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

Kritērijs	Vērtējums
<b>1. Modeļa forma un parametrizācija:</b>	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
<b>2. Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:</b>	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Jā
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Daļēji (E;A;Ba nav atkarīgs no bontātes, bet tā ir saglabāta, lai saglabātu vienādojuma formu
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
<b>3. Salīdzināmība:</b>	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav vērtēts
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Jā
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē, bet izmantoti tikai vienreiz pārmērītu parauglaukumu dati, kam varētu būt augsta „trokšņa signāla” attiecība
<b>4. Modeļa drošums:</b>	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
<b>5. Pielāgošanas iespējas</b>	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Daļēji

### 3.5. Atmiruma modelis

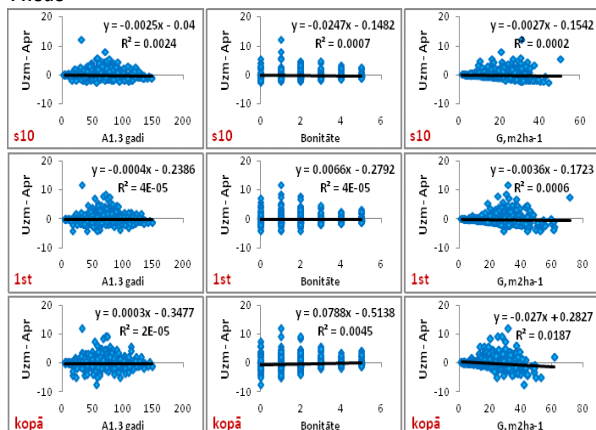
Kokaudzes krājas atmiruma modelis izstrādāts kokaudzes I stāva valdošās koku sugas, I stāva un kokaudzes kopējās tekošā faktiskā vidēji periodiskā krājas pieauguma modelēšanai.

Visos variantos audzes krājas atmiruma modelētajām vērtībām vidējā novirze ir negatīva un mazāka par  $\pm 2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ gadā}$  (2.2. tabula).

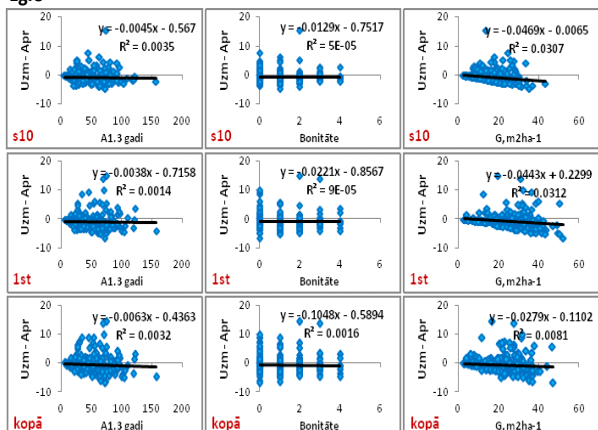
Visiem analizētajiem meža elementiem atkarībā no modeļa mainīgajiem lielumiem (audzes krūšaugstuma vecuma, bonitātes un meža elementa šķērslaukuma pirmajā uzmērīšanas reizē) nav konstatētas sistemātiskas prognozēto krājas pieauguma novirzes (3.6. attēls), jo lineārās korelācijas ir vājas ( $R < 0,5$ ). Lai gan lielā novērojumu skaita dēļ atsevišķos gadījumos lineārās korelācijas koeficientu vērtības ir lielākas par korelācijas koeficientu kritiskajām vērtībām.



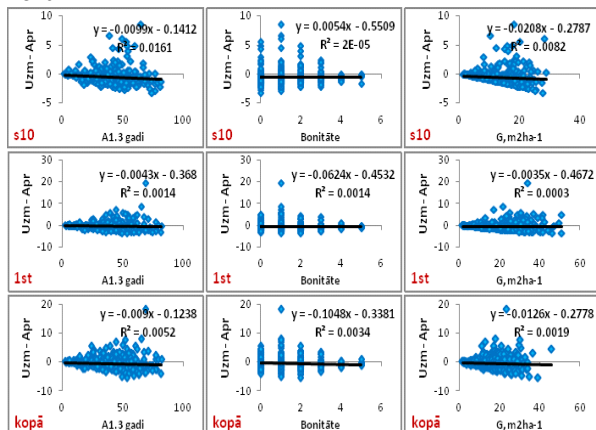
### Priede



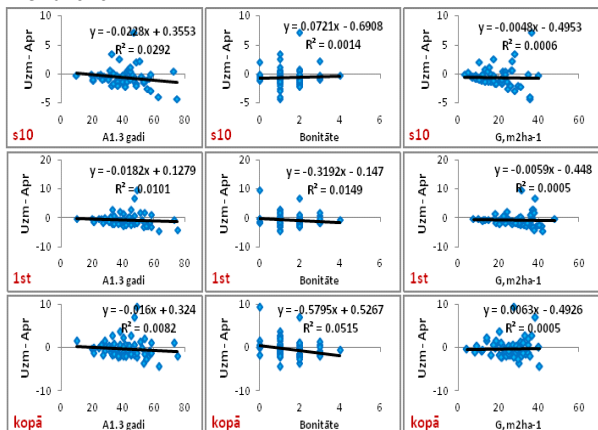
### Egle



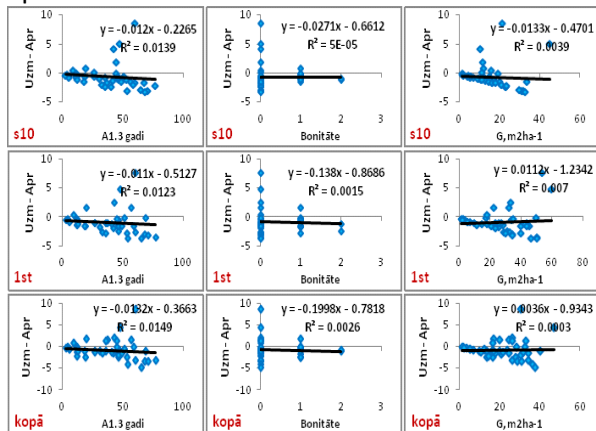
### Bērzis



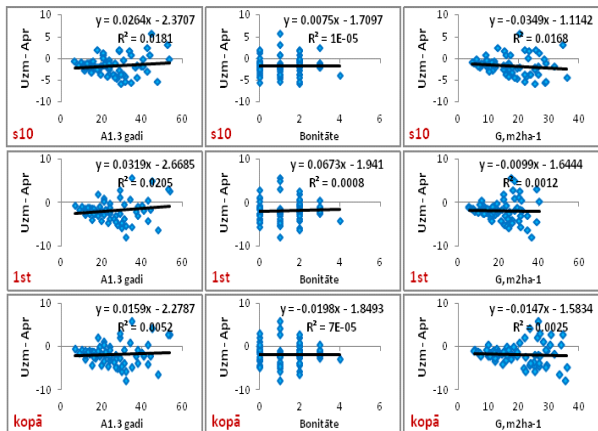
### Melnalksnis



### Apse



### Baltalksnis



3.6. attēls. Faktiskās audzes I stāva valdošās koku sugas (s10), I stāva (1st) un audzes kopējā ikgadējā krājas pieauguma starpības starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3), bonitātes un šķērslaukuma (G)

Izstrādātā audzes krājas atmiruma modelis pašreizējā variantā nav piemērots saimniecisko (cirtes) vai dabisko (ugunigrēku, vējgāžu utt.) procesu rezultātā masveida krājas atmiruma prognozēšanai. Turpmākajos pētījumos būtu nepieciešams papildināt esošo vienādojumu ar vēl vienu mainīgo rādītāju, kas raksturotu koku savstarpējo konkurenci (piemēram, kokaudzes biežība). Izstrādātā faktiskās audzes krājas pieauguma modeļa adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.5. tabulā.

### 3.6. tabula

#### Audzes krājas dabiskā atmiruma modeļa (2.3. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

Kritērijs	Vērtējums
<b>1. Modeļa forma un parametrizācija:</b>	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
<b>2. Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:</b>	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā, bet būtu nepieciešams papildināt ar vēl kādu rādītāju, kas precīzāk norādītu pašreizējo koku savstarpējo konkurenci
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Daļēji (skat. 4.1. punktu)
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Nē
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
<b>3. Salīdzināmība:</b>	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav vērtēts
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Jā
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē, bet izmantoti tikai vienreiz pārmērītu parauglaukumu dati, kam varētu būt augsta „trokšņa signāla” attiecība
<b>4. Modeļa drošums:</b>	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Daļēji, atsevišķos gadījumos (audzes vecuma un šķērslaukuma kombinācijās) krājas atmirums ir negatīvs vai nepamatoti liels
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
<b>5. Pielāgošanas iespējas</b>	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Daļēji

#### 4. Urbuma skaidu ieguve 250 parauglaukumos MSI 2013.g.

##### Materiāls un metodika

No MSI parauglaukumu datu bāzes atlasīti 360 parauglaukumi, kuru 2013. gadā uzmērīto tiešā tuvumā ar Preslera svārpstu paredzēts iegūt koksnes paraugus koku radiālā pieauguma noteikšanai (5.1. tabula).

Koksnes paraugi radiālā pieauguma noteikšanai iegūst tikai I stāva valdošajai koku sugai un tajos parauglaukumos, kuros valdošā koku suga ir priede, egle, bērzs, melnalksnis, apse un baltalksnis. Katrā parauglaukumā iegūti 10-15 valdošās koku sugas koksnes paraugi.

5.1.tabula

##### 2013.g. plānoto radiālā pieauguma skaidu ieguves parauglaukumu sadalījums pa sugām un vecuma desmitgadēm

Suga	Vecuma desmitgade										Kopā
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Priede			15	15	15	15	15	15	15	15*	120
Egle			10	10	10	10	10	10*			60
Bērzs		15	15	15	15	15	15*				90
Melnalksnis		6	6	6	6	5	1				30
Apse		5	5	5	5	6	4				30
Baltalksnis	6	6	7	7	4						30

\* norādītā vecumdesmitgade un vecākas audzes

##### Rezultāti

2013. gadā ievāktas urbuma skaidas 270 parauglaukumos (5.2. tabula). Urbuma skaidas nav iegūtas plānotajos parauglaukumos, ja parauglaukums ir nocirsts (audzē veikta kailcirte) vai ja dabisko vai antropogēno traucējumu rezultātā audzē mainījusies valdošā koku suga.

5.2.tabula

##### 2013.g. radiālā pieauguma skaidu ieguves parauglaukumu sadalījums pa sugām un vecuma desmitgadēm

Suga	Vecuma desmitgade										Kopā
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Priede			13	14	11	13	9	11	7	9	87
Egle	1	2	8	9	7	9	8	8			52
Bērzs		11	15	17	7	8	10				68
Melnalksnis		4	5	5	5	3	1				23
Apse		2	2	4	4	4	2				18
Baltalksnis	4	5	8	5							22
<b>Kopā</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	<b>51</b>	<b>54</b>	<b>34</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>270</b>

Urbumu skaidu apstrādi un datu analīzi plānots veikt nākamajā gadā. Urbumu skaidas būs izmantojamas caurmēra pieaugumu precizēšanai.

## 5. Ilgtermiņa trendu, ciklisko svārstību ietekmes novērtējums (balstoties uz 2011., 2012.g. iegūto urbumu skaidu apstrādes rezultātiem)

### *Materiāls un metodika*

2012. gadā uzmērīto 340 MSI (meža statistiskā inventarizācija) parauglaukumu tiešā tuvumā ar Preslera svārpstu iegūti koksnes paraugi koku radiālā pieauguma noteikšanai. Koksnes paraugi radiālā pieauguma noteikšanai veikti parauglaukumos, kuros valdošā koku suga ir priede, egļe, bērzs, melnalksnis, apse un baltalksnis, katrā parauglaukumā iegūti 10 - 15 valdošās koku sugas koksnes paraugi. Kopā iegūti un apstrādāti 4670 paraugi (5.1. tabula).

Radiālā pieauguma mērīšana veikta izmantojot iekārtu LINTAB IV. Datu pirmapstrādei izmantota datorprogrammu TSAP Win Scientific 0.55 un MS EXcel.

Datu analīzē izmantoti dati par 12210 kokiem no 918 MSI parauglaukumiem (5.2 tabula). 2012.g. pieaugumi nav iekļauti analīzē, jo urbuma skaidas iegūtas visas sezonas garumā, tādēļ izmantota pēdējā pilnā gadskārta (2011.gads).

### *5.1. tabula*

#### **2013.gadā uzmērīto radiālā pieauguma skaidu sadalījums pa sugām un parauglaukumiem**

Suga	Parauglaukumu skaits	Koku skaits
Priede	118	1630
Egļe	58	785
Bērzs	82	1142
Melnalksnis	28	356
Apse	29	404
Baltalksnis	25	356
<b>Kopā</b>	<b>340</b>	<b>4670</b>

### *5.2. tabula*

#### **Datu analīzē izmantoto radiālā pieauguma skaidu sadalījums pa sugām un parauglaukumiem**

Suga	Parauglaukumu skaits	Koku skaits
Priede	341	4549
Egļe	149	1989
Bērzs	219	2894
Melnalksnis	75	990
Apse	62	823
Baltalksnis	72	965
<b>Kopā</b>	<b>918</b>	<b>12210</b>

### **Rezultāti**

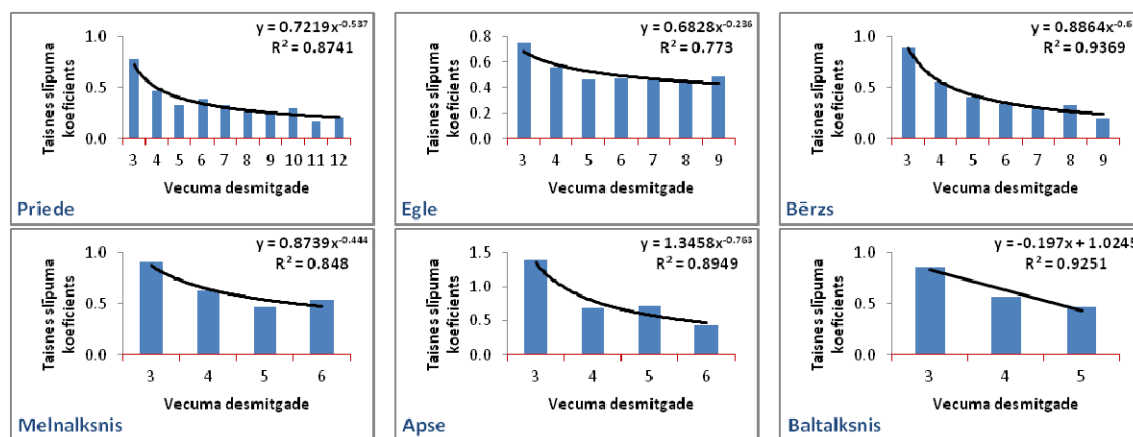
Katram MSI parauglaukumam starp koku krūšaugstuma caurmēru un pēdējo piecu gadu radiālo pieaugumu veikta lineārā regresija un aprēķināts lineārās regresijas taisnes slīpuma koeficients. Kopā no analizētajiem 918 MSI parauglaukumiem statistiski būtiska ( $R > R_{krit} \alpha = 0.05$ ) lineārā korelācija starp koku krūšaugstuma caurmēru un pēdējo piecu gadu radiālo pieauguma konstatēta 359 gadījumos, kas ir  $39,1 \pm 1,6\%$  (5.3. tabula). Kas nozīmē, ka aptuveni 60% starp audzes tievākajiem un resnākajiem I stāva valdošās sugas kokiem pēdējo piecu gadu radiālais pieaugums neatšķiras būtiski. Audzēs, kurās konstatēta būtiska sakarība starp koku krūšaugstuma caurmēru un pēdējo piecu gadu radiālo pieaugumu,  $98,9 \pm 0,6\%$  pēdējo piecu gadu radiālais pieaugums resnākajiem kokiem ir lielāks nekā tievākajiem kokiem (lineārās korelācijas slīpuma leņķis ir pozitīvs).

### 5.3. tabula

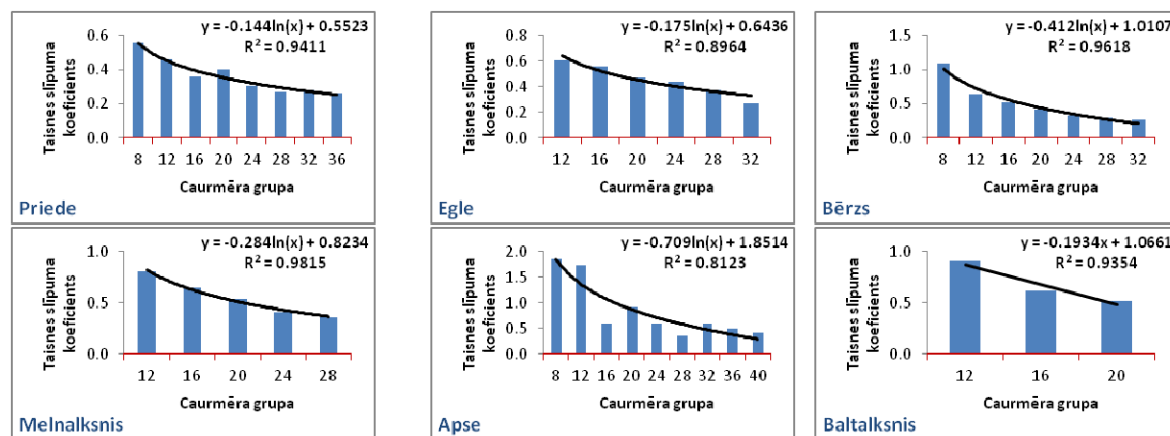
MSI parauglaukumu skaits atkarībā no lineārās korelācijas starp koku krūšaugstuma caurmēru un pēdējo 5 gadu radiālo pieaugumu būtiskuma ( $\alpha=0.05$ ) un lineārās korelācijas taisnes slīpuma koeficienta

Suga	būtiska korelācija ( $\alpha=0.05$ ) R>Rkrit)			nebūtiska korelācija ( $\alpha=0.05$ ) R>Rkrit)			kopā		
	negatīvs	pozitīvs	kopā	negatīvs	pozitīvs	kopā	negatīvs	pozitīvs	kopā
Priede	3	118	121	44	176	220	47	294	341
Egle		57	57	18	74	92	18	131	149
Bērzs		91	91	20	108	128	20	199	219
Melnalksnis		33	33	8	34	42	8	67	75
Apse		32	32	5	25	30	5	57	62
Baltalksnis	1	24	25	8	39	47	9	63	72
Kopā	4	355	359	103	456	559	107	811	918

Visām koku sugām jaunākās audzēs pēdējo piecu gadu radiālā pieauguma starpība starp resnākajiem un tievākajiem kokiem ir lielāka nekā vecākajās audzēs, jo lineārās korelācijas taisnes slīpuma koeficients ir lielāks (5.1. attēls). Tāpat piecu gadu radiālā pieauguma starpība starp resnākajiem un tievākajiem kokiem ir lielāka mazākas dimensijas (mazāks vidējais kvadrātiskais audzes caurmērs) audzēs (5.2. attēls).



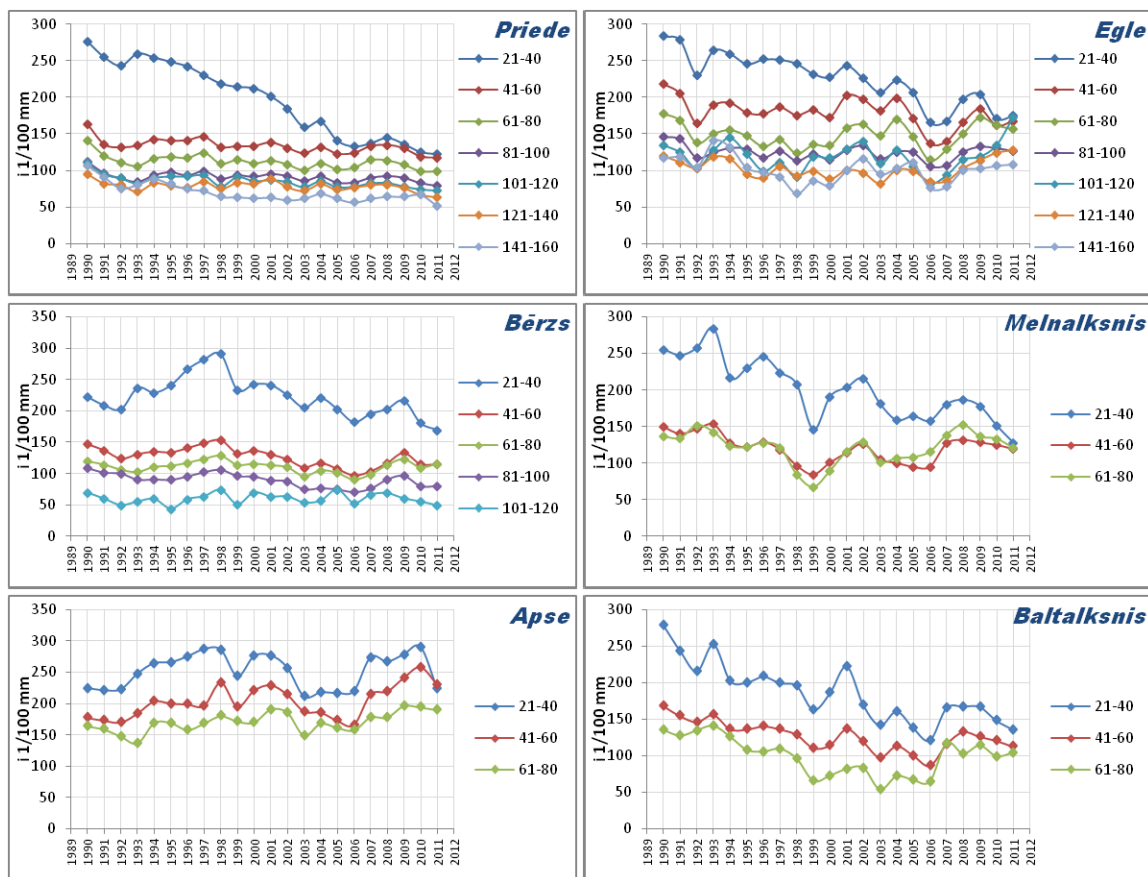
5.1. attēls. Pēdējo piecu gadu radiālā pieauguma lineārās korelācijas taisnes slīpuma koeficients atkarībā no audzes vecuma desmitgades un sugas



5.2. attēls. Pēdējo piecu gadu radiālā pieauguma lineārās korelācijas taisnes slīpuma koeficients atkarībā no audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra un sugas

Visām koku sugām radiālā pieauguma (gadskārtu platuma) svārstības visās vecuma grupās ir sinhronas, pie tam jaunākās audzēs radiālā pieauguma svārstības ir lielākā diapazonā nekā vecākās

audzēs (5.3. attēls). Jaunākajās audzēs (20-40 gadi) novērojams trends – radiālā pieauguma samazinājums, kas visticamāk izskaidrojams ar radiālā pieauguma samazināšanos pēc tā kulminācijas.



5.3. attēls. Vidējais aritmētiskais koku radiālais pieaugums ( $i$ ) atkarībā no koku sugas un audzes vecuma grupas.

## **6. Meža meliorācijas sistēmu renovācijas/ rekonstrukcijas ietekmes uz koku pieaugumu novērtējums (P, E, B kopā 21 objekts)**

### **6.1. Problēmas uzstādījums**

Latvijā trūkst pētījumu par to, kā meliorācijas sistēmu renovācija vairākas desmitgades pēc grāvju izrakšanas ietekmē mežaudzes ražību. Tomēr efektīvas un ekonomiski pamatotas meža resursu apsaimniekošanas kontekstā šis ir ļoti būtisks jautājums. Pētījuma mērķis ir noskaidrot, vai un kā 2005. gadā veikta meliorācijas sistēmu renovācija ietekmējusi pie grāvjiem augošo mežaudžu ražību. Šajā sakarā izvirzīti sekojoši pētnieciskie uzdevumi:

Analizēt pieejamo informāciju par 2005. gadā renovētajām meliorācijas sistēmām VAS „Latvijas valsts meži” apsaimniekotajos mežos un izvēlēties pētījumu objektus Ziemeļkurzemes, Vidusdaugavas un Ziemeļlatgales mežsaimniecībās.

Izvēlētajos pētījumu objektos ierīkot parauglaukumus dažādos attālumos no meliorācijas grāvjiem un ievākt tajos datus par mežaudzes ražību (urbuma serdeņus).

Kamerāli analizēt iegūto informāciju un izdarīt secinājumus par 2005. gadā veiktās meliorācijas sistēmu renovācijas efektu mežaudžu ražības kontekstā.

Salīdzināt 2013.gadā iegūto mērījumu rezultātus ar iepriekšējiem - 2009.gada rezultātiem.

Jāatzīmē, ka mežaudzēs, kuras atrodas minētājās meliorācijas sistēmās jau vienreiz - 2009.gadā - ierīkoti 15 parauglaukumi, kuros toreiz pēc šī pētījuma metodikas novērtētas mežaudžu ražības izmaiņas.

### **6.2. Materiāls un metodika**

#### **6.2.1. Lauka darbu metodika**

##### **1. Parauglaukumu atlase**

Pētījumam izmantoti jau 2009.gadā atlasītie VAS „Latvijas valsts meži” apsaimniekotie 15 meža nogabali, kuri atrodas platībās, kurās meliorācijas sistēmas renovētas 2005.gadā. Tas tika darīts ar mērķi, lai, uzmērot koku pēdējo gadskārtu platumus, būtu iespējams novērtēt meliorācijas sistēmas renovācijas ietekmi uz koka radiālo pieaugumu, kā arī noskaidrot, vai ilgstošākā laika periodā novērojamas būtiskas mežaudžu ražības atšķirības pirms un pēc meliorācijas sistēmas renovācijas. Nepieciešamības gadījumā, respektīvi, ja mežaudze nocirsta, tā tika aizvietota, netālu atrodot līdzīgu nogabalu. Faktori nogabalu izvēlei bija sekojoši:

Mežaudzes vecumam jābūt tādām, lai koka radiālais pieaugums atspoguļotu arī 20.gadsimta vidū veiktās - sākotnējās - meliorācijas efektu. Respektīvi, audzēm jābūt briestaudzēm un pieaugušām audzēm.

Nogabalam jāatrodas pie grāvja, lai pārbaudītu hipotēzi, ka meliorācijas efekts samazinās, attālinoties no grāvja.

##### **2. Parauglaukumu ierīkošana dabā**

Pēc nogabala atrašanās dabā tika novērtēts, vai galvenā valdaudzes suga joprojām atbilst taksācijas aprakstā norādītajai, kā arī, vai nogabalā pēdējā laika periodā nav veikta krājas vai sastāva kopšana, kas būtu ietekmējusi radiālo pieaugumu. Ar globālās pozicionēšanas sistēmas aparātu (GPS) tika atrasts iepriekšējā uzmērīšanas reizē par pagaidu parauglaukuma centru izvēlētais valdošās sugas veidotās biogrupas centrā augošais koks. Jauna parauglaukuma izveides gadījumā šāds koks tika izvēlēts no pētījumā iekļautās biogrupas kokiem un tam uzmērītas X un Y koordinātes. Nākamā parauglaukuma centrs tika izvēlēts apmēram 50 metru attālumā no iepriekšējā iespējami perpendikulārā virzienā prom no grāvja. Katrā nogabalā ierīkoti divi vai trīs šādi parauglaukumi. Tas atkarīgs no nogabala konfigurācijas un platības.

##### **3. Datu ievākšana**

Katrā parauglaukumā izvēlēti 10-15 valdaudzes koki, kuriem izmērīts krūšaugstuma caurmērs  $D_{1.3}$ . Visiem izvēlētajiem kokiem ar Preslera pieauguma svārpstu 2013.gada augustā/septembrī tika ievāktas

radiālā pieauguma skaidas, uz kurām vēlāk kamerāli mērīts gadskārtu platums. Pagaidu parauglaukuma vidējam kokam izmērīts augstums. Biogrupai ar Biterliha metodi noteikts šķērslaukums. Urbumu serdeņi uzmērīti kamerāli 2013.gada otrajā pusē.

Pētījumā izmantoti dati no sekojošiem parauglaukumiem pa VAS „Latvijas valsts meži” mežsaimniecībām (6.1.tabula). Atkārtotajā uzmērījumā reizē no jauna ierīkoti objekti tabulā iekrāsoti tumšāki.

### 6.1. tabula

#### Objektu izvietojums pa VAS „Latvijas valsts meži” mežsaimniecībām

Mežsaimniecība	KvApg	KV	NOG	Valdošā suga	Objekta kods	Parauglaukumu skaits	Paraugu skaits, N	RENOV_GADS1	RENOV_GADS2
Ziemeļkurzemes	709	28	9	P	A	2	20	2005	1969
Ziemeļkurzemes	709	24	3	P	B	2	20	2005	1969
Ziemeļkurzemes	709	6	30	E	C	2	20	2005	1969
Ziemeļkurzemes	709	94	23	E	D	2	20	2005	*
Ziemeļkurzemes	709	78	1	B	E	3	30	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	59	38	B	F	2	20	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	96	8	P	G	3	30	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	96	21	B	H	2	20	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	95	30	P	I	2	20	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	95	24	P	J	2	20	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	95	23	P	K	2	20	2005	1974
Vidusdaugavas	510	329	15	E	L	3	30	2005	*
Vidusdaugavas	510	331	10	E	M	2	20	2005	*
Vidusdaugavas	510	332	11	P	N	2	20	2005	*
Vidusdaugavas	510	328	2	E	O	2	20	2005	*

RENOV\_GADS1 - gads, kad pēdējo reizi veikta grāvju renovācija

RENOV\_GADS2 - gads, kad veikta iepriekšzināmā grāvju renovācija

\* nav dati

No tabulas redzams, ka 4 objekti ierīkoti Vidusdaugavas mežsaimniecībā, bet 11 – Ziemeļkurzemes. 7 objekti izvēlēti priežu nogabalos, 5 – egļu, bet 3- bērzu. Par objektu šeit un turpmāk uzskatīts 2-3 parauglaukumu kopums, ka atrodas vienā nogabalā. Parauglaukumu ierīkošanas īpatnības aprakstītas nākamajā nodaļā.

#### 6.2.2. Kamerālo darbu metodika

Radiālā pieauguma mērīšana veikta izmantojot iekārtu LINTAB IV (uzmērīšanas precizitāte 1/100 mm). Datu pirmapstrādei izmantota datorprogramma TSAP Win Scientific 0.55 un MS EXcel. Pēc tam ar Manna-Vitneja testa palīdzību salīdzinātas gadskārtu platumu vidējās vērtības, izmantojot sekojošas gradācijas klases:

- pēdējās 5 gadskārtas pēc pēdējās grāvju renovācijas;
- 5 gadskārtas pirms pēdējās grāvju renovācijas;
- 10 gadskārtas pirms pēdējās grāvju renovācijas;
- 5 gadskārtas pirms un pēc iepriekšējās grāvju renovācijas vai grāvju ierīkošanas;
- 10 gadskārtas pirms un pēc iepriekšējās grāvju renovācijas vai ierīkošanas.

Salīdzināti gadskārtu vidējie platumi arī starp viena objekta parauglaukumiem, lai noskaidrotu, vai parauglaukuma attālums no grāvja būtiski ietekmējis pēdējo 5 gadskārtu platumus. Meklētas arī iespējamās reģionālās atšķirības starp objektiem.

### 6.3. Rezultāti un diskusija

#### Parauglaukumu vispārējais apraksts

Uzsākot datu ievākšanu un apstrādi, nācās saskarties ar vairākiem vērā ņemamiem faktoriem, kuri būtiski ietekmēja veicamajiem darbiem paredzēto laiku.



- 1) Meža masīvos, kuros bija plānota paraugu vākšana, meliorācijas sistēmu renovācija lielākoties izrādījās veikta vēlāk nekā 2005.gadā. Šis faktors uzlika ievērojamus ģeogrāfiskos ierobežojumus meža nogabalu izvēlē jau 2009.gadā, ierīkojot parauglaukumus.
- 2) Tā kā mežaudzes, kurās bija plānots izvietot parauglaukumus, uzskatāmas par pieaugušām un pāraugušām, bieži nācās konstatēt, ka sugu sastāvs audzes pašizretināšanās dēļ vairs neatbilst datu bāzē norādītajam (sevišķi atkārtotajā pārmērījumu reizē). Veicot atkārtoto uzmērīšanu, seši objekti izvēlēti no jauna, jo vecie pēdējos gados nocirsti.
- 3) Mežaudžu pašizretināšanās rezultātā nereti konstatēta neatbilstība starp mežaudzes vecumu datu bāzē un reālo situāciju dabā, proti, kokiem ar līdzīgiem caurmēriem un augstumiem būtiski atšķiras vecumi.
- 4) Nogabali, kuros bija jāizvieto parauglaukumi, nereti bija platības ziņā nelieli (ap 1 ha), kā arī izvietoti, piemēram, pie diviem savstarpēji perpendikulāriem grāvjiem; tas liedza tos izmantot tālākā pētījumā vispār vai arī ierīkot tajos vairāk kā divus parauglaukumus.

Neskatoties uz iepriekšminētajiem ierobežojumiem, kopumā ierīkoti 33 parauglaukumi 15 nogabalos jeb objektos (kods A-O). Vispārējā informācija par parauglaukumiem apkopota 6.2. tabulā. Atkārtotajā uzmērījumu reizē no jauna izvēlētie objekti tabulā iekrāsoti tumšāki.

## 6.2. tabula

### Parauglaukumu vispārējs apraksts

Objekta kods	X-koordināte	Y-koordināte	Grāvja stāvoklis objektā	Parauglaukuma attālums no grāvja	Vidējais augstums, H (m)	Šķērslaukums, G (m <sup>2</sup> )
A1	57.31578	21.83683	2	1	24.2	21
A2	57.3156	21.83605	2	2	22.9	21
B1	57.31327	21.78962	2	1	25.9	29
B2	57.31285	21.78988	2	2	27.4	31
C1	57.31336	21.78595	2	1	30.1	17
C2	57.31382	21.7857	2	2	28.3	24
D1	57.28027	21.80169	2	1	27.6	26
D2	57.28063	21.80153	2	2	25.5	25
E1	57°17'39"	21°49'07"	1	1	21.2	27
E2	57°17'39"	21°49'07"	1	2	19.2	23
E3	57°17'39"	21°49'07"	1	3	21.5	21
F1	57.29309	21.80006	1	1	24.2	24
F2	57.29315	21.80078	1	2	19.9	17
G1	57°17'14"	21°49'43"	1	1	28.3	28
G2	57°17'13"	21°49'41"	1	2	26.4	27
G3	57°17'13"	21°49'37"	1	3	26.5	23
H1	57°16'60"	21°49'32"	1	1	27.1	29
H2	57°17'01"	21°49'32"	1	2	28.4	25
I1	57°16'57"	21°49'09"	1	1	25.4	29
I2	57°16'59"	21°49'09"	1	2	26.2	27
J1	57°16'54"	21°48'43"	1	1	26.5	29
J2	57°16'55"	21°48'42"	1	2	25	22
K1	57.28217	21.81034	1	1	24.5	25
K2	57.28224	21.81119	1	2	25	21
L1	56°22'33"	25°03'38"	2	1	29.3	33
L2	56°22'35"	25°03'36"	2	2	31.2	33
L3	56°22'36"	25°03'34"	2	3	33.1	35
M1	56°23'14"	25°05'03"	2	1	20.9	18
M2	56°23'13"	25°05'01"	2	2	25.4	20
N1	56°23'18"	25°04'57"	1	1	26.2	21
N2	56°23'20"	25°04'60"	1	2	28.9	27
O1	56.37352	25.05083	1	1	23	17
O2	56.37325	25.05105	1	2	21.4	20

Grāvja stāvoklis: 1-labs, 2-vidējs, 3-slikts

Parauglaukuma attālums no grāvja: 1-0m, 2-50m, 3-100m

Grāvja stāvoklis katrā objektā vērtēts, ņemot vērā to, vai tas ir aizzēlis un vai ūdens grāvī ir tekošs.

### **Grāvja ietekmes uz gadskārtu vidējiem platumiem izvērtējums**

Lai novērtētu, vai grāvja renovācija 2005.gadā devusi pozitīvu efektu uz mežaudzes ražību, veikta gadskārtu vidējo platumu salīdzināšana visu objektu parauglaukumos, kas atrodas pie grāvjiem. Pēdējo 5 gadskārtu vidējie platumi salīdzināti ar 5 un 10 gadskārtu vidējiem platumiem pirms grāvju renovācijas. Objektos, kuros zināms, kad veikta grāvju ierīkošana, veikta 5 un 10 gadskārtu savstarpējā analīze, lai pārliecinātos par toreizējo meliorācijas efektu. Analīze veikta ar Manna-Vitneja U testa palīdzību, par nulles hipotēzi pieņemot, ka gadskārtu vidējie platumi pirms un pēc meliorācijas sistēmas izveides un renovācijas būtiski neatšķiras. Visi parametri objektīvi salīdzināti arī ar iepriekšējā uzmērījumu reizē iegūtajiem.

Salīdzinot pēdējo 5 gadskārtu vidējos platumus ar 5 un 10 gadskārtu vidējiem platumiem no perioda pirms grāvju renovācijas, iegūta testa p-vērtība, kas visos gadījumos bija lielāka par 0.05. Līdz ar to ir iespējams noraidīt nulles hipotēzi, ka grāvja renovācija būtiski uzlabo audzes ražību. To izskaidrot iespējams ar līdzšinējos pētījumos gūto atziņu, ka meliorācijas sistēmas renovācija spēj noturēt audzes ražību iepriekšējā līmenī, bet ne to uzlabot. Iespējams arī, ka audzes ražības uzlabojums sagaidāms vēl pēc kāda laika vai arī nebūs sagaidāma vispār audzes vecuma un struktūras dēļ. Līdzīgs rezultāts iegūts arī, veicot 2009.gadā iegūto datu analīzi.

Jāatzīmē, ka arī 5 un 10 gadskārtu vidējo platumu salīdzināšana pirms un pēc grāvju izveidošanas brīža neuzrāda būtiskas atšķirības starp tām. Tikai vienā bērzu audzē Ziemeļkurzemes mežsaimniecībā (96. kvartāla 21. nogabals) konstatēta būtiska atšķirība starp 10 gadskārtu vidējiem platumiem pirms un pēc meliorācijas – p vērtība 0.032 (iepriekšējā uzmērījumu reizē p vērtība bija 0.019), vidējais gadskārtu platumis pirms meliorācijas 2.899 mm, pēc – 3.896 mm. Pārējās pētījumā iekļautās gradācijas klases būtiskas atšķirības neuzrādīja. Var rasties jautājums, kādēļ meliorācija nav devusi daudzviet aprakstīto sagaidāmo meliorācijas efektu un audzes ražības uzlabojumu? Lai iegūtu viennozīmīgu atbildi, būtu jāveic padziļināta mežu vēstures izpēte konkrētajā platībā, lai noskaidrotu, vai patiesībā meliorācija nav veikta agrāk, piemēram, 20.gadsimta pirmajā pusē. Līdz ar to 20.gadsimta 60. un 70. gados veiktā meliorācija īstenībā ir tikai grāvju renovācija, līdzīgi, kā tas darīts 2005.gadā. Jebkurā gadījumā ir iemesls apgalvot, ka, pateicoties meliorācijas sistēmu renovācijai, mežaudžu ražība saglabājas un, lai arī statistiski nebūtiski, bet pieaug. Šāds novērojums izdarāms, salīdzinot pēdējo 5 gadskārtu vidējos platumus ar vidējiem gadskārtu platumiem periodā starp 2006., 2007. un 2008. gadu.

### **Gadskārtu vidējo platumu analīze atkarībā no grāvja attāluma, stāvokļa un reģiona**

Katrā objektā veikta pēdējo 5 gadskārtu vidējo platumu salīdzināšana, ņemot vērā parauglaukumu attālumu no grāvja. No Manna-Vitneja U testa rezultātiem izriet, ka nevienā no 33 parauglaukumiem novietojums attiecībā pret grāvi būtiski neietekmē pēdējo gadskārtu platumus (p-vērtības lielākas par 0.05). To, visticamāk, atkārtotajā pārmērījumu reizē vairs nav iespējams izskaidrot ar nepietiekamu novērojumu perioda ilgumu (konkrētajā gadījumā 8 gadi). Līdz ar to apstiprinās jau iepriekšējos (arī ārvalstu) pētījumos gūto atziņu, ka patiesībā grāvju renovācija ne vienmēr uzlabo audzes ražību. Tā vienīgi nodrošina stabilu audzes ražību, kas šajā pētījumā apstiprinās vairākkārt.

Veicot vienfaktora dispersijas analīzi ar mērķi noskaidrot, vai pastāv būtiskas atšķirības starp pēdējo 5 gadskārtu vidējiem platumiem dažādos attālos no grāvja, secināts, ka nepastāv būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem, kuri atrodas 0-50 metrus no grāvja ( $p=0.819>0.05$ ), bet gadskārtu platumu vidējās vērtības būtiski atšķiras 100 metru attālumā no grāvja ( $p=0.023$ ).

Novērtējot grāvja stāvokļa ietekmi uz pēdējo gadskārtu vidējo platumu, secināts, ka, līdzīgi kā pirmajā uzmērīšanas reizē, grāvja stāvoklis (labs, vidējs vai slikts) būtiski ietekmē gadskārtu platumu ( $p=0.032<0.05$ ) – pasliktinoties grāvja stāvoklim, ievērojami pasliktinās audzes ražība. Gadskārtu platumu vidējās vērtības ir attiecīgi 4.2 mm +/- 0.43 mm parauglaukumos ar labu grāvju stāvokli, 2.9 mm +/- 0.7 mm parauglaukumos ar vidēju grāvju stāvokli un 1.8 mm +/- 0.65 mm pie grāvjiem, kas novērtēti kā slikti. Skaitliski novērojama gadskārtu vidējā platumu palielināšanās laikā starp uzmērījumu reizēm, bet šī atšķirība izrādījās statistiski nebūtiska ( $p$  vērtība 0.134>0.05). Izvērtējot iespējamās reģionālās atšķirības, secināts, ka pēdējo 5 gadskārtu vidējie platumi pa mežsaimniecībām ir: Vidusdaugavas MS – 4.06 mm +/- 0.33 mm un Ziemeļkurzemes MS – 4.76 mm +/- 0.92 mm. Šie

rezultāti joprojām sakrīt ar subjektīvu vizuālu mežaudžu novērtējumu dabā – Ziemeļkurzemes MS mežaudzes joprojām, līdzīgi kā 2009.gadā, izskatījās vitālāk, kā arī grāvju sistēmas uzskatāmas kā veiksmīgāk izveidoti infrastruktūras objekti, respektīvi, grāvju novērtējums Ziemeļkurzemes MS vidēji ir labāks nekā Vidusdaugavas MS. Šis apgalvojums, protams, nebūtu saistāms ar visas konkrētās mežsaimniecības mežsaimniecisko novērtējumu.

#### **6.4. Secinājumi un ieteikumi**

Nevienā no 15 ierīkotajiem objektiem (33 parauglaukumi) grāvju renovācija nav devusi būtisku mežaudžu ražības pieaugumu visā nogabalā kopumā. Līdzīgs secinājums izdarīts jau pirmajā audžu apsekošanas reizē.

Grāvju renovācijas kvalitāte būtiski ietekmē mežaudzes ražību – audzēs, kas lokalizētas meliorācijas sistēmās, kuras novērtētas kā labas, pēdējo 5 gadskārtu vidējais platums ir būtiski lielāks nekā audzēs, kas atrodas pie sliktākā kvalitātē atjaunotiem grāvjiem.

Nevienā no atsevišķajiem objektiem gadskārtu platumu analīze neuzrādīja būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem, kas ierīkoti katrā objektā. Starp dažādiem objektiem gadskārtu platumiem būtiskas atšķirības konstatētas tikai parauglaukumos, kas atrodas 100 metrus no grāvjiem.

Salīdzinot pa mežsaimniecībām, lielākās pēdējo 5 gadskārtu platumu vērtības konstatētas Ziemeļkurzemes mežsaimniecībā, ko, iespējams, var izskaidrot ar kopējo meliorācijas sistēmas un kvalitāti un mežaudžu kvalitāti konkrētajā teritorijā.

Mūsu ievākto datu analīze patlaban liecina, ka meliorācijas sistēmu atjaunošana 8 gadu laikā nav tieši būtiski pozitīvi ietekmējusi mežaudžu ražību. Tomēr šī infrastruktūras uzlabošanas darbība ir nozīmīga gan mežaudžu vitalitātes un ražības pašreizējā līmeņa saglabāšanā, gan arī resursu pieejamības kontekstā. Principā meliorācija ietekmē ne vien mežaudzi un tās ražību, bet arī meža kā ekosistēmas vides pakalpojumu kvalitāti; un šī ietekme sniedzas tālu ārpus mežaudzes robežām, skarot kaimiņu ekosistēmas, piemēram, dabiskās ūdenstece.

## 7. Novēlotu kopšanas ciršu ietekme uz pieaugumu izmaiņām vērtējums (P,E,B,A – kopā 32 objekti)

### Problēmas pamatnostādnes

Augšanas gaitas modificēšana prognozējama kā atbildes reakcija 4 dažādu veidu apstākļu dēļ: Saimnieciskās darbības rezultātā pēc tās veikšanas nekavējoties mainās kokaudzmes meža elementa parametri, piem., koku skaits pēc cirtes, vidējais caurmērs vai vidējais augstums).

Saimnieciskās darbības rezultātā īslaicīgi tiek izmainīta augšanas gaita, taču tālākā augšana seko normālajam trendam (I tips). Tās efekts saglabājas taču tā neatstāj būtisku efektu uz „nogabala produktivitāti”. Piem., agrotehniskā kopšanas rezultātā var sākotnēji palielināties koku augstuma pieaugumi salīdzinājumā ar nekoptu. Līdzīgs efekts parasti ir augsnes gatavošanai, starta mēslošanai (Snowdon, 2001).

Saimnieciskās darbības rezultātā būtiski izmainās „audzes produktivitāte” (II tips), piem., a) veicot mēslošanu ar ilgas iedarbības makroelementiem, piem., fosforu. b) veicot hidrotehnisko meliorāciju, vai c) izmantojot selekcionētu reproduktīvo materiālu. Šāda pasākuma rezultātā augšanas gaita diverģē no „normālās” augšanas gaitas (Snowdon, 2001).

Saimnieciskās darbības rezultātā parādās īstermiņa efekts, kurš zūd tālākajā audzes attīstības gaitā (III tips).

Krājas kopšanas ciršu radītās izmaiņas koku vidējā augstumā un vidējā caurmērā aprēķināmas atkarībā no veiktās cirtes veida (kopšana no apakšas, kopšana no augšas) un kopšanas intensitātes (izcirstā apjoma) mainās audzes taksācijas parametri ( $D_g$ ,  $H_g$ ,  $D_{vald}$ ,  $H_{vald}$ ).

Modeļos var paredzēt ne tikai N un G, bet arī D, H maiņu kopšanas rezultātā un attiecīgi paredzot iespēju „simulēt”:

- 1) Neitrāla atlase, kad kopšanas rezultātā D vidējais un H vidējais saglabājas tāds pats, samazinās G un N.
- 2) Kopšana no apakšas, kad H vidējais un D vidējais pieaug, G un N samazinās.
- 3) Kopšana no augšas, kad H vidējais, D vidējais, G un N samazinās.
- 4) 1) un 2) kombinācija -1) uz pievešanas ceļiem (līdz 20% no platības) un 2) pārējā platībā (ši pieeja gan nav attiecināma uz MSI parauglaukumu datiem)

Kopšanas cirtes veida un intensitātes raksturošanai izmanto sekojošus rādītājus (von Gadow, Hui, 1999):

Kopšanas cirtes intensitāte  $rG = G_{nocirstie} / G_{kopējais}$

Kopšanas tips  $NG_{attiec}$

$$NG_{attiec} = \frac{N_{nocirstie} / N_{kop}}{G_{nocirstie} / G_{kop}}, \quad (7.1.)$$

Ja neitrāla atlase, tad  $NG = 1.0$ ,

Ja kopšana no apakšas, tad  $NG > 1.0$ ,

Ja kopšana no augšanas, tad  $NG < 1.0$

Caurmēru pēc kopšanas cirtes var aprēķināt atbilstoši sekojošai sakarībai (Donis, 2009)

$$D_{g(pēc\ cirtes)} = (40000 * (G_{kop} - G_{kop} * rG) / (3.14159 * (N_{kop} - N_{kop} * rG * NG_{attiec})))^{0.5}, \quad (7.2.)$$

kur,  $D_{g(pēc\ cirtes)}$ , cm – paliekošās audzes daļas vidējais kvadrātiskais caurmērs pēc cirtes.

Savukārt  $H_{g(pēc\ cirtes)} = f(H_{dom})$  vai  $H_{vald(pēc\ cirtes)} = f(H_{dom})$  skat. 1.2.2.nodaļu.

Konceptuāli papildus pieaugums, kas rodas uzlabojoties palikušo koku augšanas apstākļiem pēc kopšanas cirtes augošajiem kokiem aprēķināms pēc sekojošas sakarības (Piennar, Rheney, 1995)

$$H;D = H,D(f(T)) + Zk \cdot (a \cdot (T - T_{kopš}) \cdot \exp(-b \cdot (T - T_{kopš})), \text{ kur} \quad (7.3.)$$

T-Tkopš – laiks kopš darbības veikšanas (T- vecums Tkopš- vecums kopšanas laikā).

H,D – augstums vai caurmērs

f(T) – funkcija, kas apraksta H vai D izmaiņas atkarībā no A,

Zk - fiktīvais mainīgais: 1, ja kopšana veikta, citādi 0.

a un b parametri, kas jāaprēķina, a- un b –norāda ietekmes lielumu un ilgumu, to vērtības atkarīgas no audzes vecuma kopšanas brīdī un kopšanas intensitātes.

Koeficientu vērtības pašreiz nav aprēķinātas, bet tās ir potenciāli iekļaujamas modelī. Pētījuma mērķis noskaidrot pieauguma izmaiņas novēloti koptu kopšanas ciršu gadījumā, t.i., audzes nav intensīvi retinātas jaunaudžu vecumā.

### **Materiāls un metodika**

Projekta ietvaros uzmērītas 32 audzes, kurās 1999-2004. gadā veiktas kopšanas cirtes, no kurām 8 ir priežu audzes, 6 – egļu audzes, 7 - bērzu audzes un 11 – apšu audzes. Audžu saraksts dots 7.1.tabulā.

#### **7.1. tabula**

#### **Novēlotu kopšanas ciršu ietekmes novērtēšanai ierīkoto objektu taksācijas rādītāji**

Nr. p.k.	Objekts	Cirtes gads	MT	I stāvs								II stāvs				
				A	Bon	s10	D cm	H m	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup>	D cm	H m	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup>
1	111-320-2	2002	Gr	21	-2.0	A	12.8	18.4	17	150	1230	9.1	9.1	1	7	480
2	111-320-7	2004	Gr	34	-0.6	A	15.9	22.2	26	280	1260	14.4	15.6	2	14	160
3	111-338-4	2002	Dm	51	-0.5	P	23.5	24.2	30	330	690	13.2	13.7	0	2	15
4	111-339-2	2002	Vr	21	-1.1	A	10.8	16.6	17	138	1770	4.9	8.0	2	9	1230
5	111-380-6	2001	As	50	-0.1	P	21.5	22.7	28	298	770	9.8	9.5	1	7	480
6	111-616-25	2001	Mr	46	1.0	P	15.4	18.4	28	253	1500					
7	401-424-15	2004	As	56	0.3	B	22.1	26.1	23	274	590	14.7	14.9	7	57	455
8	406-272-7	2004	Vr	56	-0.8	B	27.4	29.7	27	360	460	19.3	16.5	3	27	110
9	409-433-4	2003	Dm	43	0.2	E	18.7	19.7	33	341	1200	8.0	9.8	1	8	260
10	410-226-7	2003	Vr	59	-0.5	B	26.7	29.2	23	310	405	17.5	17.1	7	60	430
11	410-227-6	2003	As	54	0.4	B	20.8	25.4	23	259	615	13.6	13.7	6	45	415
12	410-251-9	2004	Vr	44	-0.8	E	21.4	22.8	40	465	1120					
13	601-166-6	2001	Ln	47	1.7	P	17.8	16.6	25	204	1010					
14	601-321-19	2003	Am	45	2.3	P	15.7	14.5	22	162	1160	7.1	7.7	1	3	260
15	601-342-5	2003	Dm	47	-0.4	P	23.0	22.7	31	335	740	10.0	9.9	0	1	25
16	604-323-6	2003	Dm	47	-0.3	E	22.1	22.5	30	342	787	10.8	13.3	1	7	93
17	605-383-3	2001	Vr	36	-1.5	A	20.3	25.5	38	472	1120	9.8	14.7	1	8	140
18	607-107-2	2004	Gr	28	-1.3	A	15.8	21.2	32	341	1660	8.5	13.5	5	36	1340
19	607-118-3	2001	Gr	35	-0.2	A	16.3	21.7	29	307	1400	8.8	11.0	2	11	400
20	607-75-34	2001	Ap	21	-3.4	A	16.2	20.9	22	221	1110	14.2	13.6	2	15	350
21	610-103-4	2003	Vr	50	-1.2	E	25.1	25.8	45	585	910	10.2	17.8	0	1	10
22	610-223-14	2004	As	42	-0.2	B	18.4	24.0	25	275	805	12.4	14.9	6	52	685
23	610-282-7	2003	As	49	-0.2	E	22.8	22.8	29	331	710	10.2	11.8	0	1	25
24	611-147-17	2004	Vr	57	0.1	B	26.2	27.0	20	241	370	12.8	13.6	2	13	165
25	611-147-24	2004	Vr	23	-1.1	A	11.2	17.9	27	247	2800	8.5	10.7	0	3	80
26	611-147-35	2001	Gr	23	-0.2	A	12.2	16.2	23	186	2060	6.1	8.3	1	3	300
27	808-72-27	2002	Vrs	25	-2.9	A	14.2	23.0	29	325	1810	6.6	12.5	1	5	200
28	811-243-32	2003	Vr	23	-1.8	A	14.0	19.4	26	252	1660	7.0	9.9	0	0	20
29	Auce-39-2	2000	Vrs	62	0.0	B	28.2	30.5	30	408	480	18.4	18.9	7	72	300
30	Jelgava-39-3	1999	Ln	67	0.0	P	29.6	28.8	38	499	560					
31	Kalsnava-107-14	1999	Mr	61	1.0	P	24.0	22.9	28	298	620	18.2	13.7	1	5	30
32	Kalsnava-274-16	1999	Dms	63	1.0	E	20.6	21.7	22	251	660	7.5	9.0	1	4	150

## Lauku darbu metodika

Objektā ierīkoti 2-4 parauglaukumi, kuru lielums ir 500 m<sup>2</sup> (R=12,62m). Parauglaukumu skaits atkarīgs no uzņēmīto I stāva koku skaita (objektā jābūt vismaz 100 kokiem). Ja audzē ir treilēšanas ceļi, tad ierīkoti ir pāra skaits parauglaukumu, tā lai nepāra parauglaukumiem parauglaukuma centrs atrastos pa vidu treilēšanas ceļam, bet pāra parauglaukumiem parauglaukuma centrs atrastos pa vidu starp treilēšanas ceļiem.

Visā parauglaukumā uzņēmīti visi koki, kuru krūšaugstuma caurmērs ir lielāks par 6,0 cm, bet koki, kuriem krūšaugstuma caurmērs ir 2,1-6,0cm, uzņēmīti 100 m<sup>2</sup> (R=5,64m) lielā platībā. Uzņēmītajiem kokiem fiksēts:

- attālums (ar 1cm precizitāti) un azimuts (0,5°) no parauglaukuma centra,
- suga,
- krūšaugstuma caurmērs (0,1cm),
- stāvs,
- stāvokļa klase (dzīvs, sausoknis, stumbenis, kritala),
- krafta klase,
- bojājumus – to atrašanās vietu, bojājuma veidu un bojājuma pakāpi atbilstoši meža veselības monitoringa metodikā lietotajiem kodiem (7.2.-7.3. tabulas),
- beigtajiem kokiem sadalīšanās pakāpi (7.4. tabula).

### 7.2.tabula

#### Bojājumu lokalizācija

Kods	Skaidrojums
0	Bojājumu nav
1	Redzamās saknes un celms 30 cm augstumā no augsnes virskārtas
2	Saknes un stumbra apakšējā daļa
3	Stumbra apakšējā daļa (apakšējā stumbra puse starp celmu un dzīvā vainaga sākumu)
4	Stumbra apakšējā un augšējā daļa
5	Stumbra augšējā daļa (augšējā stumbra pusē starp celmu un dzīvā vainaga sākumu)
6	Stumbrs dzīvā vainaga daļā
7	Zari
8	Pumpuri un dzinumi (pēdējais pieaugums)
9	Lapotne

### 7.3. tabula

#### Bojājumu veids

Kods	Skaidrojums
01	Vēzis
02X	Puni, augļkermeni (021) un citi progresējušas sabrukšanas indikatori: mīksta koksne (022), plaisas (023), dobumi (024), valējas brūces, kas saskaras ar zemi (025)
03	Valējas brūces (bez mizas, bet bez redzamām trupes pazīmēm)
04	Sasvekojumi
11	Nolūzis stumbrs vai saknes tuvāk par 1 m no stumbra
12	Vējslotas uz stumbra
13	Nolūzušas vai atmirušas saknes (> 1 m no stumbra)
21	Apikālās dominantes zudums, atmirusi galotne
22	Nolūzuši vai atmiruši zari
23	Pārmērīga zarošanās vai vējslotas
24	Bojāta lapotne, pumpuri vai dzinumi
25	Lapotnes dehromācija
31	Citi

### 7.4. tabula

#### Beigto koku sadalīšanās pakāpes

Kods	Apraksts
1	ar mizu;
2	cieta koksne bez mizas;
3	koksne nedaudz mīksta, tajā var viegli iedurt nazi 1cm dziļumā;
4	koksne mīksta, nazis viegli ieiet 5 cm dziļumā;
5	koksne ļoti mīksta, tā viegli drūp rokās

Parauglaukumā koku augstumi (ar 0,1m precizitāti) uzmērīti vismaz 12-15 I stāva valdošās koku sugas kokiem (dažādas dimensijas; 4-5 lieli, 4-5 vidēji, 4-5 mazi) un pārējiem meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas sugas kokus, kas atrodas vienā mežaudzes stāvā) 5 kokiem. Kokiem, kuriem mērīti augstumi, uzmērīti arī zaļā vainaga sākuma augstumi.

Ar Preslera svārpstu katrā objektā iegūti 48 I stāva valdošās koku sugas koksnes paraugi koku pieaugumu noteikšanai.

### Kamerālo darbu metodika

Audzēs (parauglaukumu) taksācijas rādītāji un audzes papildus pieaugums aprēķināts programmā MS Excel. Koku radiālais pieaugums uzmērīts, izmantojot gadskārtu platumu mērīšanas ierīci LINTAB-IV un datorprogrammu TSAP-Win™ Scientific.

Krājas papildus pieaugums kopšanas ciršu rezultātā novērtēts I stāva valdošajai koku sugai salīdzinot krājas pieaugumu uzmērītajās audzēs ar kontroles audzēm. Kā kontroles audzes izmantotas šajā un citos autora projektos uzmērītās audzes, kurās nav veikta saimnieciskā darbība.

Krājas papildus pieaugumu aprēķina pēc profesora I. Liepas (Liepa, 1996) izstrādātās metodikas:

$$Z_M^{kp} = 1.27324 \psi (GH^\alpha D^{\beta_1} H^{\gamma-1} - G_t H_t^\alpha D_t^{\beta_1} H_t^{\gamma-1}) \quad (7.4)$$

kur  $Z_M^{kp}$  - krājas kumulatīvais papildus pieaugums,  $m^3 ha^{-1}$ ;

$\psi, \alpha, \beta, \gamma$  - koeficienti (7.5. tabula);

t – vērtēšanas intervāls, gadi;

G,  $G_t$  – audzes krūšaugstuma šķērslaukums un tā prognostiskā vērtība intervāla t beigās,  $m^2 ha^{-1}$ :

$$G_t = D G$$

(7.5)

D,  $D_t$  – audzes vidējais krūšaugstuma caurmērs un tā prognostiskā vērtība intervāla t beigās, cm:

$$D_t = D - 0,1 E_p$$

(7.6)

$Z_D^{kp}$  - audzes vidējā caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, mm:

$$Z_D^{kp} = 2u \left( \sum_I^t l_j + \sum_I^{t'} l_j' \right) \quad (7.7)$$

u – mizas biezuma koeficients (7.5. tabula);

$l_j$  – audzes gadskārtu vidējo vērtību rinda, mm. Tā satur t+t' locekļus, kas ir aprēķināti no vērtējamās audzes uzskaites koku urbumu datiem.

t' – retrospekcijas periods, gadi;

$l_j'$  – vērtējamās audzes gadskārtu koriģēto platumu rinda, mm. Korekcijas vienādojums:

$$l_j' = \eta l_{kj}^{kp}$$

(7.8)

$\eta, \rho$  - koeficienti

$l_k$  – kontroles koku gadskārtu platumu vidējās vērtības, mm. *Gadskārtu platumu rindas pakļauj statistiskai pārbaudei. No neatzarotajiem kokiem atlasa tos, kuri ar vērtējamās audzes gadskārtu platumu vidējo vērtību rindu retrospekcijas intervāla laikā uzrāda līdzīgu augšanas gaitu. Divas vērtību rindas uzskata par līdzīgām, ja to svārstības ir paralēlas, t.i., līdzīgi vides apstākļi izsauc*

relatīvi vienādu gadskārtu paplašināšanos vai sašaurināšanos (Liepa, 1996). Par līdzības kritēriju izmanto korelācijas koeficientu  $r$ . Pieņem, ka vērtējamā un pārbaudāmā uzskaites koka augšanas gaita ir līdzīga, ja  $r$ , kas aprēķināts pēc retrospekcijas perioda gadskārtu platumiem, ir statistiski būtisks ( $r > r_{\alpha, t}$ ;  $\alpha = 0,05$ , bet, ja adekvātās kontroles koku ( $k$ ) skaits mazāks par 10, tad būtiskuma līmeni samazina līdz 0,2;  $t = 5-10$ ). No atlasītajiem  $k$  derīgajiem kontroles kokiem sastāda gadskārtu platumu vidējo vērtību rindu. Tālāk pēc vērtējamās audzes un kontroles koku intervāla  $t'$  gadskārtu platumu vidējo vērtību rindām ar mazāko kvadrātu metodi izskaitļo koeficientus  $\eta$  un  $\rho$  un aprēķina visas  $i_j$  vērtības (Liepa, 1996).

$H$ ,  $H_t$  – audzes vidējais augstums un tā prognostiskā vērtība intervāla  $t$  beigās, m:

$$H_t = H - \frac{H}{t} \cdot t$$

(7.9)

$Z_H^{kp}$  - audzes vidējā augstuma kumulatīvais papildus pieaugums, m:

$$Z_H^{kp} = \frac{HZ_D^{kp}(aD + b)}{u(cD + 100)}$$

(7.10)

$a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $u$  – koeficienti (7.5. tabula).

Pēc aprakstītā algoritma tiek aprēķināts krājas kumulatīvais papildus pieaugums ar mizu. Šī rādītāja vērtība bez mizas,  $m^3 ha^{-1}$ :

(7.11)

$s$  – mizas tilpuma koeficients, kas aprēķināms pēc formulas:

(7.12)

kur  $p$ ,  $q$ ,  $w$  – koeficienti (7.5. tabula).

7.5. tabula

#### Koeficientu vērtības krājas kumulatīvā papildus pieauguma aprēķināšanai

Suga	u	a	b	c	$\psi$	$\alpha$	$\beta$	$\phi$	p	q	w
P	1.103	-0.0642	6.356	27.105	0.00016541	0.56582	0.25924	1.59689	20.60	143.9	19.53
E	1.046	-0.0256	1.693	5.794	0.00023106	0.78193	0.34175	1.18811	5.25	117.6	5.00
B	1.095	-0.0728	-1.510	-35.710	0.00009090	0.71677	0.16692	1.75701	0.20	110.2	0.02
M	1.081	0.0050	7.240	90.909	0.00007950	0.77095	0.13505	1.80715	-0.55	119.0	-0.36
A	1.061	-0.0357	2.352	12.829	0.00005020	0.92625	0.02221	1.95538	0.78	109.9	0.67

#### Rezultāti

**Priežu audzes.** Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums piecus gadus pēc kopšanas cirtes ir  $+0,04 \pm 0,09 (\pm SE) cm$  un  $+1,16 \pm 2,82 m^3 ha^{-1}$ , bet astoņus gadus pēc kopšanas cirtes  $+0,05 \pm 0,17 (\pm SE) cm$  un  $+2,03 \pm 5,71 m^3 ha^{-1}$  (7.6. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ( $\alpha = 0,05$ ) neatšķiras no nulles, jo analizētajos objektos ir konstatētas 2 veidu ietekmes, kas viena otru kompensē:

pozitīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes sākumā (1-5 gados) nemainās, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums;

negatīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes sākumā (1-5 gadus) nemainās, bet vēlāk ir novērojams negatīvs caurmēra papildus pieaugums (7.1. attēls).

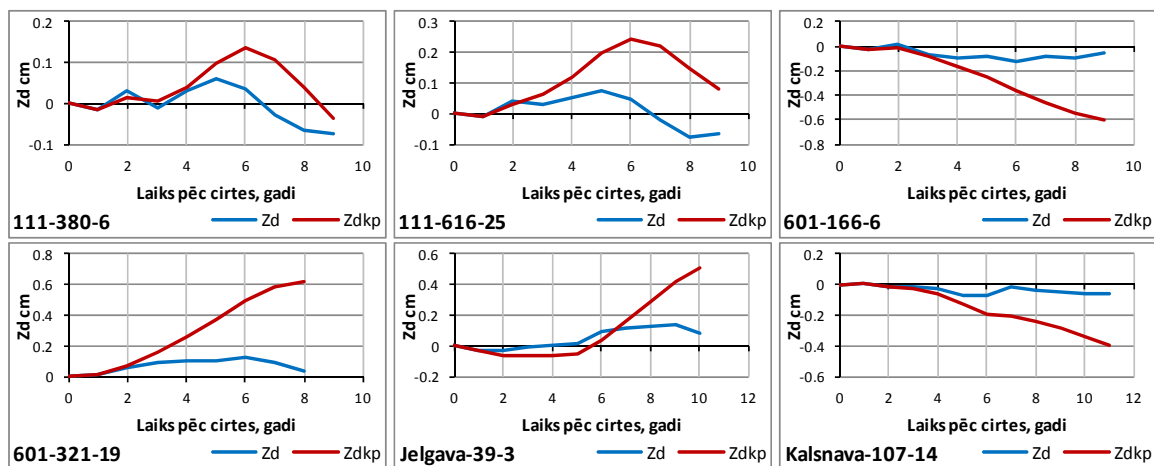
#### 7.6. tabula

#### Priežu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc kopšanas cirtes



Objekts	Rādītājs	Laiks pēc kopšanas cirtes, gadi										Ietekme
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
111-380-6	Zd	-0.01	0.03	-0.01	0.03	0.06	0.04	-0.03	-0.07	-0.08		pozitīva
	Zdkp	-0.01	0.02	0.01	0.04	0.10	0.13	0.11	0.04	-0.03		
	Zmkp	-0.43	0.52	0.21	1.34	3.58	5.14	4.26	1.66	-1.46		
111-616-25	Zd	-0.01	0.04	0.03	0.05	0.08	0.05	-0.02	-0.07	-0.07		pozitīva
	Zdkp	-0.01	0.03	0.07	0.12	0.20	0.24	0.22	0.15	0.08		
	Zmkp	-0.29	1.15	2.39	4.66	8.12	10.54	10.22	7.09	4.03		
601-166-6	Zd	-0.02	0.02	-0.07	-0.09	-0.08	-0.12	-0.09	-0.09	-0.05		negatīva
	Zdkp	-0.02	-0.00	-0.07	-0.17	-0.24	-0.37	-0.45	-0.55	-0.60		
	Zmkp	-0.47	-0.10	-2.06	-4.82	-7.48	-11.75	-15.21	-19.06	-21.74		
601-321-19	Zd	0.02	0.05	0.09	0.10	0.11	0.12	0.09	0.04			pozitīva
	Zdkp	0.02	0.07	0.16	0.27	0.37	0.50	0.58	0.62			
	Zmkp	0.37	1.56	3.64	6.33	9.38	13.14	16.23	18.06			
Jelgava-39-3	Zd	-0.03	-0.03	-0.01	-0.00	0.01	0.10	0.11	0.13	0.14	0.09	pozitīva
	Zdkp	-0.03	-0.06	-0.07	-0.07	-0.06	0.04	0.16	0.29	0.42	0.51	
	Zmkp	-1.19	-2.25	-2.62	-2.71	-2.36	1.84	7.05	13.41	20.46	25.38	
Kalsnava-107-14	Zd	0.00	-0.02	-0.01	-0.03	-0.07	-0.07	-0.02	-0.03	-0.05	-0.05	negatīva
	Zdkp	0.00	-0.01	-0.03	-0.05	-0.12	-0.19	-0.20	-0.24	-0.28	-0.34	
	Zmkp	0.14	-0.47	-0.89	-1.82	-4.31	-6.77	-7.52	-8.95	-10.94	-13.28	
Kopā	Zd	-0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	-0.02	-0.02	0.02	
	Zdkp	-0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.06	0.07	0.05	-0.08	0.09	
	Zmkp	-0.31	0.07	0.11	0.50	1.16	2.02	2.51	2.03	-1.93	6.05	

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zdkp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zmkp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>



7.1. attēls. Priežu audžu ikgadējais caurmēra papildus pieaugums (Zd) un caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zdkp) pēc kopšanas cirtes.

**Eglu audzes.** Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums piecus gadus pēc kopšanas cirtes ir  $+0,14 \pm 0,14 (\pm SE)$  cm un  $+4,45 \pm 6,02 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , bet astoņus gadus pēc kopšanas cirtes  $+0,05 \pm 0,30 (\pm SE)$  cm un  $+0,52 \pm 15,33 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (7.7. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvās papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ( $\alpha=0,05$ ) neatšķiras no nulles, jo analizētajos objektos, līdzīgi kā priežu audzēs, ir konstatētas 2 veidu ietekmes, kas viena otru kompensē:

pozitīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes sākumā (1-5 gadus) nemainās, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums;

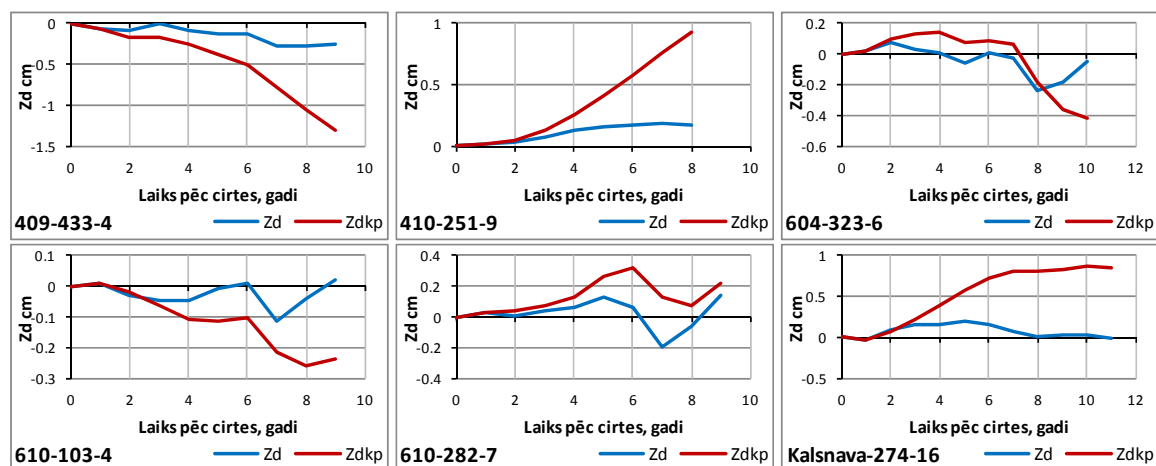
negatīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes sākumā (1-5 gadus) nemainās, bet vēlāk ir novērojams negatīvs caurmēra papildus pieaugums (7.2. attēls).

#### 7.7. tabula

#### Eglu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc kopšanas cirtes

Objekts	Rādītājs	Laiks pēc kopšanas cirtes, gadi										Ietekme	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
409-433-4	Zd	-0.07	-0.09	-0.01	-0.08	-0.13	-0.13	-0.28	-0.27	-0.25			negatīva
	Zdkp	-0.07	-0.16	-0.17	-0.25	-0.38	-0.50	-0.79	-1.06	-1.30			
	Zmkp	-2.50	-6.42	-7.13	-10.78	-17.32	-24.24	-39.40	-54.88	-71.11			
410-251-9	Zd	0.02	0.03	0.07	0.13	0.15	0.17	0.18	0.17				pozitīva
	Zdkp	0.02	0.05	0.12	0.26	0.41	0.58	0.76	0.93				
	Zmkp	0.98	2.56	6.33	13.46	22.39	32.52	43.95	55.54				
604-323-6	Zd	0.02	0.08	0.03	0.00	-0.06	0.01	-0.03	-0.24	-0.18	-0.05		negatīva
	Zdkp	0.02	0.10	0.14	0.14	0.08	0.09	0.06	-0.18	-0.36	-0.41		
	Zmkp	0.73	3.49	4.89	5.21	3.09	3.71	2.61	-7.73	-15.93	-18.73		
610-103-4	Zd	0.01	-0.03	-0.05	-0.04	-0.00	0.01	-0.11	-0.04	0.02			negatīva
	Zdkp	0.01	-0.02	-0.06	-0.11	-0.11	-0.10	-0.22	-0.26	-0.24			
	Zmkp	0.67	-1.04	-3.74	-6.44	-6.90	-6.56	-13.98	-17.07	-16.26			
610-282-7	Zd	0.03	0.01	0.04	0.06	0.13	0.06	-0.19	-0.06	0.15			pozitīva
	Zdkp	0.03	0.04	0.08	0.14	0.26	0.33	0.13	0.08	0.22			
	Zmkp	0.98	1.22	2.58	4.68	9.42	12.01	5.07	2.90	8.78			
Kalsnava-274-	Zd	-0.03	0.09	0.15	0.16	0.20	0.15	0.08	0.00	0.03	0.03		pozitīva
	Zdkp	-0.03	0.07	0.22	0.38	0.58	0.73	0.81	0.81	0.84	0.87		
	Zmkp	-0.60	1.71	5.67	10.19	16.04	20.83	23.74	24.33	25.84	27.61		
Kopā	Zd	-0.00	0.01	0.04	0.04	0.05	0.05	-0.06	-0.07	-0.05	-0.01		
	Zdkp	-0.00	0.01	0.05	0.09	0.14	0.19	0.13	0.05	-0.17	0.23		
	Zmkp	0.04	0.25	1.43	2.72	4.45	6.38	3.66	0.52	-13.74	4.44		

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zdkp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zmkp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>



7.2. attēls. Egļu audžu ikgadējais caurmēra papildus pieaugums (Zd) un caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zdkp) pēc kopšanas cirtes.

**Bērzu audzes.** Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums piecus gadus pēc kopšanas cirtes ir  $-0,22 \pm 0,06 (\pm SE)$  cm un  $-6,13 \pm 1,93 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , bet astoņus gadus pēc kopšanas cirtes  $-0,43 \pm 0,11 (\pm SE)$  cm un  $-13,26 \pm 4,07 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (7.8. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības 40-60 vecās audzēs ir statistiski būtiski ( $\alpha=0,05$ ) mazāks par nulli. Analizētajiem objektiem bērzu audzēs parādās 2 caurmēra pieauguma izmaiņas tendences:

neitrāla - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes nemainās (sākotnēji ir nedaudz negatīvs, bet pēc tam pozitīvs un vēlāk izlīdzinās ar kontroles pieaugumiem);

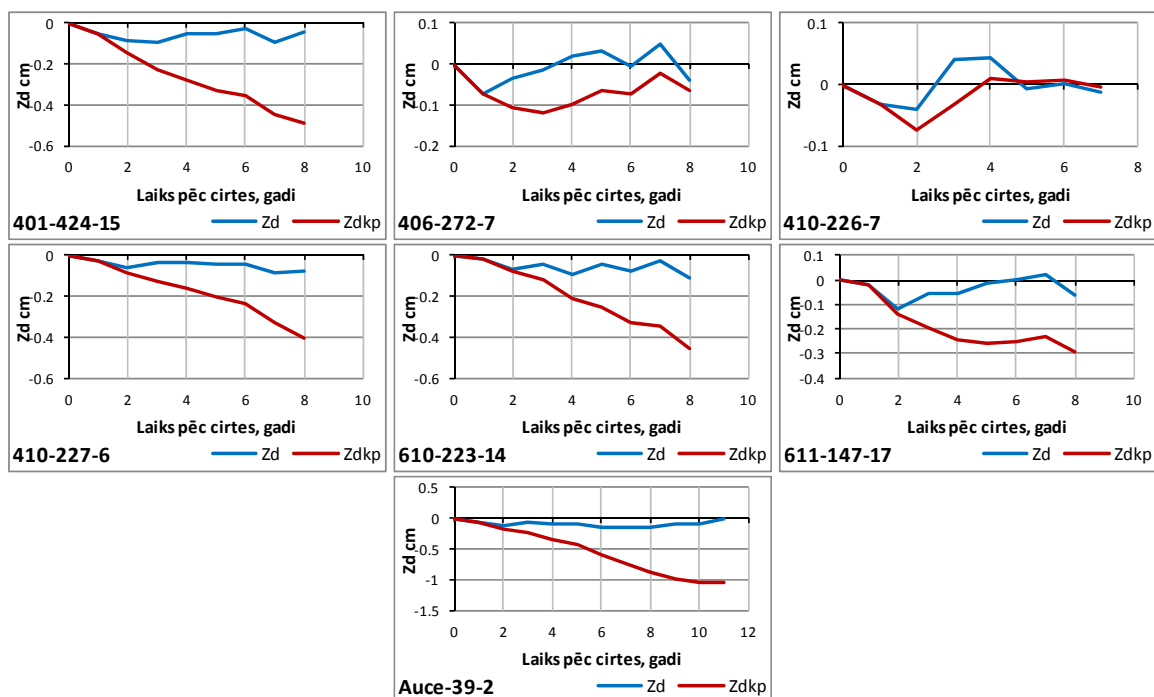
negatīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes samazinās (7.3. attēls).

#### 7.8. tabula

**Bērzu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc kopšanas cirtes**

Objekts	Rādītājs	Laiks pēc kopšanas cirtes, gadi										Ietekme	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
401-424-15	Zd	-0.05	-0.09	-0.09	-0.05	-0.05	-0.03	-0.09	-0.04				negatīva
	Zdkp	-0.05	-0.14	-0.23	-0.28	-0.33	-0.35	-0.45	-0.49				
	Zmkp	-1.07	-3.00	-5.03	-6.31	-7.58	-8.40	-10.88	-12.23				
406-272-7	Zd	-0.07	-0.03	-0.01	0.02	0.03	-0.01	0.05	-0.04				neitrāla
	Zdkp	-0.07	-0.11	-0.12	-0.10	-0.07	-0.07	-0.02	-0.06				
	Zmkp	-2.31	-3.41	-3.91	-3.30	-2.27	-2.56	-0.82	-2.35				
410-226-7	Zd	-0.03	-0.04	0.04	0.04	-0.01	0.00	-0.01					neitrāla
	Zdkp	-0.03	-0.07	-0.03	0.01	0.01	0.01	-0.00					
	Zmkp	-0.82	-1.92	-0.86	0.31	0.15	0.22	-0.10					
410-227-6	Zd	-0.03	-0.06	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.09	-0.08				negatīva
	Zdkp	-0.03	-0.09	-0.12	-0.16	-0.20	-0.24	-0.33	-0.40				
	Zmkp	-0.71	-2.23	-3.29	-4.37	-5.57	-6.84	-9.50	-11.94				
610-223-14	Zd	-0.01	-0.07	-0.04	-0.09	-0.04	-0.08	-0.02	-0.11				negatīva
	Zdkp	-0.01	-0.08	-0.12	-0.21	-0.25	-0.33	-0.35	-0.46				
	Zmkp	-0.29	-1.76	-2.75	-5.09	-6.45	-8.80	-9.81	-13.51				
611-147-17	Zd	-0.02	-0.12	-0.05	-0.05	-0.01	0.00	0.02	-0.06				neitrāla
	Zdkp	-0.02	-0.14	-0.19	-0.25	-0.26	-0.25	-0.23	-0.29				
	Zmkp	-0.47	-3.17	-4.43	-5.80	-6.29	-6.34	-5.87	-7.71				
Auce-39-2	Zd	-0.06	-0.11	-0.06	-0.10	-0.10	-0.15	-0.15	-0.14	-0.09	-0.08		negatīva
	Zdkp	-0.06	-0.17	-0.24	-0.34	-0.44	-0.59	-0.74	-0.88	-0.98	-1.05		
	Zmkp	-1.85	-5.50	-7.74	-11.23	-14.89	-20.49	-26.31	-31.84	-36.03	-39.78		
Kopā	Zd	-0.04	-0.07	-0.04	-0.04	-0.03	-0.04	-0.04	-0.08	-0.09	-0.08		
	Zdkp	-0.04	-0.11	-0.15	-0.19	-0.22	-0.26	-0.30	-0.43	-0.98	-1.05		
	Zmkp	-1.07	-3.00	-4.00	-5.11	-6.13	-7.60	-9.04	-13.26	-36.03	-39.78		

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zdkp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zmkp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>



7.3. attēls. Bērzu audžu ikgadējais caurmēra papildus pieaugums (Zd) un caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zdkp) pēc kopšanas cirtes.

**Apšu audzes.** Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums piecus gadus pēc kopšanas cirtes ir  $+0,60 \pm 0,29 (\pm SE)$  cm un  $+14,06 \pm 8,65 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , bet astoņus gadus pēc kopšanas cirtes  $+0,44 \pm 0,36 (\pm SE)$  cm un  $+13,21 \pm 16,14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (7.9. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvās papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ( $\alpha=0,05$ ) neatšķiras no nulles, jo analizētajos objektos caurmēra pieaugums var būt:

pozitīvs - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes sākumā (1-5 gados) nemainās, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums;

neitrāla - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes nemainās (sākotnēji ir nedaudz negatīvs, bet pēc tam pozitīvs un vēlāk izlīdzinās ar kontroles pieaugumiem);

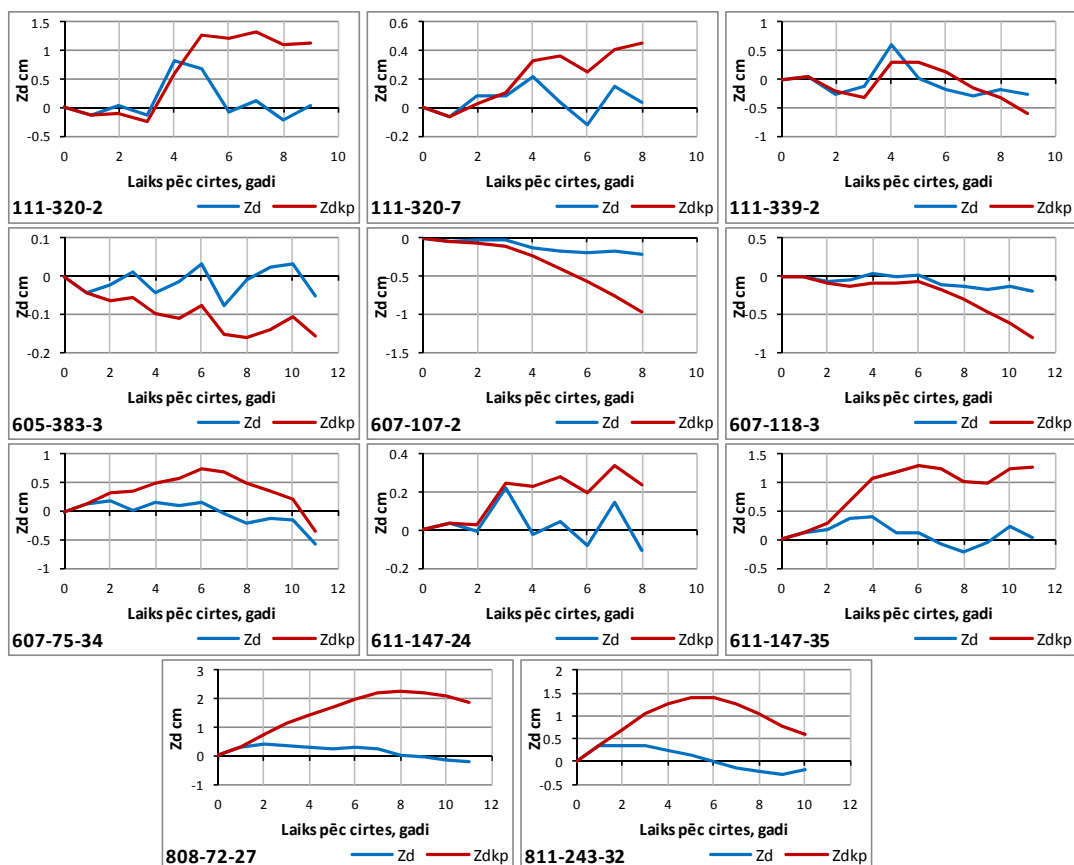
negatīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes samazinās (7.4. attēls).

7.9. tabula

## Apšu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc kopšanas cirtes

Objekts	Rādītājs	Laiks pēc kopšanas cirtes, gadi										Ietekme	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
111-320-2	Zd	-0.13	0.03	-0.13	0.84	0.69	-0.07	0.12	-0.23	0.04			pozitīva
	Zdkp	-0.13	-0.11	-0.24	0.60	1.29	1.21	1.33	1.11	1.15			
	Zmkp	-1.21	-1.08	-2.72	8.32	20.57	22.09	27.14	24.80	28.16			
111-320-7	Zd	-0.06	0.09	0.08	0.22	0.04	-0.11	0.16	0.04			pozitīva	
	Zdkp	-0.06	0.03	0.11	0.33	0.37	0.25	0.41	0.45				
	Zmkp	-1.77	0.76	3.53	11.25	13.66	9.98	16.55	18.64				
111-339-2	Zd	0.05	-0.25	-0.13	0.62	0.02	-0.17	-0.29	-0.18	-0.26		neitrāla	
	Zdkp	0.05	-0.20	-0.33	0.29	0.31	0.14	-0.15	-0.33	-0.59			
	Zmkp	0.63	-2.82	-5.10	5.36	6.67	3.35	-4.03	-9.61	-19.18			
605-383-3	Zd	-0.04	-0.02	0.01	-0.04	-0.01	0.03	-0.08	-0.01	0.02	0.03	neitrāla	
	Zdkp	-0.04	-0.06	-0.05	-0.10	-0.11	-0.08	-0.15	-0.16	-0.14	-0.11		
	Zmkp	-1.71	-2.63	-2.32	-4.26	-5.01	-3.61	-7.53	-8.41	-7.53	-6.00		
607-107-2	Zd	-0.04	-0.03	-0.02	-0.13	-0.16	-0.19	-0.18	-0.21			negatīva	
	Zdkp	-0.04	-0.07	-0.10	-0.23	-0.39	-0.58	-0.75	-0.97				
	Zmkp	-1.97	-3.47	-4.75	-11.90	-21.54	-33.25	-45.32	-60.51				
607-118-3	Zd	-0.01	-0.07	-0.04	0.03	0.00	0.03	-0.10	-0.13	-0.18	-0.14	negatīva	
	Zdkp	-0.01	-0.08	-0.12	-0.09	-0.09	-0.06	-0.17	-0.29	-0.47	-0.61		
	Zmkp	-0.42	-2.66	-4.36	-3.47	-3.42	-2.59	-7.01	-13.02	-22.13	-30.16		
607-75-34	Zd	0.13	0.19	0.03	0.15	0.10	0.15	-0.04	-0.22	-0.13	-0.14	pozitīva	
	Zdkp	0.13	0.32	0.34	0.49	0.59	0.74	0.70	0.48	0.36	0.21		
	Zmkp	1.68	4.72	5.68	8.79	11.27	15.91	16.40	12.45	10.02	6.59		
611-147-24	Zd	0.04	-0.01	0.22	-0.02	0.05	-0.08	0.14	-0.10			neitrāla	
	Zdkp	0.04	0.03	0.25	0.23	0.28	0.20	0.34	0.24				
	Zmkp	1.12	1.03	9.35	9.55	12.63	9.58	18.00	13.42				
611-147-35	Zd	0.12	0.17	0.38	0.39	0.12	0.13	-0.07	-0.21	-0.04	0.24	pozitīva	
	Zdkp	0.12	0.29	0.67	1.07	1.19	1.32	1.25	1.03	1.00	1.24		
	Zmkp	1.74	4.81	12.43	21.58	25.11	30.10	30.65	27.79	29.04	38.28		
808-72-27	Zd	0.31	0.44	0.38	0.30	0.26	0.28	0.24	0.05	-0.02	-0.15	pozitīva	
	Zdkp	0.31	0.75	1.13	1.44	1.70	1.97	2.21	2.26	2.24	2.09		
	Zmkp	6.25	17.47	30.15	42.40	54.54	70.91	88.03	99.20	106.26	105.15		
811-243-32	Zd	0.35	0.34	0.35	0.24	0.15	-0.01	-0.14	-0.21	-0.29	-0.18	pozitīva	
	Zdkp	0.35	0.69	1.04	1.27	1.42	1.41	1.27	1.05	0.76	0.58		
	Zmkp	6.14	14.23	24.15	32.33	40.21	44.52	44.98	40.57	31.57	25.64		
Kopā	Zd	0.06	0.08	0.10	0.24	0.11	-0.00	-0.02	-0.13	-0.11	-0.06		
	Zdkp	0.06	0.14	0.25	0.48	0.60	0.59	0.57	0.44	0.54	0.57		
	Zmkp	0.95	2.76	6.00	10.90	14.06	15.18	16.17	13.21	19.53	23.25		

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zdkp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zmkp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>



7.4. attēls. Apšu audžu ikgadējais caurmēra papildus pieaugums (Zd) un caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zdkp) pēc kopšanas ciršanas.

Līdzšinējais datu apjoms uzrāda tendences, ka vecākās audzēs kopšanas cirtei nav vai ir negatīva ietekme uz koku radiālo papildus pieaugumu, bet jaunākās audzēs šī ietekme ir pozitīva, kopšanas ciršu papildus pieauguma efekts ir īslaicīgs.

Lai precīzāk un statistiski korekti raksturotu novēlotu kopšanas ciršu ietekmi uz kokaudzes augšanas gaitu atkarībā no audzes taksācijas rādītājiem un/vai taksācijas rādītāju izmaiņām kopšanas cirtes rezultātā, kā arī lai izstrādātu vienādojumus taksācijas rādītāju izmaiņu aprēķināšanai pēc kopšanas cirtes, nepieciešams lielāks datu apjoms.

## 8. Dabisko traucējumu ietekmes uz augšanas gaitu novērtējums (P,E pieaugumu izmaiņas pēc vējgāzes vai ugunsgrēka 24 objekti).

### 8.1. Vējgāzes ietekmes uz augšanas gaitu novērtējums

#### Materiāls un metodika

Kurzemes reģionā MAF projekta „Ekstrēmu vēju ātrumu ietekmes uz kokaudzes noturību novērtējums, lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas izstrāde” 2005. gadā apsekotajos 1 km<sup>2</sup> lielajos kvadrātos tika izvēlētas egļu audzes, kurās vecums ir 40-60 gadi un 2005. gadā bija konstatēti grupveida vējgāzes bojājumi.

Kopā uzmērītas 9 egļu audzes (8.1. tabula).

#### 8.1. tabula

#### Vējgāzes ietekmes novērtēšanai ierīkoto parauglaukumu taksācijas rādītāji

Nr. p.k.	Objekts	PL	MT	I stāvs									II stāvs					
				A	Bon	Biez	Sastāvs	D cm	H m	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup>	Sastāvs	D cm	H m	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup>
1	7206-192-17	vejg	Dms	38	-0.3	1.0	9E1A+Ba	17.6	19.0	31	308	1300	6E4M+B;Ba	8.0	9.9	3	21	920
		kontrl	Dms	38	0.1	0.9	10E+A	17.5	18.1	28	266	1280	6E2Ba2M+B	8.1	11.8	3	23	740
2	7206-199-15	vejg	Ks	38	0.3	0.8	10E	19.5	17.6	24	210	800	10E	9.5	10.4	2	11	240
		kontrl	Ks	38	0.7	0.8	10E	17.7	16.6	23	197	940	10E	6.9	8.4	1	8	360
3	7206-200-8	vejg	Vr	40	-0.3	0.7	10E+B	19.7	19.9	24	244	780	9E1B1	8.4	9.9	1	10	260
		kontrl	Vr	40	-0.7	1.2	10E	20.3	20.8	39	418	1220	6E4L	9.1	11.3	1	8	160
4	8102-310-2	vejg	Vr	37	-0.2	0.8	10E	21.6	18.3	26	226	700	5Ba5E	4.9	9.8	2	10	620
		kontrl	Vr	37	-0.3	0.9	10E	21.2	18.6	28	253	780	7E3Ba	8.4	9.4	1	7	200
5	8102-310-21	vejg	Vr	38	0.9	0.6	10E	18.0	16.1	17	141	680	10E	7.0	9.4	1	9	380
		kontrl	Vr	38	0.8	0.8	10E+Oz	17.4	16.3	25	207	1040	10E	9.2	9.2	1	4	100
6	8102-310-4	vejg	Vr	50	1.1	1.0	10E	19.9	19.3	32	310	1040	10E	8.6	11.0	2	16	380
		kontrl	Vr	50	1.4	1.2	10E+Ba	17.1	18.4	37	357	1620	10E	7.5	9.0	3	19	660
7	8205-308-17	vejg	Dm	43	-0.5	1.0	10E+B	23.1	21.6	36	380	860	9E1B	12.1	13.2	2	14	180
		kontrl	Dm	43	-0.1	1.0	10E	20.5	20.3	35	366	1060	10E	9.3	9.5	4	25	620
8	8205-311-26	vejg	Vr	36	-0.4	0.7	10E+B	23.2	18.6	23	201	560	7E3B	9.0	11.0	0	2	60
		kontrl	Vr	36	-1.3	1.3	10E	23.6	20.6	43	425	980	10E	9.1	12.7	1	11	200
9	8306-343-2	vejg	Ks	45	0.0	0.9	8E1B1B1	21.4	20.9	29	302	860	10E	8.7	6.5	0	0	20
		kontrl	Ks	45	-0.8	1.3	10E	21.1	23.0	45	538	1300	10E	7.2	9.2	0	1	20

#### Lauku darbu metodika

Objektā ierīko 2 parauglaukumus, kuru lielums ir 500 m<sup>2</sup> (R=12,62m), vienu parauglaukumu ierīko audzes bojātajā daļā, bet otru audzes relatīvi (nav redzami tieši vējgāzes bojājumi (lauzti, gāzti koki)) nebojātajā daļā. Abi parauglaukumi ierīkoti līdzīgos augšanas apstākļos (meža tips, audzes iespējamā biežība pirms 2005. gada vētras, audzes augstums, audzes caurmērs utt.).

Parauglaukumā uzmērīti visi koki, kuru krūšaugstuma caurmērs ir lielāks par 6,0 cm, bet koki, kuriem krūšaugstuma caurmērs ir 2,1-6,0cm, uzmērīti 50 m<sup>2</sup> (R=3.99m) lielā platībā. Uzmērīti koki, kuri pēc vizuālā novērtējuma ir bijuši dzīvi pirms 2005. gada vētras un tiem fiksēts:

- suga,
- krūšaugstuma caurmērs (0,1cm),
- stāvs un krafta klase,
- stāvokļa klase (dzīvs, sausoknis, stumbeņis, kritala),
- bojājumus – to atrašanās vietu, bojājuma veidu un bojājuma pakāpi atbilstoši meža veselības monitoringa metodikā lietotajiem kodiem (7.1. un 7.2. tabulas),
- beigtajiem kokiem sadalīšanās pakāpi (7.3. tabula).

Parauglaukumā koku augstumi (ar 0,1m precizitāti) uzmērīti vismaz 12-15 I stāva valdošās koku sugas koki (dažādas dimensijas; 4-5 lieli, 4-5 vidēji, 4-5 mazi) un pārējiem meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas sugas kokus, kas atrodas vienā mežaudzes stāvā) 5 kokiem.

Ar Preslera svārpstu katrā parauglaukumā dažādas dimensijas valdošās koku sugas (egles) kokiem iegūti 24 koksnes paraugi radiālā pieaugumu noteikšanai.



## Kamerālo darbu metodika

Audzes (parauglaukumu) taksācijas rādītāji un audzes papildus pieaugums aprēķināts programmā MS Excel. Koku radiālais pieaugums uzmērīts, izmantojot gadskārtu platumu mērīšanas ierīci LINTAB-IV un datorprogrammu TSAP-Win™ Scientific.

Krājas papildus pieaugums aprēķināts I stāva eglēm katrā audzē salīdzinot audzes vējgāzes bojāto daļu ar audzes relatīvi vējgāzes nebojāto daļu (nav vizuālu vējgāzes bojājumu).

Krājas papildus pieaugumu pēc 2005. gada vējgāzes aprēķina pēc profesora I. Liepas (Liepa, 1996) izstrādātās metodikas (7.4. vienādojums).

## Rezultāti

Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums piecus gadus pēc vējgāzes ir  $+0,23 \pm 0,12 (\pm SE) \text{ cm}$  un  $+6,21 \pm 3,14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , bet deviņus gadus pēc vējgāzes  $+0,58 \pm 0,26 (\pm SE) \text{ cm}$  un  $+18,37 \pm 7,85 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Negatīvs krājas kumulatīvais papildus pieaugums 9 gadus pēc vējgāzes ir tikai divām audzēm, no kurām vienai (7206-199-15) pēc vējgāzes ir veikta kopšanas cirte. Visos objektos palikušo egļu krājas papildus pieaugums ir mazāks nekā 2005. gadā vējgāzes ietekmes rezultātā atmirušo koku krāja. Savukārt negatīvs caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums 9 gadus pēc vējgāzes ir tikai vienā objektā un tajā pašā, kurā pēc vējgāzes veikta kopšanas cirte (8.2. tabula).

### 8.2. tabula

#### Egļu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc 2005. gada vējgāzes

Objekts	Rādītājs	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Matm $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
7206-192-17	Zd	-0.06	-0.03	-0.02	0.04	0.03	-0.01	0.03	0.07	-0.04	
	Zdkp	-0.06	-0.09	-0.12	-0.08	-0.05	-0.06	-0.02	0.05	0.01	
	Zmkp	-1.85	-3.03	-3.98	-2.96	-1.88	-2.22	-0.89	2.31	0.54	60.91
7206-199-15	Zd	0.01	-0.08	-0.10	-0.08	-0.06	-0.13	-0.09	-0.06	-0.11	
	Zdkp	0.01	-0.07	-0.16	-0.25	-0.30	-0.43	-0.52	-0.58	-0.69	
	Zmkp	0.22	-1.68	-4.19	-6.57	-8.52	-12.46	-15.71	-18.11	-22.26	20.03
7206-200-8	Zd	0.05	0.05	0.09	0.19	0.22	0.23	0.23	0.25	0.17	
	Zdkp	0.05	0.10	0.20	0.38	0.60	0.82	1.06	1.31	1.48	
	Zmkp	1.08	2.38	4.76	9.74	16.06	23.11	31.11	40.79	47.94	97.71
8102-310-2	Zd	0.07	0.14	0.11	0.22	0.18	0.13	0.19	0.20	0.14	
	Zdkp	0.07	0.21	0.32	0.54	0.72	0.85	1.04	1.25	1.39	
	Zmkp	1.50	4.42	7.09	12.49	17.47	21.66	27.66	34.78	39.97	49.97
8102-310-21	Zd	-0.04	-0.01	-0.03	-0.01	-0.03	0.02	0.02	0.01	-0.03	
	Zdkp	-0.04	-0.05	-0.08	-0.10	-0.13	-0.11	-0.09	-0.08	-0.11	
	Zmkp	-0.62	-0.81	-1.37	-1.65	-2.34	-2.09	-1.76	-1.70	-2.52	38.94
8102-310-4	Zd	-0.01	0.06	0.13	0.10	0.15	0.12	0.09	0.07	0.08	
	Zdkp	-0.01	0.06	0.18	0.28	0.43	0.55	0.65	0.72	0.79	
	Zmkp	-0.22	1.91	6.43	10.35	16.41	21.80	26.54	30.78	35.17	100.75
8205-308-17	Zd	-0.07	-0.02	0.05	0.10	0.06	0.06	0.00	-0.04	0.01	
	Zdkp	-0.07	-0.09	-0.04	0.06	0.12	0.18	0.18	0.14	0.15	
	Zmkp	-2.23	-3.11	-1.45	2.26	4.75	7.34	7.75	6.28	6.97	49.40
8205-311-26	Zd	0.03	0.12	0.05	0.16	0.20	0.23	0.20	0.25	0.12	
	Zdkp	0.03	0.15	0.20	0.36	0.56	0.79	0.99	1.24	1.36	
	Zmkp	0.44	2.17	3.16	6.16	10.44	15.57	21.00	28.31	32.47	65.78
8306-343-2	Zd	-0.05	-0.03	0.06	0.07	0.07	0.11	0.23	0.25	0.12	
	Zdkp	-0.05	-0.08	-0.02	0.05	0.12	0.23	0.45	0.71	0.82	
	Zmkp	-1.26	-2.09	-0.61	1.46	3.51	6.75	13.87	22.45	27.08	157.70
Kopā	Zd	-0.01	0.02	0.04	0.09	0.09	0.08	0.10	0.11	0.05	
	Zdkp	-0.01	0.01	0.05	0.14	0.23	0.31	0.42	0.53	0.58	
	Zmkp	-0.33	0.02	1.09	3.48	6.21	8.83	12.18	16.21	18.37	71.24

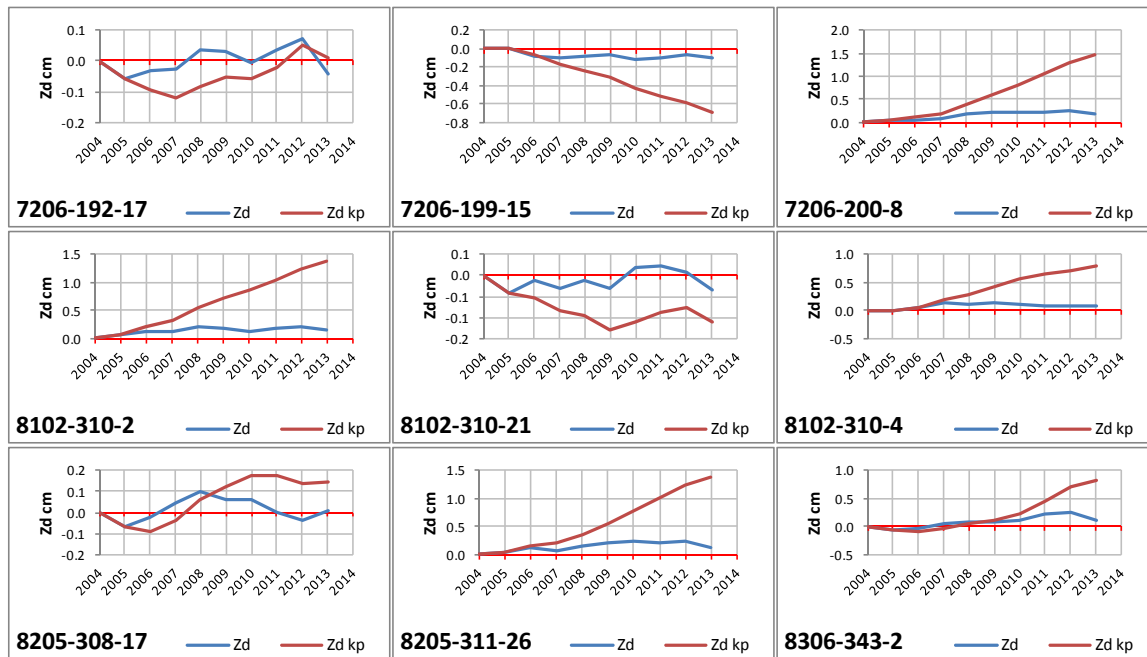
Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zdkp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm;  
Zmkp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$



Tā kā uzmērīti ir radiālā pieaugumi, bet augstuma pieaugumi ir aprēķināti balstoties uz radiālo pieaugumu, vējgāzes ietekmes izvērtēšanai objektīvāks rādītājs ir caurmēra pieaugums nevis krājas pieaugums.

Caurmēra pieaugumam ir novērojamas 3 tendences:

- caurmēra pieaugums pēc vētras sākumā (1-5 gados) nemainās, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums;
- caurmēra pieaugums pēc vētras sākumā (1-5 gadus) ir negatīvs, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums,
- caurmēra pieaugums pēc vētras sākumā (1-5 gadus) ir negatīvs, bet vēlāk tas ir tāds pats kā kontroles daļā (8.1. attēls).



8.1. attēls. Egļu audžu ikgadējais caurmēra papildus pieaugums (Zd) un caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) pēc 2005. gada vējgāzes.

Lai precīzāk un statistiski korekti raksturotu vējgāzes ietekmi uz kokaudzes augšanas gaitu atkarībā no audzes taksācijas rādītājiem un/vai vējgāzes radīto postījumu intensitātes nepieciešams lielāks datu apjoms.

## 8.2. Ugunsgrēku ietekmes uz augšanas gaitu novērtējums

### Materiāls un metodika

Ugunsgrēku ietekmes novērtēšanai 2013. gadā uzmērītas 15 audzes, kā arī izmantoti dati no iepriekšējos gados uzmērītajām 18 audzēm (8.3. un 8.4. tabula).

### 8.3. tabula

#### Ugunsgrēku ietekmes novērtēšanai 2013. gadā uzmērīto objektu taksācijas rādītāji

Nr. p.k.	Objekts	MT	I stāvs									II stāvs							
			A	Bon	Biez	Sastāvs	D cm	H m	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup>	Sastāvs	D cm	H m	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup>		
1	408-184-6_1	Mr	102	1.3	1.0	10P+B	34.0	28.0	35.5	445.2	387								
2	408-184-6_2	Mr	102	2.1	0.5	10P	35.1	24.9	17.5	196.6	180								
3	408-184-8;9	Ln	102	0.5	0.9	6P4B	42.4	31.2	32.5	435.4	240	10B	21.6	19.8	0.2	1.7	5		
4	408-188-4	Ln	106	1.9	0.6	10P	36.1	25.9	23.0	268.1	225								
5	408-421-9	Mr	59	1.4	0.6	10P+B	24.2	20.6	21.7	207.8	470	10P	15.4	14.0	0.6	3.9	30		
6	408-521-13	Mr	31	0.8	0.7	10P	15.6	13.5	21.9	148.8	1140								
7	408-521-14	Mrs	32	2.2	0.5	10P	13.5	10.7	14.0	79.9	980	10P	8.6	6.4	0.1	0.5	20		
8	506-9-18	Dm	77	0.4	1.0	9P1B+E	29.0	27.5	35.3	440.6	540	10E	20.9	18.7	2.7	25.7	80		
9	506-9-3_1	Mr	40	2.9	0.4	10P	14.6	11.6	12.1	74.1	720								
10	506-9-3_2	Nd	32	1.0	0.6	10P	16.6	13.6	18.7	128.4	860								
11	507-285-11	Nd	58	2.2	0.7	10P	17.5	18.0	22.6	196.4	940								
12	507-285-21	Nd	143	4.0	0.2	10P	28.9	20.3	7.2	67.4	110								
13	Mezole-1	Ln	77	1.4	1.2	10P	25.4	24.2	41.6	461.4	820	10E	15.0	13.3	0.7	4.9	40		
14	Mezole-2	Mrs	75	2.6	0.8	10P	19.8	19.8	26.6	248.1	860								
15	Mezole-4	Ln	84	1.8	0.6	10P	26.6	23.7	23.3	252.8	420								

### 8.4. tabula

#### Ugunsgrēku ietekmes novērtēšanai iepriekšējos gados uzmērīto objektu taksācijas rādītāji

Nr. p.k.	Objekts	MT	I stāvs									II stāvs							
			A	Bon	Biez	Sastāvs	D cm	H m	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup>	Sastāvs	D cm	H m	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup>		
1	408-521-15	Dm	45	0.9	0.5	10P atsE	23.2	18.3	18.1	156.3	430	10E	9.6	10.6	0.1	0.5	10		
2	401-239-2	Mr	59	1.4	0.9	10P+B	19.5	20.7	31.1	304.7	1060								
3	401-239-6	Ln	121	2.5	0.5	10P	28.0	25.0	17.9	203.3	290								
4	401-239-8	Ln	124	2.3	0.7	10P	31.2	26.2	26.0	308.7	340								
5	408-521-23	Mr	50	0.9	0.8	10P atsE	21.0	19.9	27.6	258.8	800	10E	10.4	10.5	0.1	0.5	10		
6	408-94-32	Kv	109	3.2	1.0	10P	26.7	21.3	34.1	334.8	610	8B2P	10.7	12.9	0.6	3.7	60		
7	408-94-34	Mrs	57	2.0	0.8	10P	17.6	18.3	28.2	251.0	1160	10P	8.2	8.9	0.1	0.6	20		
8	408-97-2	Kv	98	3.6	1.0	10P	23.8	18.8	33.5	294.6	750	10P	9.6	11.0	0.2	1.3	30		
9	408-97-4	Mrs	50	1.1	0.9	10P	20.8	19.2	30.3	277.7	890	10P	7.6	12.0	0.0	0.3	10		
10	609-174-3	Dm	48	0.5	0.8	10P atsB	20.2	20.3	28.1	270.7	900								
11	609-174-5	Am	78	1.5	0.9	10P	26.6	24.1	32.1	355.4	580	10E	11.3	9.6	0.4	2.7	40		
12	610-175-11P	Am	65	1.2	1.0	10P	21.2	22.5	34.0	358.3	960								
13	710-166-11	Ln	68	1.2	0.8	10P atsE	26.2	23.1	29.1	308.2	540	10E	14.5	13.4	0.4	2.8	27		
14	710-166-12	Mr	43	1.6	0.4	10P	19.1	15.7	14.3	109.7	500								
15	710-166-7	Mr	90	2.1	0.6	10P atsE,B	31.6	23.7	20.6	223.6	264	10E	18.1	14.2	0.4	3.0	16		
16	710-167-6	As	70	1.3	0.8	10P atsE,B	27.1	23.2	29.9	321.5	520								
17	710-167-7	Sl	52	2.4	0.6	10P	20.0	16.0	19.5	151.6	620	8E2P	8.6	8.1	0.1	0.5	16		
18	710-167-8	Mr	69	2.6	0.7	9P1E atsB	21.9	18.7	22.2	197.5	592	10E	7.8	8.0	0.5	2.7	96		

### Lauka darbu metodika

Izvēlētajās audzēs atkarībā no to lieluma, kā arī koku biezuma (skaita uz laukuma vienības) ierīko vienu vai vairākus 500 m<sup>2</sup> lielus apļveida parauglaukumus tā, lai audzē aprakstītu vismaz 50-100 koku. Parauglaukumu centrus nosaka subjektīvi, izvēloties iespējami vienvērtīgus degšanas apstākļus un tā, lai parauglaukums pilnībā būtu degumā.

Visā parauglaukumā 12.62 m rādiusā (500m<sup>2</sup>) uzmēra visus kokus, kuru caurmērs krūšaugstumā pārsniedz 6,1 cm, kokus ar caurmēru no 2.1-6.0 cm uzmēra 5.64 m lielā rādiusā (100m<sup>2</sup>) (Donis, 2010).

Katram kokam nosaka horizontālo attālumu no parauglaukuma centra ar 0.1 m precizitāti un virzienu (azimutu no centra) ar 1° precizitāti. (Donis, 2010).

Katrā parauglaukumā visiem kokiem nosaka zemāk minētos raksturlielumus.

Katram kokam nosaka **stāvokļa klasi**:

izdzīvojis - kokam saglabājušās vismaz daļa dzīvu (zaļu) skuju un miza (dzīva lūksne un kambijs);

sausoknis - nokaltis koks, kuram nav zaļu skuju, vai pilnībā pa perimetru „nolobīta” miza. Kokam saglabājušies otrās pakāpes sānzari;

stumbenis - kokam saglabājušies tikai 1. pakāpes sānzari vai to nav vispār, koks nolauzts zem vainaga;

kritala - koks izgāzts, guļošs vai guļoša nolauzta koka daļa (Donis, 2010).

Kokus izdala pa **stāviem**:

1. stāvs – koks pieder koku kopai, kuras augstumu atšķirības no mežaudzes koku vidējā augstuma nepārsniedz 20 %;
2. stāvs – koks pieder 2. stāvam, ja to kopas koku vidējais augstums nav mazāks par vienu ceturtdaļu no mežaudzes pirmā stāva koku vidējā augstuma, kā arī to vidējais augstums nav mazāks par sešiem metriem (Donis, 2010).

**Diametru** mēra 1.3 m augstumā virs sakņu kakla ar precizitāti 0.1 cm visiem dzīvajiem kokiem, sausokņiem un stubņiem, bet izgāztajiem un guļošajiem kokiem to mēra 1.3 m attālumā no sakņu kakla.

**Augstumu** katrā objektā mēra 1. stāva 20 dažādu dimensiju priedēm ar 0.5 m precizitāti. Pārējiem meža elementiem - 9 kokiem, vai visiem, ja to skaits mazāks par 9.

Koku bojājuma pakāpes mērījumi katram kokam iegūti no pirmajā reizē ievāktajiem datiem, kur katram koka stubram parauglaukumā noteikts **maksimālais** un **minimālais apdeguma augstums** ar precizitāti 2 dm par robežu starp degušo un nedegušo uzskatot vietu, kur 25 % no perimetra sektora vairāk nekā 50 % ir apdedzis, apogļojies; kokiem vizuāli ar 25 % precizitāti novērtēts **augšnes stāvoklis** 1m rādiusā ap koku:

- platība, kurā nodegusi zemsedze, %;
- platība, kurā atsegtas saknes, %;
- platība, kurā degušas saknes vai zem saknēm, % (Donis, 2010).

#### Koku urbšana pieauguma noteikšanai

Katrā objektā ar pieauguma svārstiem izurbj 30 kokus, kas izvēlēti proporcionāli pa parauglaukumiem objektā. Urbj kokus, kuri atrodas tuvāk parauglaukuma centram. Lai koki tiktu izurbti pret dažādām debess pusēm, urbšanas virzienu izvēlas pret parauglaukuma centru.

Katram objektam kontroles kokus urbj tā paša nogabala nedegušajā daļā, vai netālu esošā līdzīgā (pēc taksācijas rādītājiem) nogabalā. Ja tuvumā nav atrasta piemērota kontroles audze, par kontroles audzēm izmantotas šajā un citos projektos uzmērītās piemērotas audzes, kurās nav veikta saimnieciskā darbības pēdējos 20 gados. Katrā kontroles audzē pēc kārtas no dažādām debess pusēm urbj 40 kokus (priedes). Kā kontroles kokus izvēlas kokus, kas aug vismaz 30 m no deguma un nogabala malas.

Lai noteiktu koku vecumu, gan vērtējamās, gan kontroles audzes kokus urbj līdz serdei.

#### Kamerālo darbu metodika

Audzēs (parauglaukumu) taksācijas rādītāji un audzes papildus pieaugums aprēķināts programmā MS Excel. Koku radiālais pieaugums uzmērīts, izmantojot gadskārtu platumu mērīšanas ierīci LINTAB-IV un datorprogrammu TSAP-Win™ Scientific.

Krājas papildus pieaugums aprēķināts katrā degušajā audzē I stāva priedēm tās salīdzinot ar līdzīgām nedegušām audzēm.

Krājas papildus pieaugumu pēc 2005. gada vējgāzes aprēķina pēc profesora I. Liepas (Liepa, 1996) izstrādātās metodikas (7.1. vienādojums).

#### **Rezultāti**

Analīzē audzes sadalītas trīs vecuma grupās: 1) 31-60 gadus vecas audzes, 2) 61-90 gadus vecas audzes un 3) audzes, kas vecākas par 90 gadiem.

**31-60 gadu vecas audzes.** Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums trīs gadus pēc ugunsgrēka ir  $-0,48 \pm 0,40 (\pm SE)$  cm un  $-1,32 \pm 1,16 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , bet piecus gadus pēc ugunsgrēka  $-0,96 \pm 0,56 (\pm SE)$  cm un  $-3,25 \pm 1,82 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (8.5. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ( $\alpha=0,05$ ) neatšķiras no nulles. Analizētajos objektos caurmēra pieaugums var būt:

- negatīvs - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka sākumā (1-5 gadus) ir negatīvs, kā arī vēlāk ir novērojams negatīvs caurmēra papildus pieaugums;
- neitrāls - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka nemainās (sākotnēji ir nedaudz pozitīvs, bet pēc tam negatīvs un vēlāk izlīdzinās ar kontroles pieaugumiem);

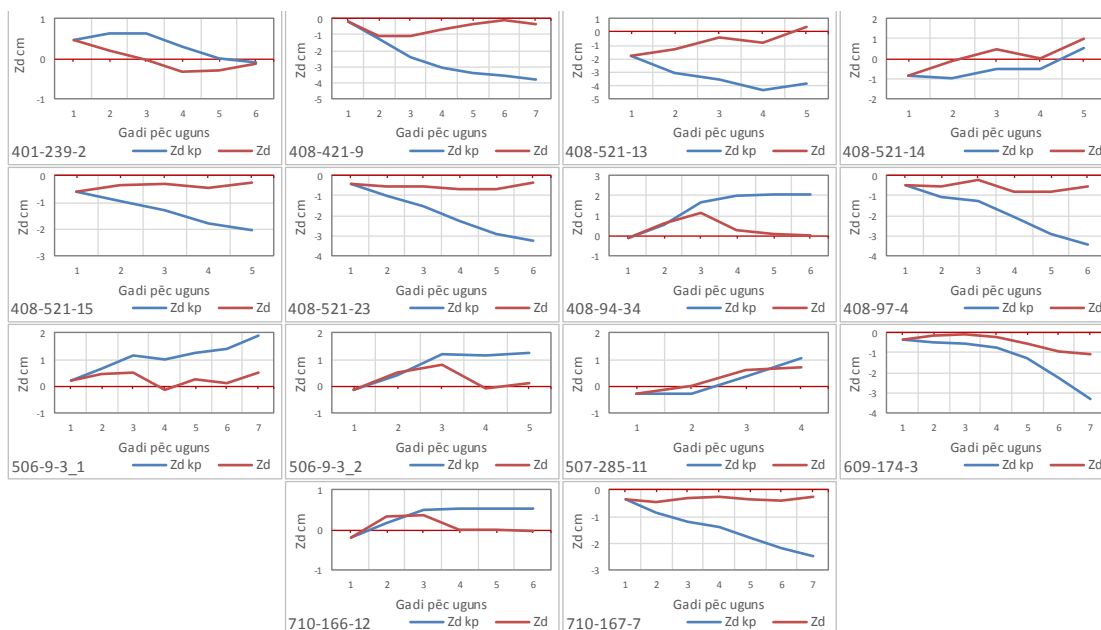
pozitīvs - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka 1. gadā ir pozitīvs vai negatīvs, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums (8.2. attēls).

8.5. tabula

**31-60 gadu vecu priežu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc ugunsgrēka**

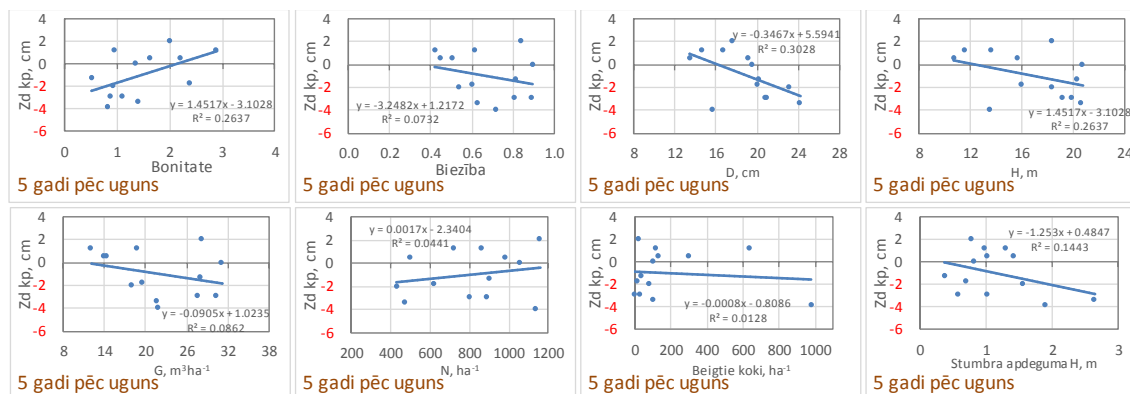
Objekts	Rādītājs	Gadi pēc ugunsgrēka						
		1	2	3	4	5	6	7
401-239-2	Zd	0.45	0.19	-0.02	-0.31	-0.29	-0.12	
	Zd kp	0.45	0.64	0.62	0.31	0.02	-0.10	
	Zm kp	1.98	2.87	2.83	1.44	0.09	-0.48	
408-421-9	Zd	-0.20	-1.09	-1.12	-0.67	-0.34	-0.11	-0.32
	Zd kp	-0.20	-1.28	-2.40	-3.07	-3.42	-3.52	-3.84
	Zm kp	-0.44	-3.01	-5.84	-7.69	-8.81	-9.37	-10.55
408-521-13	Zd	-1.79	-1.30	-0.42	-0.80	0.41		
	Zd kp	-1.79	-3.09	-3.51	-4.31	-3.90		
	Zm kp	-4.31	-7.90	-9.58	-12.49	-12.00		
408-521-14	Zd	-0.86	-0.11	0.46	0.02	1.02		
	Zd kp	-0.86	-0.97	-0.52	-0.50	0.53		
	Zm kp	-1.20	-1.45	-0.82	-0.84	0.96		
408-521-15	Zd	-0.63	-0.34	-0.33	-0.48	-0.24		
	Zd kp	-0.63	-0.97	-1.29	-1.77	-2.01		
	Zm kp	-1.19	-1.91	-2.64	-3.73	-4.38		
408-521-23	Zd	-0.42	-0.56	-0.57	-0.70	-0.65	-0.36	
	Zd kp	-0.42	-0.98	-1.55	-2.25	-2.90	-3.26	
	Zm kp	-1.45	-3.52	-5.73	-8.56	-11.31	-12.99	
408-94-34	Zd	-0.09	0.63	1.14	0.30	0.10	0.02	
	Zd kp	-0.09	0.54	1.68	1.97	2.07	2.09	
	Zm kp	-0.34	2.15	6.95	8.42	9.04	9.32	
408-97-4	Zd	-0.49	-0.57	-0.22	-0.77	-0.84	-0.55	
	Zd kp	-0.49	-1.06	-1.29	-2.06	-2.90	-3.45	
	Zm kp	-1.74	-3.96	-5.02	-8.34	-12.12	-14.92	
506-9-3_1	Zd	0.21	0.44	0.51	-0.14	0.25	0.14	0.50
	Zd kp	0.21	0.64	1.15	1.01	1.26	1.40	1.90
	Zm kp	0.22	0.74	1.40	1.29	1.69	1.95	2.78
506-9-3_2	Zd	-0.12	0.53	0.80	-0.08	0.13		
	Zd kp	-0.12	0.41	1.20	1.13	1.26		
	Zm kp	-0.24	0.83	2.61	2.58	3.03		
507-285-11	Zd	-0.29	0.03	0.63	0.70			
	Zd kp	-0.29	-0.26	0.36	1.07			
	Zm kp	-0.97	-0.89	1.27	3.80			
609-174-3	Zd	-0.33	-0.14	-0.09	-0.21	-0.51	-0.96	-1.05
	Zd kp	-0.33	-0.47	-0.56	-0.77	-1.28	-2.24	-3.29
	Zm kp	-1.16	-1.73	-2.14	-3.02	-5.19	-9.34	-14.10
710-166-12	Zd	-0.18	0.33	0.36	0.01	0.02	-0.02	
	Zd kp	-0.18	0.16	0.51	0.53	0.55	0.52	
	Zm kp	-0.27	0.24	0.83	0.89	0.96	0.95	
710-167-7	Zd	-0.37	-0.47	-0.33	-0.25	-0.37	-0.42	-0.28
	Zd kp	-0.37	-0.84	-1.17	-1.42	-1.78	-2.20	-2.48
	Zm kp	-0.79	-1.83	-2.61	-3.22	-4.15	-5.23	-6.03
Kopā	Zd	-0.36	-0.18	0.06	-0.24	-0.10	-0.26	-0.29
	Zd kp	-0.36	-0.54	-0.48	-0.72	-0.96	-1.20	-1.93
	Zm kp	-0.85	-1.38	-1.32	-2.11	-3.25	-4.46	-6.97

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zd kp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zm kp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums  $\text{cm}^3\text{ha}^{-1}$ .



8.2. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) un ikgadējais papildus pieaugums (Zd) 31-60 gadu vecās audzēs.

Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums nav atkarīgs no audzes bonitātes, biežības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita, vidējā stumbra apdeguma augstuma 31-60 gadu vecās audzēs (8.3. attēls).



8.3. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) atkarībā no audzes bonitātes, biežības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita, vidējā stumbra apdeguma augstuma 31-60 gadu vecās audzēs.

**61-90 gadu vecas audzes.** Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums trīs gadus pēc ugunsgrēka ir  $-1,00 \pm 0,35 (\pm SE)$  cm un  $-4,27 \pm 1,68 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , bet piecus gadus pēc ugunsgrēka  $-1,57 \pm 0,56 (\pm SE)$  cm un  $-6,81 \pm 2,64 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (8.6. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ( $\alpha=0,05$ ) neatšķiras no nulles. Analizētajos objektos caurmēra pieaugums var būt:

negatīvs - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka sākumā (1-3 gadus) ir negatīvs, bet vēlāk ir novērojams gan negatīvs, gan pozitīvs caurmēra papildus pieaugums;

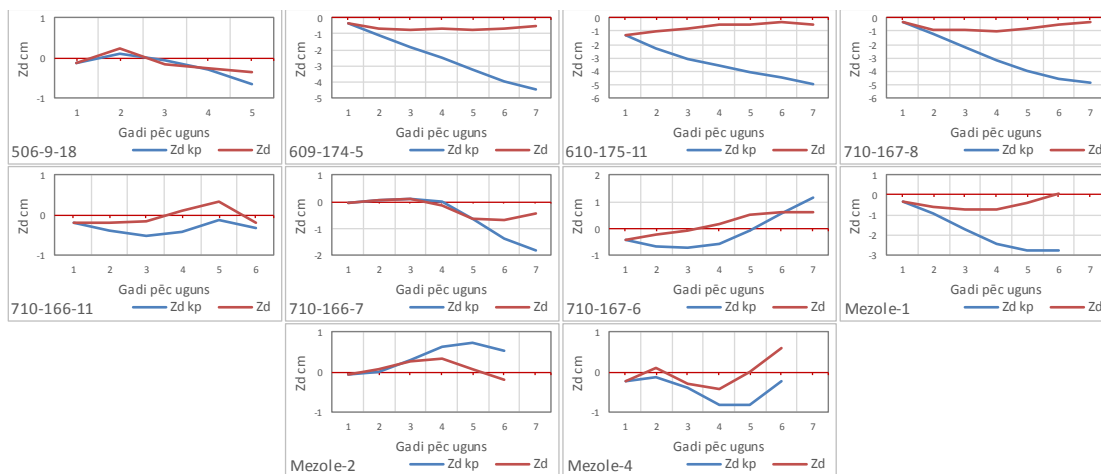
neitrāls - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka sākumā (1-3 gadus) ir neitrāls, bet vēlāk ir vērojams gan pozitīvs, gan negatīvs papildus pieaugums (8.4. attēls).

8.6. tabula

61-90 gadu vecu priežu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc ugunsgrēka

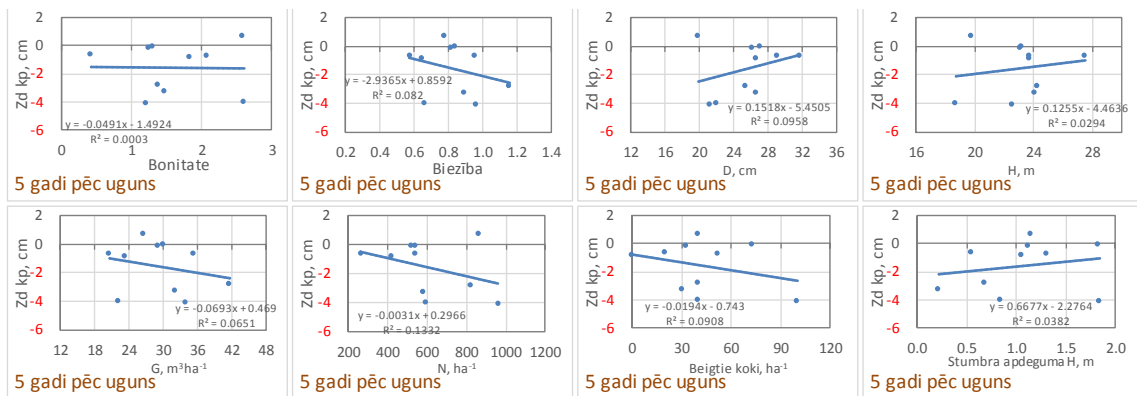
Objekts	Rādītājs	Gadi pēc ugunsgrēka						
		1	2	3	4	5	6	7
506-9-18	Zd	-0.13	0.22	-0.15	-0.25	-0.35		
	Zd kp	-0.13	0.10	-0.05	-0.30	-0.64		
	Zm kp	-0.58	0.45	-0.23	-1.44	-3.16		
609-174-5	Zd	-0.38	-0.68	-0.74	-0.68	-0.78	-0.67	-0.49
	Zd kp	-0.38	-1.06	-1.80	-2.48	-3.26	-3.93	-4.42
	Zm kp	-1.54	-4.33	-7.43	-10.39	-13.85	-16.95	-19.33
610-175-11	Zd	-1.28	-0.97	-0.81	-0.56	-0.49	-0.33	-0.51
	Zd kp	-1.28	-2.25	-3.06	-3.62	-4.11	-4.43	-4.94
	Zm kp	-6.21	-11.17	-15.59	-18.91	-22.01	-24.24	-27.50
710-167-8	Zd	-0.35	-0.88	-0.94	-1.03	-0.79	-0.54	-0.33
	Zd kp	-0.35	-1.23	-2.17	-3.20	-3.99	-4.54	-4.86
	Zm kp	-0.88	-3.17	-5.74	-8.69	-11.11	-12.97	-14.29
710-166-11	Zd	-0.19	-0.20	-0.14	0.10	0.32	-0.19	
	Zd kp	-0.19	-0.39	-0.53	-0.44	-0.11	-0.31	
	Zm kp	-0.64	-1.33	-1.85	-1.55	-0.41	-1.14	
710-166-7	Zd	-0.03	0.06	0.09	-0.14	-0.64	-0.71	-0.42
	Zd kp	-0.03	0.04	0.12	-0.02	-0.66	-1.37	-1.80
	Zm kp	-0.06	0.08	0.26	-0.04	-1.42	-2.98	-3.94
710-167-6	Zd	-0.41	-0.25	-0.08	0.15	0.52	0.63	0.59
	Zd kp	-0.41	-0.65	-0.73	-0.58	-0.06	0.57	1.17
	Zm kp	-1.30	-2.14	-2.43	-1.96	-0.20	2.03	4.23
Mezole-1	Zd	-0.34	-0.61	-0.73	-0.72	-0.37	0.05	
	Zd kp	-0.34	-0.95	-1.68	-2.41	-2.78	-2.74	
	Zm kp	-1.86	-5.34	-9.61	-13.94	-16.31	-16.26	
Mezole-2	Zd	-0.05	0.06	0.28	0.35	0.08	-0.18	
	Zd kp	-0.05	0.01	0.29	0.63	0.71	0.53	
	Zm kp	-0.19	0.02	1.08	2.44	2.81	2.13	
Mezole-4	Zd	-0.22	0.10	-0.28	-0.41	0.01	0.58	
	Zd kp	-0.22	-0.12	-0.40	-0.82	-0.81	-0.23	
	Zm kp	-0.62	-0.35	-1.18	-2.42	-2.44	-0.70	
Kopā	Zd	-0.34	-0.31	-0.35	-0.32	-0.25	-0.15	-0.23
	Zd kp	-0.34	-0.65	-1.00	-1.32	-1.57	-1.83	-2.97
	Zm kp	-1.39	-2.73	-4.27	-5.69	-6.81	-7.90	-12.17

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zd kp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zm kp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums  $\text{cm}^3 \text{ha}^{-1}$ .



8.4. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) un ikgadējais papildus pieaugums (Zd) 61-90 gadu vecās audzēs.

Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums nav atkarīgs no audzes bonitātes, biežības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita, vidējā stumbra apdeguma augstuma 61-90 gadu vecās audzēs (8.5. attēls).



8.5. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) atkarībā no audzes bonitātes, biežības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita, vidējā stumbra apdeguma augstuma 61-90 gadu vecās audzēs.

**91 gadu un vecākas audzes.** Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums trīs gadus pēc ugunsgrēka ir  $-0,52 \pm 0,45 (\pm SE)$  cm un  $-0,90 \pm 1,22 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , bet piecus gadus pēc ugunsgrēka  $-1,60 \pm 0,66 (\pm SE)$  cm un  $-4,32 \pm 1,86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (8.7. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ( $\alpha=0,05$ ) atšķiras no nulles. Analizētajos objektos caurmēra pieaugums var būt:

negatīvs - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka sākumā (1-3 gadus) ir negatīvs, kā arī vēlāk ir vērojams negatīvs caurmēra papildus pieaugums;

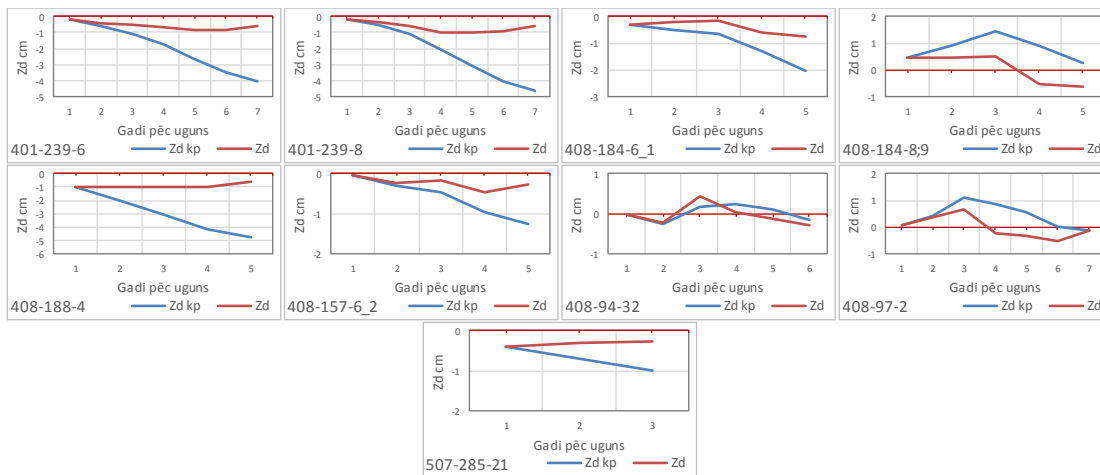
neitrāls - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka sākumā (1-3 gadus) ir pozitīvs vai neitrāls, bet vēlāk ir vērojams papildus pieauguma samazinājums (8.6. attēls).

8.7. tabula

**91 gadu un vecāku prieku audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc ugunsgrēka**

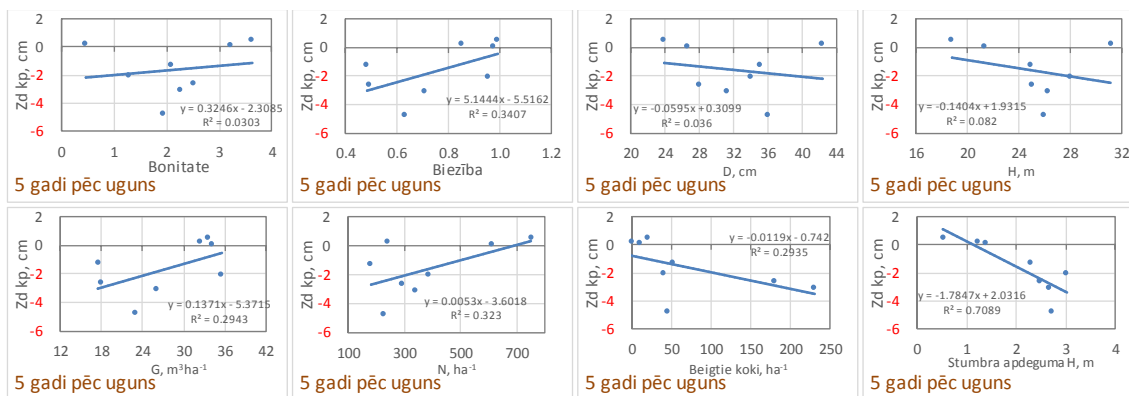
Objekts	Rādītājs	Gadi pēc ugunsgrēka						
		1	2	3	4	5	6	7
401-239-6	Zd	-0.15	-0.44	-0.49	-0.68	-0.86	-0.88	-0.57
	Zd kp	-0.15	-0.59	-1.08	-1.76	-2.61	-3.49	-4.06
	Zm kp	-0.33	-1.34	-2.47	-4.07	-6.10	-8.22	-9.66
401-239-8	Zd	-0.16	-0.32	-0.64	-0.99	-0.98	-0.97	-0.57
	Zd kp	-0.16	-0.48	-1.12	-2.11	-3.09	-4.05	-4.63
	Zm kp	-0.50	-1.48	-3.47	-6.61	-9.74	-12.89	-14.87
408-184-6_1	Zd	-0.32	-0.20	-0.14	-0.62	-0.75		
	Zd kp	-0.32	-0.51	-0.65	-1.27	-2.02		
	Zm kp	-1.26	-2.08	-2.69	-5.30	-8.51		
408-184-8;9	Zd	0.43	0.47	0.52	-0.55	-0.63		
	Zd kp	0.43	0.91	1.43	0.88	0.25		
	Zm kp	1.34	2.85	4.55	2.85	0.82		
408-188-4	Zd	-0.99	-1.05	-1.03	-1.05	-0.63		
	Zd kp	-0.99	-2.04	-3.08	-4.13	-4.77		
	Zm kp	-2.24	-4.68	-7.14	-9.70	-11.31		
408-184-6_2	Zd	-0.05	-0.25	-0.18	-0.49	-0.28		
	Zd kp	-0.05	-0.30	-0.48	-0.96	-1.25		
	Zm kp	-0.08	-0.50	-0.83	-1.68	-2.21		
408-94-32	Zd	-0.03	-0.21	0.43	0.05	-0.13	-0.28	
	Zd kp	-0.03	-0.24	0.18	0.23	0.11	-0.17	
	Zm kp	-0.10	-0.88	0.69	0.91	0.43	-0.69	
408-97-2	Zd	0.06	0.36	0.68	-0.23	-0.32	-0.54	-0.12
	Zd kp	0.06	0.42	1.10	0.87	0.55	0.01	-0.12
	Zm kp	0.22	1.49	4.00	3.25	2.09	0.02	-0.46
507-285-21	Zd	-0.40	-0.31	-0.27				
	Zd kp	-0.40	-0.71	-0.98				
	Zm kp	-0.29	-0.52	-0.73				
Kopā	Zd	-0.18	-0.22	-0.13	-0.57	-0.57	-0.67	-0.42
	Zd kp	-0.18	-0.39	-0.52	-1.03	-1.60	-1.93	-2.93
	Zm kp	-0.36	-0.79	-0.90	-2.55	-4.32	-5.44	-8.33

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zd kp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zm kp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums  $\text{cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ .



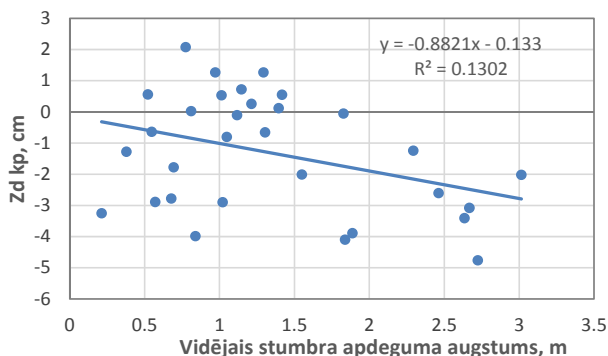
8.6. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) un ikgadējais papildus pieaugums (Zd) vecākās audzēs par 90 gadiem.

Starp caurmēra kumulatīvo papildus pieaugumu un audzes vidējo stumbra apdeguma augstumu konstatēta statistiski būtiska negatīva korelācija ( $r=-0,842$ ). Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums nav atkarīgs no audzes bonitātes, biežības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita 91 gadu un vecākās audzēs (8.7. attēls).



8.7. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) atkarībā no audzes bonitātes, biežības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita, vidējā stumbra apdeguma augstuma 91 gadu un vecākās audzēs.

Vistiešāk caurmēra kumulatīvo papildus pieaugumu ietekmē koku stumbru apdeguma augstums. Pie vidējā stumbra apdeguma augstuma līdz 1,5 metriem caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums var būt gan pozitīvs, gan negatīvs, bet virs 1,5 metriem tas ir negatīvs (8.8. attēls).



8.8. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) atkarībā no aritmētiski vidējā stumbra apdeguma augstuma.



## Secinājumi

Izstrādāts vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstuma pieauguma vienādojums, kurš balstīts uz vispārinātās algebriskās diferences pieeju, tādējādi augstuma pieaugumu var prognozēt zinot tikai audzes augstumu un vecumu, bet nav nepieciešama informācija par bonitāti.

Izstrādāti vienādojumi audzes vidējā augstuma un audzes virsaugstuma sakarības aproksimācijai.

Izstrādāts vidējā kvadrātiskā caurmēra pieauguma vienādojums, kurš balstīts uz vispārinātās algebriskās diferences pieeju, tādējādi augstuma pieaugumu var prognozēt zinot tikai audzes augstumu un vecumu, bet nav nepieciešama informācija par bonitāti. Tomēr tālākajos pētījumos būtu nepieciešams vienādojumu papildināt ar vēl vienu mainīgo, kas raksturotu meža elementa sociālo stāvokli un/vai koku savstarpējo konkurenci.

Izstrādāts jauns vienādojums koku skaita izmaiņu modelēšanai atkarībā no kokaudzes šķērslaukuma un vidējā kvadrātiskā koka caurmēra vai tā augstuma.

Aproksimētas jaunas koeficientu vērtības vienādojumam faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai.

Izstrādāts jauns vienādojums audzes dabiskā atmiruma modelēšanai atkarībā no kokaudzes šķērslaukuma un krūšaugstuma vecuma. Turpmākajos pētījumos būtu nepieciešams papildināt esošo vienādojumu ar vēl vienu mainīgo rādītāju, kas raksturotu koku savstarpējo konkurenci (piemēram, kokaudzes biežība).

Visām koku sugām radiālā pieauguma svārstības visās vecuma grupās ir sinhronas, pie tam jaunākās audzēs radiālā pieauguma svārstības ir lielākā diapazonā nekā vecākās audzēs. Jaunākajās audzēs (20-40 gadi) novērojams trends – radiālā pieauguma samazinājums, kas visticamāk izskaidrojams ar radiālā pieauguma samazināšanos pēc tā kulminācijas.

Nevienā no 15 ierīkotajiem objektiem (33 parauglaukumi) grāvju renovācija nav devusi būtisku mežaudžu ražības pieaugumu visā nogabalā kopumā. Taču grāvju renovācijas kvalitāte būtiski ietekmē mežaudzes ražību – audzēs, kas lokalizētas meliorācijas sistēmās, kuras novērtētas kā labas, pēdējo 5 gadskārtu vidējais platums ir būtiski lielāks nekā audzēs, kas atrodas pie sliktākā kvalitātē atjaunotiem grāvjiem.

Novēlotām krājas kopšanas cirtēm 40-60 gadus vecās skuju koku audzēs ir gan pozitīva, gan negatīva ietekme uz koku radiālo papildus pieaugumu, 40-60 gadus vecās bērzu audzēs vai nu nav vai arī ir negatīva ietekme, bet 21-40 gadus vecās apšu audzēs vai nu nav, vai arī ir gan pozitīva, gan negatīva ietekme. Lai precīzāk raksturotu novēlotu krājas kopšanas ciršu ietekmi uz audzes taksācijas rādītāju izmaiņām, nepieciešams papildināt datu apjomu. Pašreiz nav pamats ieviest korekcijas koeficientu papildus pieauguma ievērtēšanai modeļos.

Analizētajos objektos egļu audzēs pēc 2005. gada vējgāzes sākotnēji (1-5 gadi) ir negatīvs vai neitrāls caurmēra papildus pieaugums, bet vēlāk ir pozitīvs caurmēra papildus pieaugums. Pašreiz nav pamata ieviest korekcijas koeficientu papildus pieauguma ietveršanai augšanas gaitas modeļos.

Priežu audžu aritmētiski vidējais piecu gadu kumulatīvais caurmēra papildus pieaugums pēc ugunsgrēka 31-60 gadus vecās audzēs ir  $-0,96 \pm 0,56 (\pm SE) \text{cm}$ , 61-90 gadus vecās audzēs  $-1,57 \pm 0,56 \text{cm}$  un vecākās audzēs par 90 gadiem  $-1,60 \pm 0,66 \text{cm}$ . Lai gan visās vecuma grupās caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums ir negatīvs (61 gadi un vecākās audzēs pat būtiski negatīvs), tomēr visās vecuma grupās ir konstatētas arī audzes, kurā pēc ugunsgrēka caurmēra papildus pieaugums ir pozitīvs vai caurmēra papildus pieauguma nav.

## Literatūra

1. Czieszewski, C.J., Bailey, R.L. 2000. Generalized algebraic difference approach: Theory based derivations with polymorphism and variable asymptotes. For.Sci 46 (1) 115-126
2. Donis J. (projekta vad.), (2012) Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana, izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventurizācijas datus. Pārskats. 111 lpp: Pieejams [http://www.lvm.lv/lat/lvm/zinatniskie\\_petijumi/2012\\_gada\\_izpetes\\_projektu\\_atskaites/?doc=15450](http://www.lvm.lv/lat/lvm/zinatniskie_petijumi/2012_gada_izpetes_projektu_atskaites/?doc=15450)
3. Donis J. Meža ugunsgrēka ietekmes uz koka dzīvotspēju novērtēšanas metodikas izstrāde. 2010. [skatīts 2012. gada 30. martā]. Pieejams [http://www.lvm.lv/lat/lvm/zinatniskie\\_petijumi/?doc=12047](http://www.lvm.lv/lat/lvm/zinatniskie_petijumi/?doc=12047)
4. Liepa, I. (1996) Pieauguma mācība. Jelgava. 123 lpp.
5. Ozols, J. 1926. Meža taksācija un mežierīcība. Rokas grāmata mežkopjiem. Rīga. Mežu departamenta izdevums. 173 lpp.
6. Saceniņš, R., Matuzānis, J. (1964) Mežsaimniecības tabulas. Latvijas valsts izdevniecība, Rīga, 207 lpp.
7. Sarma, P. (1948). Meža taksācija. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga, 590. lpp.
8. Spiecker, H. 1999. Overview of recent growth trends in European forests. Water Air and Soil Pollution. 116: 33-46.
9. Pretsch H. 20010 Forest dynamics, growth and yield. From measurement to model. Berlin, Heidelberg
10. Springer, 2010.
11. Skudra, P. Dreimanis, A., (1993) Mežsaimniecības pamati. - R.: Zvaigzne. 262 lpp
12. Матузанис, Я.К. (ред.) (1988) Нормативы для таксации леса Латвийской ССР, Рига. ст. 176.