

AKCIJU SABIEDRĪBAS „LATVIJAS VALSTS MEŽI” UN  
LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTA „SILAVA”

ZINĀTŅIETILPĪGĀ  
LĪGUMDARBA

**SAKŅU TRUPES IZPLATĪBU IEROBEŽOJOŠO  
FAKTORU IZPĒTE**

STARPATSKAITE

IZPILDĪTĀJS: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS „SILAVA”

PROJEKTA VADĪTĀJS: TĀLIS GAITNIEKS, VADOŠAIS PĒTNIEKS, MEŽZINĀTŅU DOKTORS

---

*T. Gaitnieks*

2013

# Saturs

Kopsavilkums.....	4
1. Darba uzdevumi .....	5
2. Celmu pievešanas darba ražīgums .....	6
2.1. Kopsavilkums .....	6
2.2. Ievads .....	7
2.3. Izmēģinājumu objekti un darba metodika.....	8
2.3.1. Izmēģinājumu objekti .....	8
2.3.2. Izmantotā tehnika .....	9
2.3.3. Celmu pievešanas metodes raksturojums .....	10
2.3.4. Darba laika uzskaitē.....	10
2.3.5. Datu apstrāde .....	12
2.4. Rezultāti un to analīze.....	12
2.4.1. Pētījumu objektu raksturojums .....	12
2.4.2. Celmu pievešanas darba ražīgums.....	14
2.4.3. Celmu biokurināmā pašizmaksa .....	21
2.5. Secinājumi par celmu pievešanu.....	24
3. Augsnes sagatavošanas kvalitātes novērtējuma metodika .....	26
3.1. Stādvieta uzskaitē .....	26
3.2. Stādīšanas kvalitātes novērtējums.....	28
4. Atcelmošanas eksperimenta objektos izstādītā stādmateriāla morfoloģiskais raksturojums un sakņu mikorizācijas novērtējums.....	30
4.1. Metodika .....	30
4.2. Rezultāti .....	30
4.3. Secinājums .....	32
5. Meža atjaunošanas rezultāti .....	33
Secinājumi par meža atjaunošanas gaitu.....	37
6. Celmu izstrādes nozīme bezmugurkaulnieku izplatībā.....	38
6.1. Darba uzdevumi .....	38
6.2. Literatūras apskats .....	38
7. <i>H. annosum</i> izplatība dažāda vecuma egļu audzēs āreņos un kūdreņos.....	43
7.1. Empīriskā materiāla raksturojums .....	43
7.2. Lauku darbu metodika .....	46
7.3. Kamerālo darbu metodika.....	47
7.4. Rezultāti .....	49
7.4.1. <i>H. annosum</i> ietekme uz 3. vecumklases parastās egles pieaugumu kūdreņos un āreņos .....	49
7.4.2. <i>H. annosum</i> trupes izplatība egles stumbrā āreņo un kūdreņos.....	53
7.4.3. <i>H. annosum</i> trupes izraisīto ekonomisko zaudējumu analīze .....	54

7.4.4. <i>H. annosum</i> sastopamība parastās egles paaugā.....	58
7.5. Secinājumi .....	59
8. Dažādu koku sugu rezistences novērtējums pret <i>H. annosum s.l.</i> infekciju.....	60
9. Mikorizu veidojošās sēnes, to ietekme uz <i>P.abies</i> stādmateriāla attīstību un rezistenci pret <i>H.annosum s.l.</i> .....	61
9.1. Metodika .....	61
9.1.1. Mikorizu veidojošo sēņu noteikšana .....	61
9.2. Rezulāti .....	62
9.3. Secinājums .....	66
10. Sakņu trupi izraisošo sēņu noteikšana celmu izstrādes eksperimentā.....	67
10.1. Koksnes paraugu ievākšana un analīze.....	67
10.2. Rezultāti .....	68
10.3. Secinājumi.....	70
1. Ar <i>H. annosum</i> inficētās platībās celmiem, kas pēc vizuālā novērtējuma tika klasificēti kā „veseli”, 20% no analizētajām saknēm bija izteikti trupējušas, bet 50% sakņu konstatētas koksnes krāsas izmaiņas .....	70
2. Sakņu trupi izraisošā sēne <i>Armillaria</i> spp. konstatēta 27% analizēto trupējušo egļu celmu saknēs un 30% veselo celmu saknēs.....	70
3. <i>Heterobasidion parviporum</i> izdalīts no 11% trupējušo analizēto egļu celmu saknēm un 2% veselo egļu saknēm. Mazākais sakņu diametrs, kurās konstatēts <i>Heterobasidion</i> sp. bija 1,5 cm. ....	70
11. Ūdens paraugu ievākšana un analīzes .....	71
12. Literatūras saraksts.....	75
PIELIKUMI .....	80
1. Pielikums. Izmēģinājumu objektu atrašanās vieta.....	81
2. Pielikums. Izmēģinājumu objektu raksturojums – celmi sadalījumā pa sugām. ....	86
Pielikums 3. Kopējā celmu biomasa sadalījumā pa sugām. ....	89
4. pielikums. Izmēģinājumu objektu raksturojums – ārēji veseli celmi un celmi ar vizuāli nosakāmām trupes pazīmēm. ....	90
5. Pielikums. <i>H. annosum</i> konstatēšanai izmantoto mežaudžu raksturojums un empīriskā materiāla apjoms.....	93
6. pielikums. Pēc izdalītajiem ektomikorizas morfotipiem noteiktās sēņu sugas <i>P.abies</i> stādmateriālā. ....	94
7. pielikums. <i>Wilcoxina</i> sp.1 kolonizēto <i>P.abies</i> īssakņu īpatsvara dispersiju salīdzinājums atšķirīgos reprodiktīvā materiāla ievākšanas apgabalos.....	95
8. pielikums. Mikorizu veidojošo sēņu sugu korelācija ar stādmateriāla garumu, diametru.....	96
9. pielikums. Sēņu sugu sastopamība trupējušo un veselo celmu saknēs piecos parauglaukumos.....	97
10. Pielikums. Augsnes ūdens analīzes.....	99

## Kopsavilkums

Celmu pievešana uz augšgala krautuvi veikta 2013. gada pavasarī. Kopā no visiem izmēģinājuma objektiem atbilstoši biomasas aprēķiniem bija jāizved 137 tonnas celmu biomasas, no kuras lielāko daļu (78 %) veido egļu celmi. Kopā visos pētījumu objektos izmēģinājumu laikā pievestas 74 kravas celmu. Vidējā krava – 1,7 tonnas sausnas jeb 7,5 tonnas dabiski mitra materiāla. Pēc celmu izvešanas augsni apstrādāja ar disku arklu. Stādvieta sagatavošana novērtēta pēc izstrādātās augsnes sagatavošanas kvalitātes novērtējuma metodikas un rezultāti tiks iekļauti nākamajā starpatskaitē. Pirms izstādīšanas daļai stādmateriāla noteikti stādu morfoloģiskie rādītāji un mikorizācija. Stādīti egļu konteinerstādi un kailsakņu stādi ar uzlaboto sakņu sistēmu. Stādvieta un stādu uzskaitē atjaunotajās platībās veikta 2013. gada jūlijā. Vidējais stādu skaits atcelmotajās platībās, kur stādīšana pabeigta, ir 1961 gab. ha<sup>-1</sup>, kontroles platībā – 2140 gab. ha<sup>-1</sup>. Stādīšanai piemēroto laukumiņu skaits atcelmotajā platībā ir būtiski lielāks, nekā kontroles platībās.

No egļu saknēm celmu izstrādes objektos izdalītās sēņu kultūras identificētas, pamatojoties uz micēlija morfoloģiskajām pazīmēm, kā arī izmantojot molekulārās metodes. Visbiežāk sastopamās trupi izraisošās sēnes egļu saknēs bija celmenes *Armillaria* sp. (26,7% no trupējušo celmu saknēm un 29,9% no veselo celmu saknēm) un sakņu piepe *Heterobasidion parviporum* (10,8% no trupējušo celmu saknēm un 2% no veselo celmu saknēm).

Darbā analizēta *Picea abies* stādu mikorizācijas ietekme uz *H. annosum* mākslīgo infekciju. Lai gan netika atzīmētas būtiskas mikorizu veidojošo sēņu sugu izmaiņas kontroles un inficētajos stādos, tomēr stādmateriālu ar lielāku *Wilcoxina* sp. īpatsvaru raksturoja augstāka rezistence pret *H. annosum* s.l., savukārt stādmateriālā ar lielāku *Amphinema byssoides* īpatsvaru *H. annosum* s.l. attīstījās straujāk.

Novērtējot *Heterobasidion annosum* izplatību egles stumbrā, konstatēts, ka vidējais trapes izplatības augstums stumbrā 3. vecumklasē parastai eglei āreņos ir 4,02 ± 0,30, bet kūdreņos 4,4 ± 0,39 m. Analizētajās audzēs āreņos trapes izraisītie zaudējumi ir 569,26 Ls·ha<sup>-1</sup>, bet kūdreņos 322,96 Ls·ha<sup>-1</sup>. Trapes izplatības vidējais augstums paaugas eglēs priežu damaksnī apsekotajā parauglaukumā ir 2,1 ± 0,1 m, bet priežu lānā 2,5 ± 0,2 m.

Literatūras analīze parāda, ka celmiem ir liela nozīme vaboļu bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanā, bet nepieciešami papildus pētījumi, lai novērtētu skujkoku celmu lomu Latvijā meža veselības nodrošināšanā, arī saistībā ar mežsaimniecībai kaitīgu sugu attīstību.

Starpatskaitei pievienota arī ūdens paraugu ievākšanas un analīzes metodika.

# 1. Darba uzdevumi

Saskaņā ar 2011. gada 13. aprīlī noslēgto līgumu (Nr. 5.5.-5.1./000s/101/11/12 Par pētniecības pakalpojumu sniegšanu) projekta 3. etapā līdz 2013. gada 1. septembrim bija paredzēti sekojoši darba uzdevumi:

1. Veikt izstrādāto skujkoku celmu pievešanu uz augšgala krautuvi no trupes bojātām audzēm, lai noteiktu sagatavotā materiāla daudzumu.
2. Analizēt augsnes sagatavošanas kvalitāti 5 objektos (2 atkārtojumos, 10 x 0,5 ha), izmantojot meža arklu (atcelmotajā un kontroles daļā).
3. Stādmateriāla morfoloģiskais raksturojums un sakņu mikorizācijas (morfotipu sastopamība) novērtējums celmu izstrādei ierīkotajos parauglaukumos; mikorizas sēņu sugu identificēšana, izmantojot molekulārās metodes (vismaz 30 stādi).
4. Meža atjaunošana eksperimentālajās platībās. Sadarbojoties ar AS „Latvijas valsts meži” veicama egles un melnalkšņa stādīšana .
5. Apkopot un analizēt Latvijas un citu valstu zinātniskajā literatūrā pieejamos jaunākos datus par celmu nozīmi bezmugurkaulnieku izplatībā.
6. *Heterobasidion annosum* izplatības novērtējums egles stumbrā (trupējušo egļu stumbru analīze) un trupes izraisīto mežsaimniecisko zaudējumu aprēķināšana:
  - Ievākt koksnes urbumu skaidiņas pirms eksperimenta ierīkošanas, lai varētu izdalīt veselos un inficētos kokus egļu audzēs. Vismaz 3 objektos pārbaudīt aptuveni 300 egles;
  - Susinātos meža tipos (As, Ap, Ks un Kp). Analizēt vismaz 80 ar *H. annosum* inficētus valdaudzes kokus (vecums 42-80 gadi) āreņos un vismaz 70 ar *H. annosum* inficētus valdaudzes kokus (vecums 41-111 gadi) kūdreņos;
  - 2. stāva un paaugas eglēs (trupējušo stumbru analīze). Analizēt vismaz 100 ar *H. annosum* inficētus kokus.
7. Novērtēt ar *H. annosum* mākslīgi inficēto koku vitalitāti eksperimentālajos stādījumos MPS Kalsnavas mežu novadā. Veikt inficēto koku atkārtotu marķēšanu (vismaz 360 koki, kas pārstāv 9 koku sugas).
8. Analizēt datus par *Picea abies* stādu mikorizācijas (mikorizas morfotipu sastopamība) ietekmi uz *H. annosum* mākslīgo infekciju - inficētā egļu stādmateriāla mikorizu veidojošo sēņu identifikācija, izmantojot molekulārās metodes (Kopā 250 stādi, kas reprezentē 5 proveniences).
9. No egļu saknēm celmu izstrādes objektos izdalīto sēņu kultūru identifikācija, pamatojoties uz micēlija morfoloģiskajām pazīmēm, kā arī izmantojot molekulārās metodes (vismaz 120 paraugi).

## 2. Celmu pievešanas darba ražīgums

### 2.1. Kopsavilkums

Kopā no visiem izmēģinājuma objektiem aukšgala krautuvē atbilstoši biomasas aprēķiniem bija jāizved 137 tonnas celmu biomasas, no kuras lielāko daļu (78 %) veidoja egļu celmi. Laika apstākļi pievešanas laikā traucēja kravu svēršanai (pievedējtraktori ar ķēdēm), tāpēc pievestā materiāla daudzuma aprēķins balstīts uz atsevišķu kravu svērumiem un pētījumā “Multifunkcionālas celmu izstrādes un augsnes pacilu sagatavošanas iekārtas prototipa izveidošana un testēšana” iegūtajiem rezultātiem (Lazdiņš, Zimelis & Gusarevs 2012; Lazdiņš & Zimelis 2012), rēķinot kravas lielumu kā aritmētisko vidējo no šajā pētījumā un iepriekš minētajos izmēģinājumos iegūtajiem rezultātiem.

Pievešana uz augšgala krautuvēm veikta 2013. gada pavasarī tiklīdz laika apstākļi ļāva izvest celmus, t.i. celmi bija atlaidušies un atraujami no zemes un zeme bija pietiekoši sausa, lai varētu izmantot tehniku. Tūlīt pēc celmu pievešanas augsni apstrādāja ar disku arklu un līdz 2013. gada jūnija vidum apstādīja ar egli. Stendes objektā celmu pievešana nebija iespējama līdz pat jūnija beigām (pēc pirmā mēģinājuma to pārtrauca), tāpēc augsnes sagatavošanu un stādīšanu veica pirms tam, kad bija pabeigta celmu pievešana.

Celmu pievešana parādīja jaunu celmu izstrādes risku, kas līdz šim nebija identificēts. Gaidot labvēlīgus pievešanas apstākļus rudenī, celmi piesala augsnei un visu ziemu nebija izvedami. Tas nozīmē, ka celmu izvešana ziemā var būt apgrūtināta, ja atkušņi mijas ar sasaluma periodiem, tāpēc ziemā celmi jāizved vai nu uzreiz pēc izstrādes vai jāatstāj līdz nākamajai vasarai cīsmā, neplānojot attiecīgajā nogabalā nekādus meža darbus nākamajā pavasarī.

Kopā visos pētījumu objektos izmēģinājumu laikā pievestas 74 kravas celmu. Vidējā krava – 1,7 tonnas sausnas ar nenoteiktības intervālu  $\pm 0,1$  tonnas jeb 7,5 tonnas dabiski mitra materiāla ar nenoteiktības intervālu  $\pm 0,5$  tonna.

Vidēji vienas tonnas biomasas iekraušana aizņem 5,2 min., bet izkraušana 3 min, kas ir vidēji 42 % vairāk produktīvā darba laika vienas tonnas biomasas iekraušanai kā izkraušanai.

Produktīvais darba laiks minūtēs vienas kravas iekraušanai un izkraušanai ar CBI mehānismu atcelmotajās platībās ir lielāks, nekā ar MCR-500 izstrādātajās platībās. Statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ ) darba laika uzskaites darba operācijām konstatētas starp Nītaures, Ogres, Jaunpils cīsmām un Stendes cīsmu, kurā 51 % no kopējā produktīvā darba laika patēriņa minūtēs uz vienu tonnu sausnas veido iebraukšana cīsmā un izbraukšana no

cirsmas. Mazākais darba laika patēriņš pievešanai ar MCR-500 atcelmotajās platībās iespējams saistīts ar defektu ekskavatora hidrauliskajā sistēmā, kas neļāva pilnvērtīgi izmantot celmu skaldīšanas nazi, līdz ar to MCR-500 vairāk rāva veselus celmus (ar lielāku zemes piejaukumu) un pievedējtraktoram bija nepieciešams mazāk laika, lai iekrautu šos celmus (viens darba cikls divu līdz triju vietā, lai iekrautu un izkrautu katru celmu).

Vidēji 53 % no kopējā produktīvā darba laika patērēts, veicot iekraušanas un izkraušanas darba operācijas. Pārējais darba laiks patērēts pārbraucieniem ar un bez kravas.

## 2.2. Ievads

2012. gadā, veicot pētījumu objektu apsekošanu un celmu izstrādes izmēģinājumus, konstatēts, ka nepastāv celmu skaita ar vizuāli identificējamiem trupes radītiem bojājumiem un celma caurmēra sakarība. Tas pierāda, ka izraujamo vai atstājamo celmu dimensiju izvēli nevar balstīt uz pieņēmumu par to, ka, piemēram, resnāki celmi rada lielāku inficēšanās risku nākamās aprites kokiem. Tas nozīmē arī, ka mazāko celmu ( $D < 20$  cm) atstāšana cirmsā sasiņta ar tādu pašu risku kā lielāko celmu atstāšana.

Izstrādes laikā operatori pamanīja un izrāva 82 % no marķētajiem celmiem, kā arī atrada vairākus celmus (6 % no sākotnēji marķēto celmu), kas netika uzskaitīti, veicot celmu uzskaiti pirms izstrādes. Celmu raušanu apgrūtināja sniegputenis, kas ar pārtraukumiem turpinājās visu celmu izstrādes laiku, izņemot pirmo darba dienu. Celmu raušana bija apgrūtināta arī platībās ar augstu gruntsūdens līmeni, kur būtiski vairāk laika patērēja celmu purināšanai un nomešanai, lai atbrīvotos no augsnes. Šādās platībās celmu izstrādi lietderīgi veikt ziemā, kad augsnes virskārta ir sasalusi.

Celmu izstrādes darba ražīgums ar abiem pētījumā izmantotajiem agregātiem būtiski neatšķīrās (vidēji 0,37 stundas produktīvā darba laika uz 1 tonnu biomasas sausnas), taču atšķīrās darba laika sadalījums – pieredzējušais operators, kas strādāja uz Komatsu ekskavatora, vairāk laika pavadīja manevrējot, lai ieņemtu celmu izstrādei piemērotāku pozīciju, bet New Holland operators vairāk laika patērēja celmu izraušanai un saplēšanai. MCR-500 celmu raušanas kausam ir būtisks darba ražīguma paaugstināšanas potenciāls, nodrošinot normālu darba spiedienu pretnaža cilindrā. Vērtējot darba ražīguma rādītājus, jāņem vērā, ka Zviedrijā izstrādātie pazemes biomasas allometriskie vienādojumi Latvijā nav pārbaudīti un saskaņā ar iepriekš veiktiem pētījumiem par celmu izstrādi, tie uzrāda būtiski mazāku biomasas daudzumu, nekā ir faktiski. Tas nozīmē, ka reālais darba ražīgums ir lielāks.

Dažādu dimensiju celmu izstrādes darba ražīguma rezultāti pierādīja, ka visām koku sugām būtiski palielinās darba laika patēriņš, pārrēķinot uz biomasas vienību, ja celma

diametrs ir mazāks par 20 cm, tāpēc šādus celmus turpmāk ieteicams atstāt cirsmā, ja netiek gūti pierādījumi, ka tie palielina nākamās aprites koku inficēšanās risku ar trupi izraisošajām sēnēm. Nevienai no koku sugām netika konstatēts būtisks darba ražības samazinājums, raujot par 50 cm resnākus celmus. Iespējams, tas saistīts ar to, ka galvenā cirte veikta pirms 2 gadiem un saknes vieglāk atdalījās no augsnes; iespējams, ka darba ražīguma rādītājus ietekmēja sākotnējais uzstādījums, ka operatoriem nav jācenšas izraut resnākie celmi.

Raujot trupējušus celmus, it īpaši lielus celmus, darba ražīgums palielinājās (vidēji par 14 %), taču jāņem vērā, ka trupējušiem celmiem nereti ir tukši vidi, bet saknes notrūkst augstāk, tāpēc faktiskais iegūtās biomasas daudzums ir mazāks.

Pretēji agrāk Latvijā veiktajiem pētījumiem par celmu izstrādi, izmēģinājumos konstatēts, ka vairāku celmu vienlaicīga raušana, izvēloties raušanai celmu grupas visresnāko celmu, samazina darba ražīgumu. Darba laika uzskaites rezultāti nedeva skaidrojumu šādam rezultātam; iespējams, ka vainojams sākotnējais uzstādījums raut visus celmus (tajā skaitā tievākus par 20 cm) vai arī tas, ka galvenā cirte izmēģinājumu platībās veikta pirms 2 gadiem (līdzšinējie izmēģinājumi veikti svaigās cirsmās).

## **2.3. Izmēģinājumu objekti un darba metodika**

### **2.3.1. Izmēģinājumu objekti**

Pētījuma ietvaros identificēti 5 pētījumu objekti (1. tabula) Rietumvidzemes, Ziemeļkurzemes, Zemgales un Vidusdaugavas mežsaimniecībās, reģionos, kur egļu audzes visvairāk cieš no sakņu trapes. Parauglaukumu ierīkošanai izraudzīti nogabali, kuros pēc sākotnējā novērtējuma vismaz 50 % no celmiem ir trupējuši un nav izveidojies apšu atvasājs, kas vēlāk traucētu izmēģinājumu rezultātu uzskaiti. Katrā izmēģinājumu objektā ierīkoti 2 parauglaukumi atcelmošanas izmēģinājumu veikšanai, tajā skaitā 1 kontroles parauglaukums un 1 parauglaukums atcelmošanai. Katra parauglaukuma platība ir vismaz 0,5 ha. Fiziskās parauglaukumu robežas nav nospraustas, pieņemot, ka atcelmošanu plānos atbilstoši nogabala konfigurācijai, neņemot vērā parauglaukumu robežas. Starp atcelmoto un kontroles parauglaukumu meža atjaunošanas izmēģinājumiem atstās buferjoslu, ko veido vismaz 10 m plata atcelmota un 10 m plata neatcelmota josla. Uzskaites veikšanai paredzētie atcelmotie parauglaukumi ierīkoti tā, lai tiem visās pusēs būtu vismaz 10 m plata atcelmota josla.



### 1. tabula. Identificētie pētījumu objekti.

Atslēga	Platība	Saimniecība	SUG kods	Meža tipa saīsinājums	Vecuma desmitgade	Audzes sastāva formula
65-03-07-410-58-34	1,7	Vēru I R-Vidzemes MS	3	Dm	11	8E103 1B83 1P83
82-04-07-714-188-9+	2	Abavas I Z-Kurzemes MS	3	Vr		
82-05-07-712-437-8+	3.4	Mērsraga I Z-Kurzemes MS	3	Dm	10	6E4P 97
83-05-07-603-326-8+ *	1,7	Tukuma I Zemgales MS	3	Vr	9	6E3B1P 87
83-05-07-603-326-7+	1,4	Tukuma I Zemgales MS	4	Vr	9	5B4E1P 87
80-29-07-501-360-9+	3	Ogres I Vidusdaugavas MS	3	Dm	10	6E3P1B 98

\* Iezīmētie nogabali veido vienu izmēģinājumu objektu.

### 2.3.2. Izmantotā tehnika

Izmēģinājumos izmatoti dažādi vidējas klases pievedējtraktori ar vidējo kravnesību 12 - 13 tonnas, izlice 7,2 - 8,5 m ar zaru pārkraušanai piemērotu kausu. Celmu pārkraušanai izmantoja zaru pievešanai piemērotus kausus. Pievedējtraktorus vadīja operatori ar vairāku gadu darba pieredzi zaru pievešanā, bet ne tieši celmu pievešanā. Celmu pievešanai izmantoja pievedējtraktorus, kuru kravas tilpnes statnes izvietotas standarta blīvumā (1. attēls).



1. attēls. Izmēģinājumos izmantotais pievedējtraktors JOHN DEERE 1110D.

### 2.3.3. Celmu pievešanas metodes raksturojums

Celmu, kas izstrādāti 5 pētījumu objektos, pievešanai uz augšgala krautuvi izmantoti dažādi vidējas klases pievedējtraktori. Pievešana notika vairākas dienas 1 maiņā diennakts gaišajā laikā. Pievešanā piedalījās vairāki operatori.

Darba laika patēriņa uzskaitē veikta katrai kravai atsevišķi, tajā skaitā noteikts krāna ciklu skaits kravas izveidošanai. Darba laika uzskaites elementi un to skaidrojums parādīti 2. tabulā.

Celmu nokraušanai izmantoja sortimentu krautuves vietas.

### 2.3.4. Darba laika uzskaitē

Darba laika uzskaitē veikta ar specializētu triecienu un mitruma izturīgu laukdatoru Allegro CX (2. attēls), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI.



## 2. attēls. Hronometrāzā izmantotais laukdators Allegro CX.

Darba laika hronometrāža veikta pievedējtraktoram. Hronometrāžas programmas SDI darbības princips pamatojas uz katras pētāmās darbu operācijas beigu fiksēšanu; attiecīgi, hronometrētājs, darbu uzsākot, palaiž laika uzskaiti un piefiksē katras darbu operācijas pabeigšanu, nepieciešamības gadījumā izdarot piezīmes vai apturot darba laika uzskaiti ilgāku pārtraukumu gadījumā.

Celmu pievešanas hronometrāžas programmā hronometrētājs fiksēja katras darbu operācijas ilgumu (fiksēja brīdi, kad operācija beidzās). Darba cikla beigas ir celma iekraušana pievedējtraktorā, 1 darba ciklam atbilst 1 celma iekraušana, izņemot gadījumus, kad 1 reizē iekrauj vairākus celmus. Atsevišķi uzskaita laiku, kas patērēts, iebraucot cirmā, un laiku izbraukšanai no cirmsas, kā arī uzbraukšanu un nobraukšanu no treilera. Pārvietošanās ātruma noteikšanai fiksēts laiks, kādā pievedējtraktors nobrauc 1 km (pārbraucieni starp izmēģinājumu objektiem). Celmu pievešanas darba cikla elementi parādīti 2. tabulā. Produktīvajā darba laikā iekļauti visi darba cikla elementi, izņemot pārējās darbības.

### 2. tabula. Celmu pievešanas darba laika elementi.

Nr.	Darba laika elements	Paskaidrojums
1.	Iebraukšana	Iebraukšana cirmā
2.	Iekraušana	Celmu iekraušana pievedējtraktorā
3.	Pārbraucieni	Pārvietošanās pa cirmu darba laikā
4.	Izbraukšana	Izbraukšana no cirmsas
5.	Izkraušana	Celmu izkraušana no pievedējtraktora
6.	Citas operācijas	Citas ar darbu saistītas operācijas
7.	Pārējās darbības	Citas ar darbu nesaistītas operācijas

### 2.3.5. Datu apstrāde

Iegūstamās biomasas aprēķinā ietverta celmu pazemes un virszemes daļu, kā arī lielākās saknes. Jāņem vērā, ka šāda veida biomasas aprēķini var būt neprecīzi, jo balstās uz Latvijā nepārbaudītiem vienādojumiem. Bez tam darbā ir mērīts celma diametrs zāģējuma vietā, kas parasti atrodas virs sakņu kakla, tāpēc visos aprēķinos, iespējams, ir sistemātiska kļūda. To nevar pārbaudīt, jo taksācijas tabulās, no kurām ņemti koeficienti celma caurmēra pārrēķiniem un krūšaugstuma caurmēru nav norādīts, kādā augstumā mērīti celmi. Visticamāk, ka vienādojumi nepilnīgi novērtē celmu un sakņu biomasu, tāpēc visobjektīvākie rādītāji par iegūstamo koksnes apjomu būs iegūstami pēc materiāla drupināšanas, sverot šķeldu vedēju kravas un nosakot šķeldu mitruma un pelnu saturu.

## 2.4. Rezultāti un to analīze

### 2.4.1. Pētījumu objektu raksturojums

Pētījumu objektu, kur veikta celmu izstrāde, vispārīgs raksturojums dots 3. tabulā, pētījumu objektu atrašanās vietas kartes dotas 1. pielikumā. Visos pētījumu objektos valdošā suga pirms izstrādes bija egļe, izstrāde veikta 2011. gada sākumā vai 2010. gada beigās.

3. tabula. Pētījumu objekti.

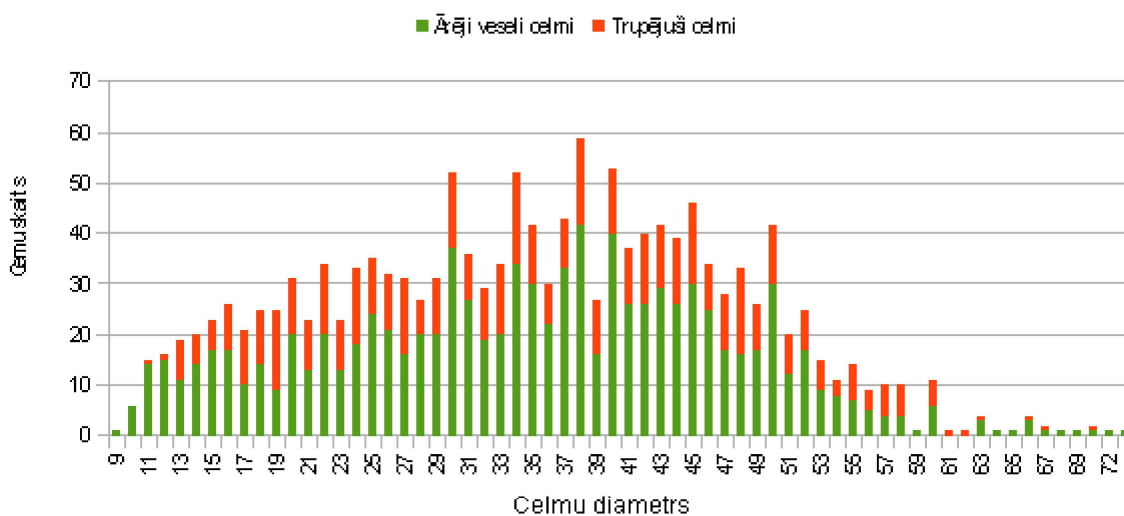
Atslēga	Kadastra numurs	Parauglaukuma apzīmējums	Nogabala platība	Saimniecība	Meža tips	Vecuma desmitgade	Audzes sastāva formula
65-03-07-410-58-34	42680030051	Nītaure	1,7	Vēru I R-Vidzemes MS	Dm	11	8E103 1B83 1P83
82-04-07-714-188-9	88420030042	Stende	2	Abavas I Z-Kurzemes MS	Vr	-	-
82-05-07-712-437-8	88460050024	Dursupe	3,4	Mērsraga I Z-Kurzemes MS	Dm	10	6E4P 97
83-05-07-603-326-7 *	90900020195	Jaunpils	1,4	Tukuma I Zemgales MS	Vr	9	5B4E1P 87
80-29-07-501-360-9	74800060236	Ogre	3	Ogres I Vidusdaugavas MS	Dm	10	6E3P1B 98

\* Kontroles parauglaukums ir nogabals ar atslēgu 83-05-07-603-326-8 (1. tabula).

2. pielikumā dots detalizēts celmu raksturojums sadalījumā pa sugām visos izmēģinājumu objektos. Raksturojums sagatavots, balstoties uz mērījumiem, kas veikti pirms celmu izstrādes. Kopā visos objektos ir 1796 celmi, lielāko daļu iegūstamās biomasas (83 %) veido egļu celmi. Visvairāk celmu ir Ogres objektā (799 gab.). Vidējā celma caurmērs ir 34 cm, celma augstums 29 cm, aprēķinātais nozāģēto koku krūšaugstuma caurmērs – 26 cm.

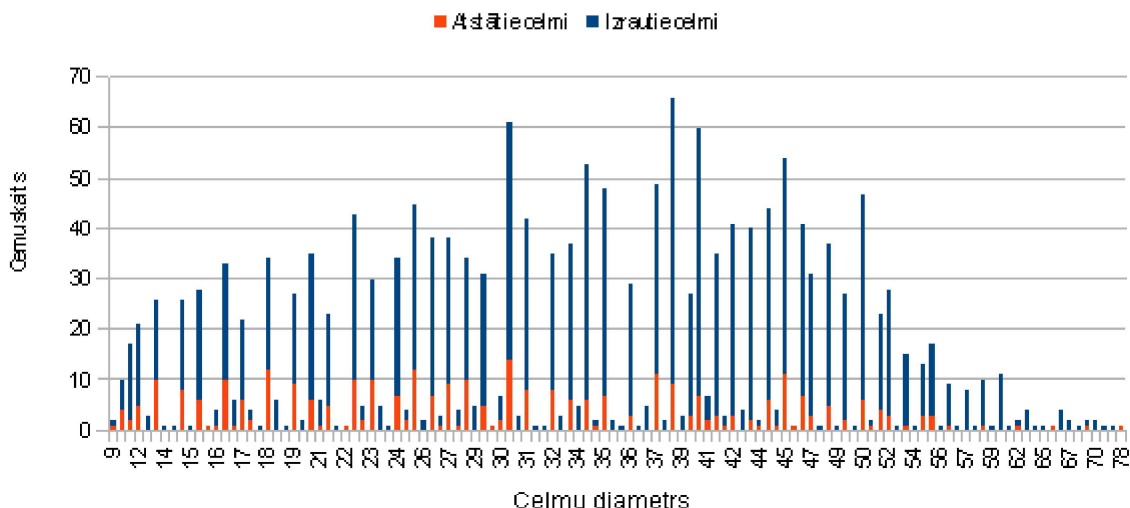
Kopējā celmu un sakņu biomasa atbilstoši celmu uzmērījumu datiem izstrādājamās platībās ir 171 tonna, iegūstamā biomasa – 149 tonnas (vidēji 87 %, 3.pielikums). Aptuveni 42 % iegūstamās biomasas ir Ogres izmēģinājumu objektā, kur atcelmošana 2012. gadā veikta salīdzinoši vislielākajā platībā.

Salīdzinot celmus, kuriem konstatētas trupes bojājumu pazīmes (34 % no celmu kopskaita) un ārēji veselus celmus, nav konstatētas atšķirības vidējā diametrā (4. pielikums). Tas nozīmē, ka vienādi tiek bojāti dažāda lieluma koku celmi. To apstiprina arī 3. attēlā redzamais trupējušo un ārēji veselo celmu skaita sadalījums caurmēra pakāpēs. Atšķirības ārēji veselo un trupējušo celmu diametrā nav konstatētas nevienā parauglaukumā.



### 3. attēls. Trupējušo un ārēji veselo celmu skaita sadalījums.

Atkārtots celmu raksturojums pētījumu objektos veikts pēc celmu izstrādes, balstoties uz darba laika uzskaites datiem. Izmantojot hronometrāžas datus, atlasīti celmi, kas netika izrauti (atradās par tuvu ekoloģiskajiem kokiem vai netika pamanīti), kā arī celmi, kas pirms tam, veicot celmu marķēšanu, netika pamanīti. Saskaņā ar darba laika uzskaites datiem izrauti 1568 celmi, tajā skaitā 82 % no marķētajiem celmiem. Papildus, nepamanītie celmi ir 6 % no sākotnēji marķēto celmu skaita. Mežā atstāti, lielākoties, mazo dimensiju celmi (4. attēls).

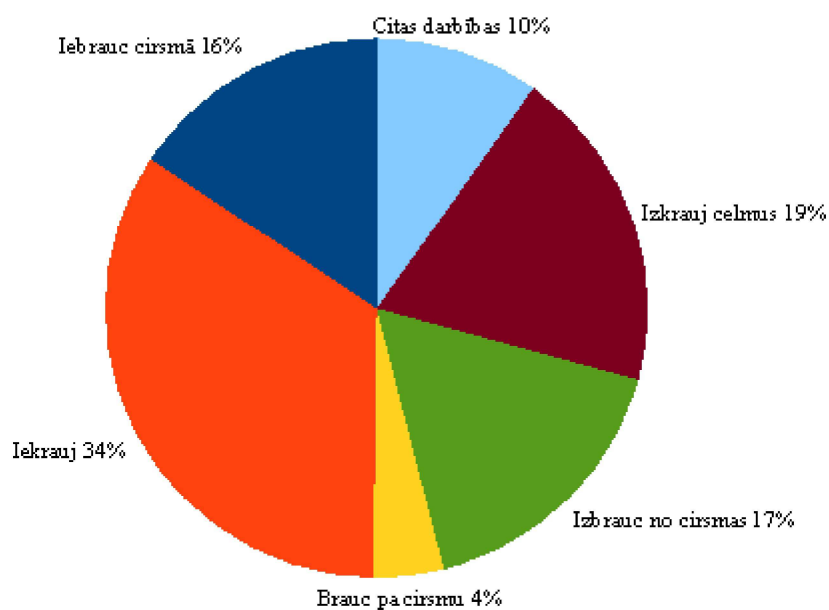


4. attēls. Izrauto un atstāto celmu skaita caurmēra sadalījums.

### 2.4.2. Celmu pievešanas darba ražīgums

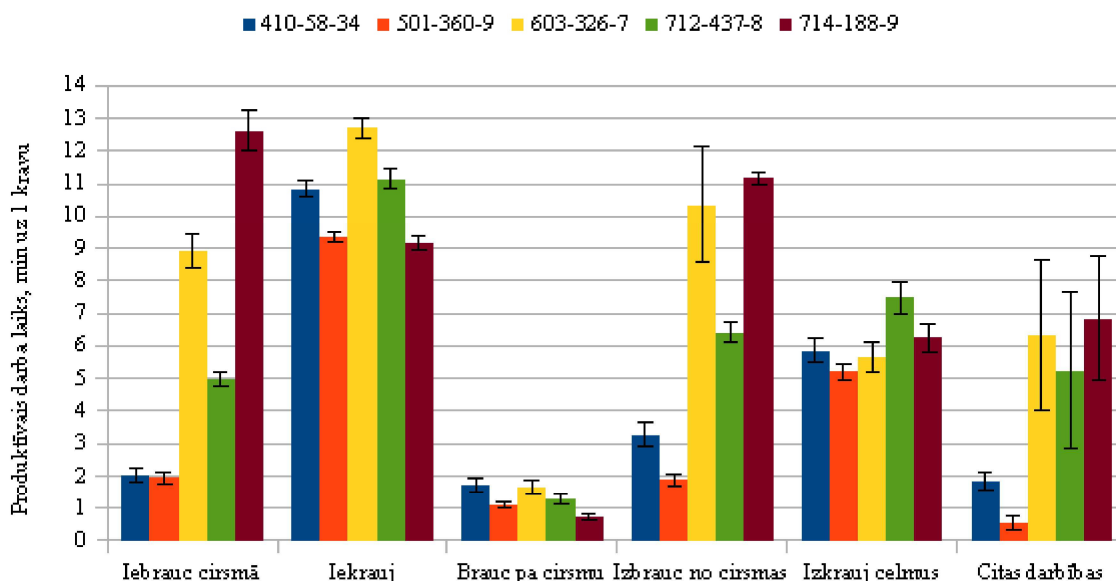
Izstrādātie celmi pievesti 74 kravās. Vidējā sausnas krava - 1,74 tonnas ar nenoteiktības intervālu  $\pm 0,12$  tonnas jeb 7,5 tonnas dabiski mitra materiāla ar nenoteiktības intervālu  $\pm 0,51$  tonna.

Pievešanas darba laika uzskaitē sastāvēja no 6 darba operācijām (5. attēls). Vislielāko īpatsvaru veido iekraušana, kas ietver arī kravas sakārtošanu.



5. attēls. Produktīvā darba laika sadalījums pievešanā.

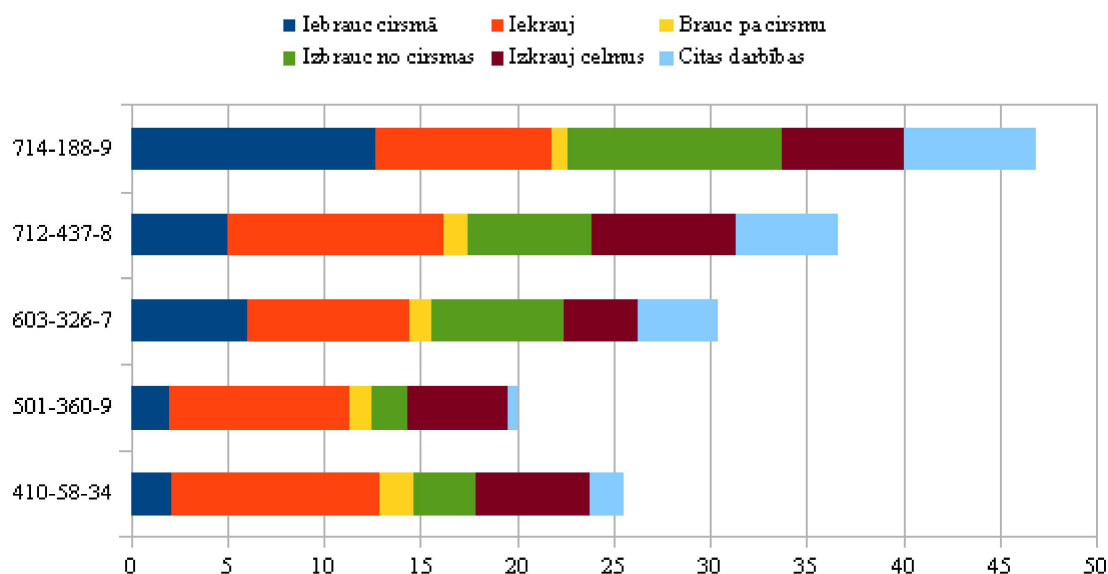
Vidēji vienas tonnas biomasas iekraušana aizņem 5,2 min., bet izkraušana 3 min. Produktīvā darba laika patēriņš minūtēs uz kravu salīdzinājums pa cīrsmām dots 6. attēlā.



6. attēls. Produktīvā darba laika patēriņš minūtēs uz 1 kravu.

Statistiski būtiskas atšķirības darba laika uzskaites darba operāciju salīdzinājumā pa cīrsmām nav konstatētas.

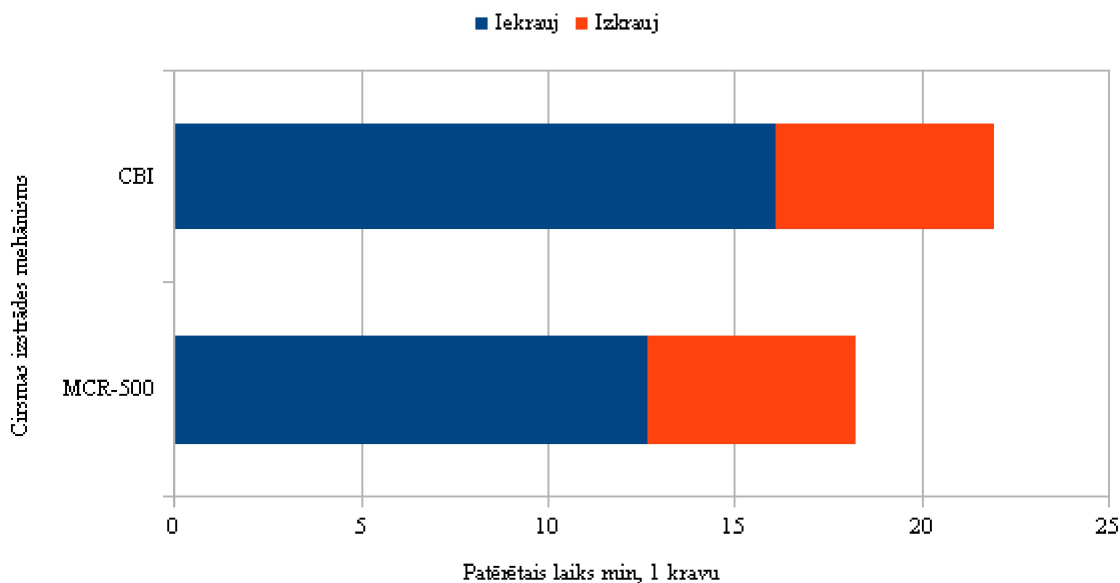
Kopā pievešanai patērētais produktīvais darba laiks vienai kravai atkarībā no cīrsmas ir no 19,9 līdz 46,8 min. Objektā 501-360-9 (Ogre), izvedot vienu kravu celmu, patērēts 2,4 reizes mazāk produktīvā darba laika, nekā izvedot vienu kravu celmu no objekta 714-188-9 (Stende) (7. attēls). Pievešanas darba ražīgumu būtiski ietekmēja laika apstākļi un augsnes nestspēja. Pēc lietus un mitrās vietās pievešana bija apgrūtināta un būtiski vairāk laika vajadzēja patērēt ceļa sagatavošanai, buksēšanai un kravu pārkārtošanai.



**7. attēls. Produktīvā darba laika patēriņš minūtēs uz 1 kravu sadalījumā pa cirmām.**

Tā kā ar CBI kausu izstrādāja 3 cirmsas, bet ar MCR-500 2 cirmsas, tad, analizējot iegūtās biomasas pievešanas rezultātus atkarībā no mehānisma, ar kādu cirmsa izstrādāta, jāsecina, ka cirmās, kuras izstrādātas ar CBI mehānismu, vidējais vienas kravas celmu iekraušanai un izkraušanai patērētais laiks minūtēs attiecīgi par 27 % un 5 % pārsniedz vidējo vienas biomasas kravas iekraušanas un izkraušanas laiku minūtēs cirmās, kas izstrādātas ar MCR-500 mehānismu (8. attēls).





**8. attēls. Produktīvā darba laika patēriņš minūtēs uz 1 kravu sadalījumā pa izstrādē izmantotajiem mehānismiem.**

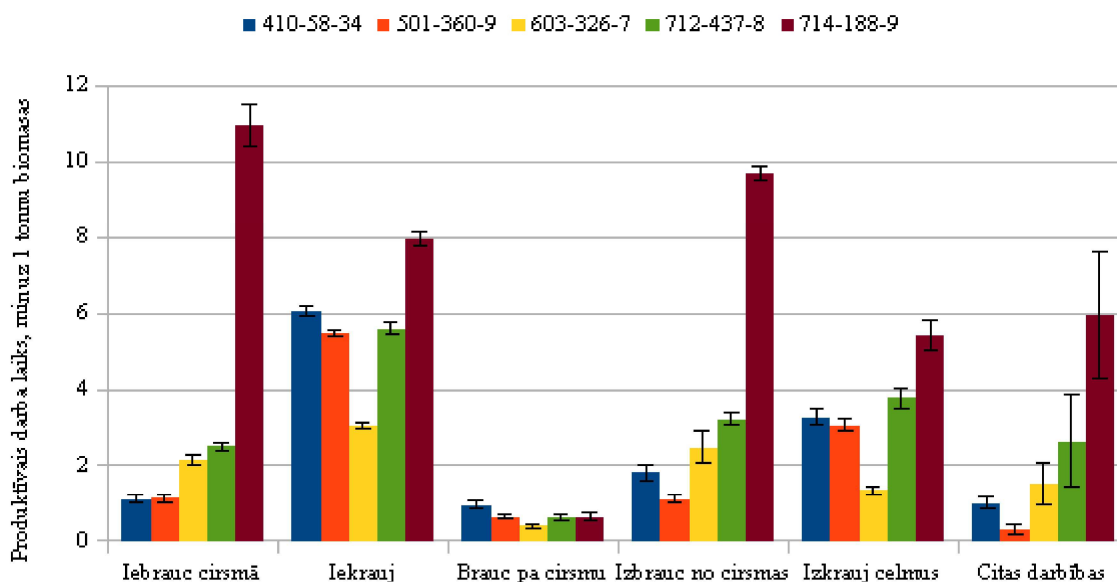
Kopsavilkums par produktīvā darba laika patēriņu minūtēs uz vienu tonnu sausnas dots 4. tabulā.

**4. tabula. Produktīvā darba laika patēriņš min. uz 1 tonnu sausnas.**

Objekts	Iebraukšana cirmā, min.	Iekraušana, min.	Brauc pa cirsma, min.	Izbrauc no cirsma, min.	Izkrauj celmus, min.	Citas darbības, min.	Nelietderīgais laiks, min.	Produktīvais laiks, min.
Nītaure	1,1	6,1	1,0	1,8	3,3	1,0	0,6	14,3
Ogre	1,1	5,5	0,6	1,1	3,1	0,3	0,5	11,8
Jaunpils	2,2	3,1	0,4	2,5	1,4	1,5	0,1	11,0
Dursupe	2,5	5,6	0,6	3,2	3,8	2,6	0,7	18,4
Stende	11,0	8,0	0,7	9,7	5,4	5,9	5,3	40,6

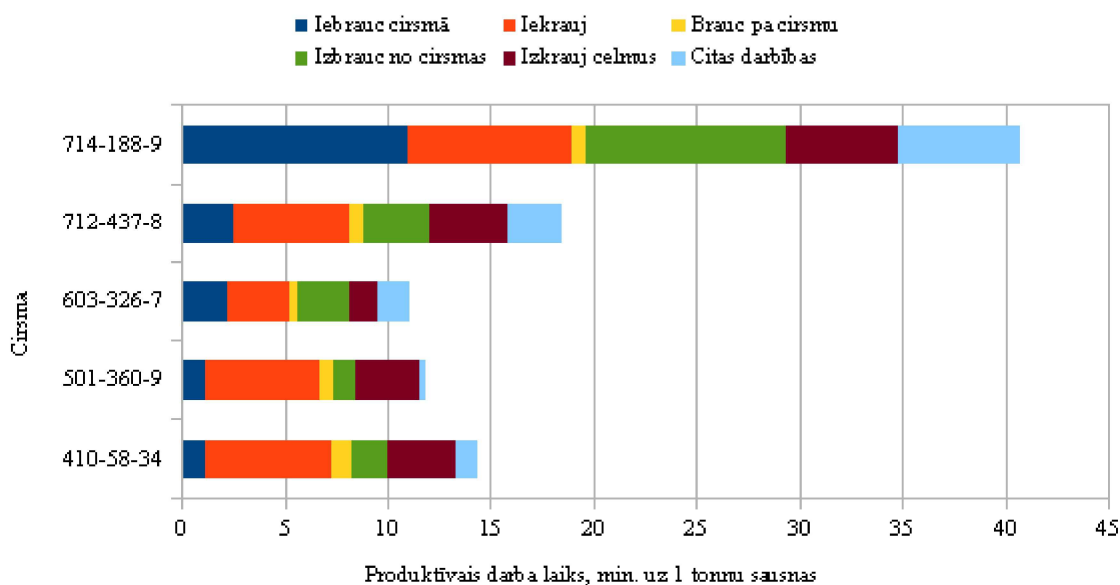
Kopējais produktīvā darba laika patēriņš vienas tonnas sausnas pievešanai salīdzinājumā pa cirmām parāda, ka vismazāk produktīvā darba laika patērēts pievedot sausni no Jaunpils cirsma, savukārt 3,7 reizes vairāk laika patērēts pievedot sausni no Stendes cirsma. Pievedot biomasu no Stendes cirsma, liels bijis iebraukšanas cirmā un izbraukšanas no cirsma laika īpatsvars, kas veidojis 51 % no kopējā produktīvā darba laika patēriņa minūtēs uz vienu tonnu sausnas. Pārējās cirmās iebraukšana un izbraukšana veido no 19 līdz 42 % no kopējā produktīvā laika īpatsvara uz tonnu sausnas minūtēs.

Statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ ) darba laika uzskaites darba operācijām pastāv starp cirsēm 410-58-34 (Nītaure), 501-360-9 (Ogre), 603-326-7 (Jaunpils) un cirsu 714-188-9 (Stende) (9. attēls).



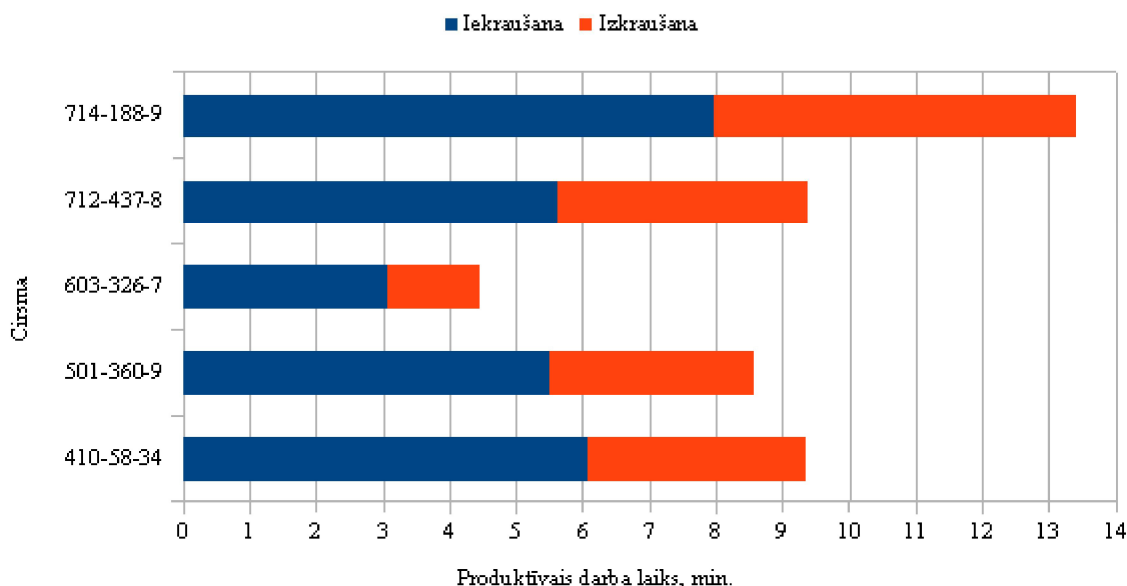
9. attēls. Produktīvā darba laika patēriņš minūtēs uz 1 tonnu sausnas.

Kopā pievešanai patērētais produktīvais darba laika patēriņš vienai tonnai sausnas dažādos objektos ir no 11,1 līdz 40,7 min. Objektā 603-326-7 (Jaunpils), izvedot vienu tonnu sausnas patērēts, 3,7 reizes mazāk produktīvā darba laika, nekā izvedot vienu tonnu sausnas no objekta 714-188-9 (Stende) (10. attēls).



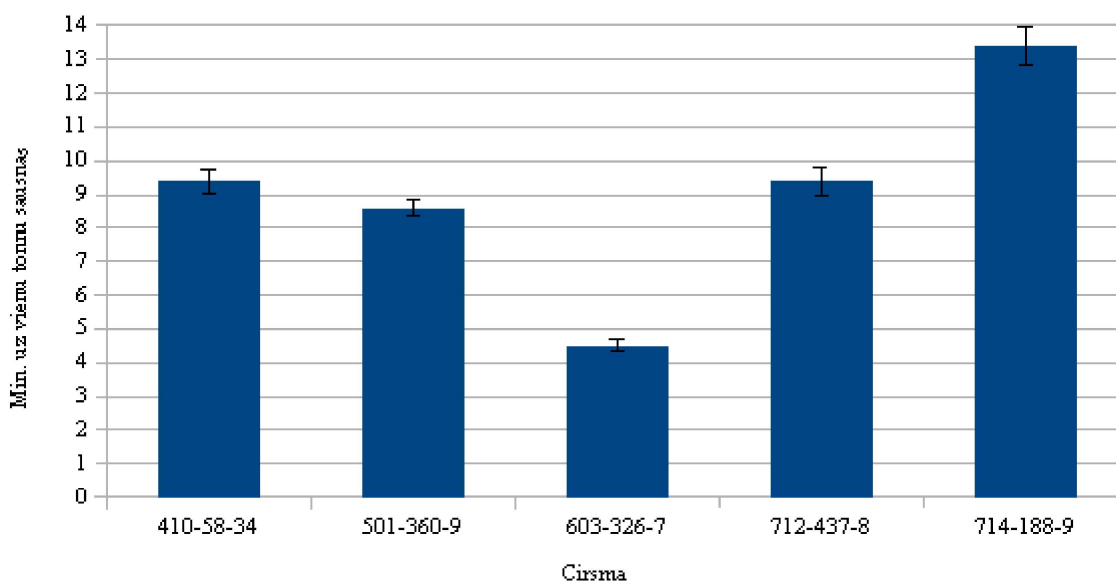
10. attēls. Kopējais produktīvā darba laika patēriņš minūtēs uz 1 tonnu sausnas sadalījumā pa cīrsmām.

Visvairāk produktīvā darba laika jeb vidēji 53 % no kopējā produktīvā darba laika tiek patērēts veicot iekraušanas un izkraušanas darba operācijas (11. attēls).



11. attēls. Iekraušanas un izkraušanas darba laika patēriņš minūtēs uz 1 tonnu sausnas sadalījumā pa cīrsmām.

Atkarībā no cirsmas, iekraušanas un izkraušanas darba operācijas vienai tonnai sausnas veido no 33 līdz 73 % no kopējā produktīvā darba laika.



**12. attēls. Iekraušanas un izkraušanas darba laika patēriņš minūtēs uz 1 tonnu sausnas salīdzinājumā pa cirsmām.**

Vismazāk darba laika, iekraujot un izkraujot vienu tonnu sausnas, tiek patērēts objektā 603-326-7 (Jaunpils), kas ir 4,5 min. ar nenoteiktības intervālu  $\pm 0,18$  min. Savukārt, vislielākais darba laika patēriņš pie iekraušanas un izkraušanas (13,4 min. ar nenoteiktības intervālu  $\pm 0,56$  min), konstatēts objektā 714-188-9 (Stende). Tas liecina, ka vislielāko ietekmi uz darba ražīgumu atstājusi nevis celmu izstrādes tehnika, bet gan laika apstākļi – slapju cirsmu izvešana aizņem būtiski vairāk laika.

Veselu celmu izstrāde, minimāli izmantojot celmu plēšanas nazi, kā tas tika darīts ar MCR-500 agregātu tehnisku problēmu dēļ, palielina celmu izstrādes un pievešanas darba ražīgumu, taču, visticamāk, radīs problēmas celmu smalcināšanas laikā un pasliktinās biokurināmā kvalitāti. Šo ietekmi parādīs celmu smalcināšanas izmēģinājumi. Secinājumus par celmu plēšanas ietekmi uz kopējo ražošanas cikla pašizmaksu varēs izdarīt pēc celmu smalcināšanas, bet jau tagad ir skaidrs, ka celmu izstrādes kausiem jānodrošina pēc iespējas precīzāka celmu pārplēšana, lai samazinātu smalko frakciju (nokniebtu sakņu, sairusu celmu) īpatsvaru.

Veselu celmu izstrādes priekšrocība ir iespēja savākt lielāko daļu pazemes biomasas, jo, pievedot veselus celmus, zudumi ir mazāki. Tas būs īpaši svarīgi, ja izrādīsies, ka pastāv cieša

korelācija starp cirsmā atstāto ar trupi inficēto pazemes biomasu un trupes izplatību nākošajā meža aprītē; attiecīgi, pamatmērķis trupes inficētās audzēs būs izvākt pēc iespējas vairāk iepriekšējās aprites inficēto koku biomasas.

### 2.4.3. Celmu biokurināmā pašizmaksa

Pētījumā iegūti dati par celmu izstrādes un pievešanas izmaksām. Celmu biokurināmā pašizmaksas un darba ražīguma aprēķinos izmantoti agrākos pētījumos par celmu izstrādi Latvijā iegūti dati, kas ietver celmu tālāku piegādi, smalcināšanu un šķeldu piegādi (Thor et al. 2008; Lazdiņš 2012). Izmaksu aprēķināšanai izmantots Latvijā izveidots darba stundas izmaksu aprēķinu modelis, kas balstīts uz Zviedrijā izstrādāto modeli FLIS (Lazdiņš 2012). Aprēķinu modelī atsevišķi aprēķināta celmu izstrādes, pievešanas, piegādes pa ceļu, smalcināšanas, pārkraušanas un šķeldu piegādes izmaksas, pieņemot, ka celmu piegādes attālums līdz lejasgala krautuvei ir 5 km, šķeldu piegādes attālums – 50 km, bet celmu pievešanas attālums līdz augšgala krautuvei ir 0,4 km, kas ir vidējais attālums, kādā pētījuma ietvaros celmi tika pievesti.

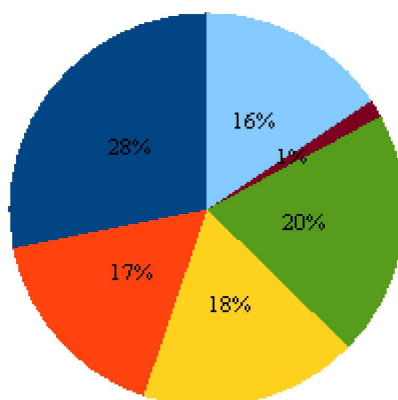
Veicot biokurināmā sagatavošanas tehnoloģiju analīzi, konstatēts, ka efektīvākais risinājums izmaksu samazināšanai atcelmošanas laikā ir augsnes sagatavošana vienlaicīgi ar celmu raušanu (tas ir iespējams, piemēram, ar MCR-500 kausu), kā arī divpakāpju celmu sasmalcināšanas ieviešana – līdz rupjiem gabaliem (D ap 20 cm) augšgala vai lejasgala krautuvē, atsijājot pie reizes lielāko daļu augsnes, un tad līdz sadedzināšanai piemērota izmēra lejasgala krautuvē vai pie patērētāja. Otrai smalcināšanai izmantojami drupinātāji ar elektropiedziņu (Lazdiņš, Lazdāns & Zimelis 2012).

Tā kā celmi pievesti no cirsmām, kuru izstrāde veikta ar diviem atšķirīgiem agregātiem, atšķiras arī celmu biokurināmā pašizmaksa. Celmu biokurināmā, kas iegūts izstrādē izmantojot celmu rāvēja MCR-500 prototipu, pašizmaksa ir 7,40 Ls ber. m<sup>-3</sup>, savukārt biokurināmā, kas iegūts celmus izstrādājot ar CBI celmu izstrādes kausu, pašizmaksa ir 7,52 Ls uz vienu ber. m<sup>-3</sup> šķeldu. Ņemot vērā nenoteiktības izstrādes un pievešanas etapos, celmu pašizmaksa, strādājot ar abiem agregātiem, būtiski neatšķiras.

Celmu izstrādes izmaksu aprēķinos izmantotais vidējais darba ražīgums motorstundās ir 2,39 tonnas<sub>Sausnas</sub> h<sup>-1</sup>. Celmu izstrāde ir 28 % no pašizmaksas, savukārt celmu pievešanas izmaksas kopējā izmaksu struktūrā, atkarībā no celmu izstrādē izmantotās tehnikas, ir 17-18 % no kopējās biokurināmā pašizmaksas. Būtisku ietekmi uz biokurināmā pašizmaksu rada celmu smalcināšanas izmaksas (13., 14. attēls).

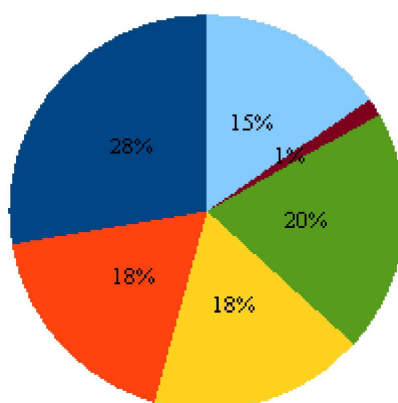
Aprēķinos pieņemts, ka celmu drupināšanu veic lejasgala krautuvē, t.i. ved uz krautuvi ar kravas mašīnām. Latvijā jau ir tehnika, ar ko veikt celmu smalcināšanu augšgala krautuvē (15. attēls), kas ļauj būtiski samazināt celmu šķeldu pašizmaksu. Jāņem vērā, ka šāda veida drupinātāji varētu būt īpaši jutīgi pret celmu izmēru un var netikt galā ar nesaplēstiem celmiem. Jaunākās paaudzes drupinātāji nereti ir aprīkoti ar sijāšanas galdiem, kas ļauj atbrīvoties no smalkās frakcijas, tajā skaitā augsnes, kurināmajā. Plānojot celmu izstrādi trupes bojātās audzēs, savlaicīgi jādomā par smalkās frakcijas izmantošanu – vai to var atstāt cīsmā, vai tomēr labāk to aizvest prom un pārstrādāt kompostā, lai mazinātu nākošās meža aprites inficēšanās risku.

■ Izstrāde      ■ Pievešana      ■ Celmu vešana  
 ■ Smalcināšana      ■ Šķeldu iekraušana      ■ Šķeldu transports



13. attēls. Celmu šķeldu prognozējamā pašizmaksas struktūra (izstrāde ar MCR-500).

■ Izstrāde      ■ Pievešana      ■ Celmu vešana  
 ■ Smalcināšana      ■ Šķeldu iekraušana      ■ Šķeldu transports



14. attēls. Celmu šķeldu prognozējamā pašizmaksas struktūra (izstrāde ar CBI).



**15. attēls. Drupinātājs Doppstadt AK635SA.**

Raujot tikai tos celmus, kas resnāki par 20 cm, darba ražīgums motorstundās pieaugtu līdz 3,71 tonnām  $h^{-1}$ , bet celmu biokurināmā pašizmaksa samazinātos par 10 %, bet izstrādei pieejamā celmu biomasa samazinātos par 2,5 %. Tas nozīmē, ka minimālo izstrādājamo celmu dimensiju izvēlei ir būtiska nozīme kurināmā pašizmaksas noteikšanā. Lai izdarītu pareizu izvēli par minimālo izstrādājamā celma diametru cirmsās, kur celmu izstrādes mērķis ir trupes ierobežošana, ir būtiski noskaidrot mazo dimensiju celmu lomu trupes izplatīšanā. Saskaņā ar Somijā veiktu pētījumu rezultātiem egļu audzēs nav lietderīgi plēst celmus, kas tievāki par 20 cm, taču trupes bojātās audzēs šo nosacījumu var ignorēt, rēķinoties ar papildus izmaksām nākošās meža aprites uzlabošanas vārdā. Atcelmošanas kausi, kas piemēroti lielu celmu izstrādei (abi izmēģinājumos izmantotie kausi), ar grūtībām tiek galā ar mazākiem celmiem, tāpēc ir jāmeklē tehnisks risinājums vai darba metode, kas vienlīdz labi tiktu galā gan ar mazākajiem, gan lielākajiem celmiem.

Celmu pievešanas izmaksu aprēķinos izmantotais vidējais darba ražīgums motorstundās ir 3,47 tonnas  $h^{-1}$ . Vidējais ātrums, ar kādu pievedējtraktors pārvietojas pa cirsma ir 80,4 m  $min^{-1}$ . Braukšanas ātrums būtiski samazinājās objektos ar aprūtinātiem braukšanas apstākļiem, t.i. pievešanas darba ražīgumu var būtiski palielināt, precīzi saplānojot darbus, lai platībās uz pārmitrām augsnēm strādātu sasaluma apstākļos vai sausākajā laikā vasarā. Oglekļa emisijas celmu pievešanas procesā, atkarībā no cirsma izstrādē pielietotā mehānisma, ir 0,31 (MRC-500) un 0,34 (CBI) kg C uz vienu ber.  $m^{-3}$  šķeldu. Pievešanas procesā attiecība starp oglekli biokurināmajā un patērētajā dīzeļdegvielā, atkarībā no cirsma izstrādē pielietotā

mehānisma ir attiecīgi 66:1, strādājot ar MCR-500 un 73:1, strādājot ar CBI. Kopā visā ražošanas un piegāžu procesā, atkarībā no cirsmas izstrādē pielietotā mehānisma, izmantotā tehnika patērē attiecīgi 2,58 (CBI) un 2,61 (MCR-500) kg C uz vienu ber. m<sup>-3</sup> šķeldu. Attiecība starp oglekli celmu šķeldās un patērētajā degvielā ir 32:1. Lielākās emisijas (27 % saskaņā ar agrāko pētījumu rezultātiem) rada celmu drupināšana, ja to veic ar dīzeļdegvielu darbināmos drupinātājos. Tas liecina, ka celmu šķeldas atbilst biokurināmā ilgtspējības kritērijiem (SEG emisiju samazinājums par 30 %, aizstājot fosilo kurināmo ar biomasu). Būtisku emisiju samazinājumu var panākt, aizstājot dīzeļdzinējus ar elektromotoriem. Ziemeļvalstīs veikti pētījumi par pārvietojamu transformatoru izmantošanu ar elektrību darbināmu drupinātāju izmantošanai lejasgala krautuvēs, taču veiksmīgai šādas tehnoloģijas ieviešanai nepieciešams plašs decentralizēts elektrotīkls periodiskai lielas jaudas patērētāju pieslēgšanai. Elektrotīkla attīstība saistīta ar atmežošanu, būvējot lielākas caurlaidības elektrolīnijas, līdz ar to ieguvumi no pārejas uz drupinātājiem, ko darbina elektroenerģija, varētu būt nosacīti.

## 2.5. Secinājumi par celmu pievešanu

1. Kopā no visiem izmēģinājuma objektiem augšgala krautuvē bija jāizved 137 tonnas celmu biomasas, no kuras lielākā daļa (78 %) ir egļu celmi. Tomēr faktiskais iegūstamās biomasas daudzums vēl jānoskaidro, jo iepriekšējie pētījumi apliecina, ka allometriskie biomasas vienādojumi, kas izstrādāti Ziemeļvalstīs, dod nepareizu priekšstatu par pazemes biomasu.
2. Celmu izvešana ziemā var būt apgrūtināta, ja atkušņi mijas ar sasaluma periodiem, tāpēc ziemā celmi jāizved vai nu uzreiz pēc izstrādes vai jāatstāj līdz nākamajai vasarai cirsmā.
3. Lai izdarītu pareizu izvēli par minimālo izstrādājamā celma caurmēru cirsmās, kur celmu izstrādes mērķis ir trupes ierobežošana, jānoskaidro mazo dimensiju celmu lomu trupes izplatīšanā.
4. Ar CBI mehānismu izstrādāto cirsmu vidējais vienas celmu kravas iekraušanai un izkraušanai patērētais produktīvais darba laiks ir lielāks, nekā ar MCR-500 mehānismu izstrādāto celmu vienas kravas iekraušanas un izkraušanas laiks. Visticamāk, ka tas saistīts ar ekskavatora tehniskām problēmām, jo MCR-500 kausa celmu plēšanas nazis faktiski nestrādāja un ekskavators rāva veselus celmus, kuru pievešana prasa mazāk laika. Statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ ) pievešanas darba ražīgumā konstatētas starp objektu 714-188-9 un trim pārējiem objektiem (410-58-34, 501-360-9, 603-326-



- 7), kas saistīts ar būtiski lielāku darba laika patēriņu (51 % no kopējā produktīvā darba laika) iebraukšanai un izbraukšanai no cirsmas. Šis piemērs liecina, ka darba apstākļiem (augšnes nestspējai) ir būtiski lielāka ietekme uz darba ražīgumu, nekā izraudzītajai izstrādes tehnikai. Platībās ar sliktu augšnes nestspēju ir jā saglabā celmi uz pievešanas ceļiem, kas var mazināt plānoto trapes ierobežošanas efektu.
5. Kurināmā pašizmaksas noteikšanā liela nozīme ir minimālā izstrādājamā celma dimensijām, jo raujot tikai celmus, kas resnāki par 20 cm, darba ražīgums motorstundās pieaugtu līdz 3,71 tonnām h<sup>-1</sup>, bet celmu biokurināmā pašizmaksā samazinātos par 10 %, savukārt izstrādei pieejamā celmu biomasa samazinātos par 2,5 %.
6. Kopā visā ražošanas un piegādes procesā, atkarībā no cirsmas izstrādē pielietotā mehānisma, tiek patērēti 2,58 (CBI) un 2,61 (MCR-500) kg C uz vienu ber. m<sup>-3</sup> šķeldu. Attiecība starp oglekli celmu šķeldās un patērētajā degvielā ir 32:1.

### 3. Augsnes sagatavošanas kvalitātes novērtējuma metodika

#### 3.1. Stādvieta uzskaitē

Augsnes sagatavošanas kvalitātes novērtējums ietver stādvieta skaita, augsnes pretestības, mineralizētās joslas un mitruma satura augsnes virskārtā novērtējumu.

Stādvieta skaits novērtēts uz parauglaukuma garākās diagonāles ik pēc 20 m izvietotos 25 m<sup>2</sup> lielos apļveida parauglaukumos (uzskaites punktos), uzskaitot mineralizētus laukumus ar vismaz 30 cm rādiusu un kuru centri atrodas vismaz 1,5 m attālumā. Uzskaites punkti netika ierīkoti uz apaļkoku pievešanas ceļiem, ja zari ir atstāti mežā. Lai noteiktu apaļkoku pievešanas ceļu platību, kur nav veikta augsnes apstrāde, parauglaukumi šķērsoti trīs vietās perpendikulāri pievešanas ceļu virzienam un noteikts attālums starp ceļiem, ceļu skaits un platums. Neapstrādāto platību zem apaļkoku pievešanas ceļiem izslēdz no stādvieta skaita aprēķina, t.i. vidējo stādvieta skaitu uzskaites laukumos attiecina uz parauglaukuma platību bez apaļkoku pievešanas ceļiem. Augsnes apstrāde izmēģinājumos veikta ar šķīvju irdinātāju, tāpēc stādvieta skaita novērtējumā pieņem, ka stādīšanu veic “uz tiltiņa” un mineralizētā laukuma uzskaitē ietver gan vagu, gan atgāzto velēnu, gan celmu izstrādes laikā skarificēto platību.

Visos uzskaites punktos ar penetrolgeru noteikta augsnes pretestība (sablīvējums) uz pacilām un ar šķīvju irdinātāju mineralizētajā daļā līdz 80 cm dziļumā. Sablīvējuma mērīšanai izmantots Eijkelkamp digitālais penetrolgers (16. attēls). Katrā uzskaites punktā uzskaitē identificētajās stādvieta vietās “uz tiltiņa” veikti pieci dūrieni. Ja stādvieta skaits uzskaites punktā ir mazāks par 5, atlikušos dūrienus veic ticamākajās stādīšanas vietās. Datu apstrādē izmantota vidējā augsnes pretestība visā augsnes slāņa biezumā, kā arī augsnes pretestība 0-20 cm dziļumā. Vienlaicīgi ar augsnes pretestību noteikts relatīvais mitruma saturs augsnes virskārtā (0-5 cm dziļumā).

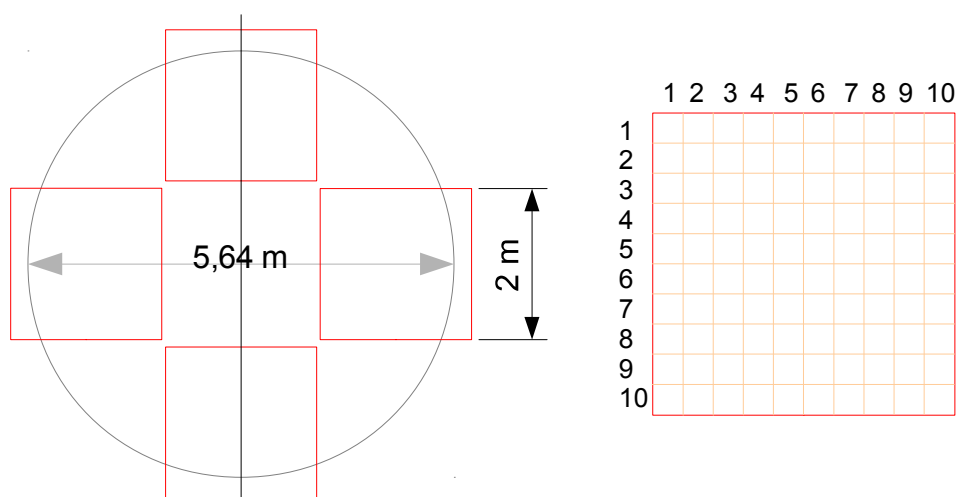


**16.attēls. Augsnes pretestības noteikšana ar penetrolgeru.**

Empīriski ar penetrolgeru iegūtie spiediena spēka dati pārrēķināti penetrācijas pretestības mērvienībās – megapaskālos (MPa). Lai pārrēķinātu spiedienu no spēka uz pretestības mērvienībām, izmantojams 1. vienādojums.

$$MPa = \frac{\text{Spēks } N}{2 \text{ cm}^2 \text{ (konusa laukums)} \cdot 100} \quad (1)$$

Mineralizētais laukums noteikts tajos pašos uzskaites laukumos, kur veikta stādvieta uzskaitē un augsnes pretestības mērījumi. Mineralizētā laukuma noteikšanai katrā uzskaites punktā izdarīti 4 fotouzņēmumi atbilstoši 17. attēlā parādītajai shēmai. Lai iezīmētu pētāmo teritoriju, izmantots kvadrāta formas saliekams plastmasas rāmītis ar malas garumu 2 m; attiecīgi, katrā uzskaites punktā mineralizēto laukumu novērtēts 16 m<sup>2</sup> lielā platībā. Veicot iegūto attēlu apstrādi, fotogrāfijām uzlikts rūtiņu režģis, kur katra rūtiņa atbilst 1 % no rāmīša platības, un vizuāli noteikts, vai augsne attiecīgajā rūtiņā ir skarificēta vai nē. Rezultātā iegūts katra uzskaites punkta un parauglaukuma vidējais mineralizēto laukumu procents. Ja parauglaukumā bija saglabājušies apaļkoku pievešanas ceļi, to platību izslēdza no mineralizētā laukuma aprēķina.



17. attēls. Mineralizētā laukuma noteikšanas rāmīši (kreisajā pusē fotogrāfiju izdarīšanas shēma, kreisajā – rāmītis fotogrāfiju analīzei).

### 3.2. Stādīšanas kvalitātes novērtējums

Stādīšanas kvalitāti 2013. gada pavasarī novērtēja uz izmēģinājumu objekta garākās diagonāles ik pēc 20 m izvietotos 25 m<sup>2</sup> lielos apļveida parauglaukumos ( $r = 2,82$  m), uzskaitot visus iestādītos stādīņus un novērtējot izraudzītās stādvietas kvalitāti.

Lai raksturotu stādvietau kvalitāti, uzskaites lapā atzīmēts, vai stādīņš iestādīts vagā, uz tiltiņa, atgāztas velēnas, ekskavatora skarificētā platībā vai nesagatavotā augsnē. Atsevišķā uzskaites lapas (5. tabula) kolonnā atzīmē, vai eglīte iestādīta uz apaļkoku pievešanas ceļa.

5. tabula. Stādvietau uzskaites lapa.

Nr.	Obj. & pl. <sup>1</sup>	Pl. nr.	Stādvieta					Tehnoloģiskais koridors
			Vagā	Uz tiltiņa	Uz atgāztas velēnas	Skarificēts laukums	Nesagatavota augsne	
1.								√
2.								
3.								

<sup>1</sup> Objektu apzīmē ar kvartāla, nogabala un parauglaukuma (variānta) numuru.

Aprēķinu gaita stādīšanas kvalitātes vienkāršai pārbaudei parādīta 6. tabulā. Saskaņā ar šo aprēķinu platībā, kurā nepieciešami 2200 gab. ha<sup>-1</sup> egles stādiņi, vidējam attālumam starp aizņemto stādvieta centriem jābūt 2,2 m, bet, ja vēlamo stādvieta skaits ir 1 600 gab. ha<sup>-1</sup>, vidējam attālumam starp aizņemto stādvieta centriem jābūt 2,5 m.

6. tabula. Aprēķinu metode ātrai stādvieta skaita pārbaudei uz lauka.

Aprēķinu gaita	Rādītājs
$m = \pi r^2, \text{ kur}$ $m - \text{parauglaukuma platība, m}^2;$ $r - \text{parauglaukuma rādiuss, m.}$	Parauglaukuma laukums, m <sup>2</sup>
$m_2 = \frac{10000(1 - m_1)}{n}, \text{ kur}$ $m_2 - \text{laukums ap katru stādvieta, m}^2;$ $m_1 - \text{tehnoloģisko koridoru platība, \%};$ $n - \text{vēlamais stādvieta skaits, gab. ha}^{-1}.$	laukums ap katru stādvieta, m <sup>2</sup>
$n_1 = \frac{m}{m_2}, \text{ kur}$ $n_1 - \text{vēlamais stādvieta skaits parauglaukumā, gab.}$	stādvieta parauglaukumā, gab.
$n_2 = 2 \sqrt{\frac{n_1}{\pi}}, \text{ kur}$ $n_2 - \text{vēlamais attālums starp stādiem, m.}$	vēlamais attālums starp stādvieta, m

## **4. Atcelmošanas eksperimenta objektos izstādītā stādmateriāla morfoloģiskais raksturojums un sakņu mikorizācijas novērtējums**

### **4.1. Metodika**

Eksperimentālie stādījumi celmu raušanas eksperimenta objektos (3. tabula) ierīkoti laika posmā no 30.05. – 25.06.2013. Jaunpils, Dursupes un Ogres iecirkņu parauglaukumos stādīti egļu kailsakņi ar uzlabotu sakņu sistēmu, savukārt Nītaures un Stendes parauglaukumos - egļu ietvarstādi. Jaunpils stādījumā izmantots trīsgadīgs stādmateriāls, bet pārējos stādījumos – divgadīgs.

Tā kā eksperimentālajiem stādījumiem katrā no pētījuma objektiem tika izmantots izcelsmes vai audzēšanas tehnoloģijas ziņā atšķirīgs stādmateriāls, morfoloģisko rādītāju un sakņu mikorizācijas novērtējums veikts katram no stādu variantiem. Stādu morfoloģiskie rādītāji (virszemes daļas garums un masa, sakņu kakla diametrs, sakņu masa) raksturoti 50 stādiem (70 - no Jaunpils stādījumiem) no katra varianta (kopā 270 stādi). Stādi no eksperimenta objektiem transportēti uz laboratoriju un uzglabāti aukstuma kamerā pie 4°C vienu līdz piecas dienas līdz to apstrādei. Sākotnēji stādi izmērīti, un to saknes rūpīgi nomazgātas tekošā ūdenī. Lai noteiktu virszemes daļu un sakņu masu, stādi žāvēti 70°C temperatūrā 24 stundas.

Sakņu mikorizācija un dominējošie mikorizas tipi noteikti 25 stādiem no katra varianta (kopā 125 stādi). Sakņu paraugi tika apskatīti stereomikroskopā (Leica MZ-7,5), lai 100 randomizēti izvēlētam saknēm novērtētu mikorizāciju un noteiktu mikorizu veidojošo sēnes morfotipu, balstoties uz mikorizu morfoloģiskajā pazīmēm (krāsa, forma, mantijas struktūra, rizomorfu un ārējā micēlija sastopamība) (Agerer, 1986-2006).

Lai noteiktu morfotipu piederību kādai konkrētai sēņu sugai, paredzēts lietot molekulārās sugu noteikšanas metodes. Lai to veiktu, no visiem morfotipiem, kas konstatēti uz analizētajiem egļu stādiem, ievāktas 1-5 atsevišķas īssaknītes un ievietotas Ependorfa trauciņos, fiksējot 70% etanola šķīdumā. Sakņu paraugi tālākām DNS analīzēm uzglabāti saldētavā -16° C temperatūrā.

### **4.2. Rezultāti**

Iegūtie rezultāti par stādmateriāla garumu, sakņu kakla diametru un sauso masu apkopoti 7. tabulā. Savstarpēji salīdzinot stādmateriāla variantus, redzams, ka Jaunpils stādmateriālam, kas bija vecāks, ir augstāki morfoloģiskie rādītāji, salīdzinot ar citos objektos

izmantoto stādmateriālu (7. tabula). Piemēram, virszemes daļu garums Jaunpils stādmateriālam bija vidēji 43 cm, savukārt pārējiem variantiem vidēji no 20 cm līdz 28 cm.

**7. tabula Eksperimentālos stādījumos izmantoto stādu morfoloģiskie rādītāji.**

<b>Eksperimentālo stādījumu objekts</b>	<b>Stādu garums, cm</b>	<b>Sakņu kakla diametrs, cm</b>	<b>Sakņu masa, g</b>	<b>Virszemes daļu masa, g</b>
Jaunpils	43,2±0,8	0,69±0,01	5,7±0,3	17,2±0,8
Nītaure	20,4±0,3	0,35±0,01	1,1±0,1	2,0±0,1
Ogres	28,0±0,6	0,50±0,01	3,0±0,2	6,3±0,3
Dursupe	26,6±0,5	0,47±0,01	2,2±0,1	5,4±0,2
Stende	27,5±0,4	0,37±0,01	0,9±0,1	2,5±0,1

Tā kā mikoriza ir nozīmīga kokaugu apgādē ar barības vielām (Harley & Smith, 1989), pētījuma ietvaros novērtēta arī stādu mikorizācija. Iegūtie dati par stādmateriāla sākotnējo mikorizāciju un mikorizas tipu sastopamību apkopoti 8. tabulā. Stādu mikorizācija bija augstāka Nītaures un Ogres stādmateriālam (97... 99%) un zemāka Jaunpils, Dursupes un Stendes stādmateriālam (81... 87%). Literatūras dati liecina, ka kokaugi ar labi mikorizētām saknēm ir vitālāki un labāk aizsargāti pret patogēnajām sēnēm, salīdzinājumā ar nemikorizētā vai slikti mikorizētām saknēm (Marx, 1973). Stādu izaugšanos ietekmē ne tikai sakņu kopējā mikorizācijas pakāpe, bet arī atsevišķo mikorizas tipu sastopamība un daudzveidība. Dažādām mikorizas sēņu sugām ir dažādas pielāgošanās spējas vides stresa apstākļiem (Pietro et al. 2007, Lehto 2008), un līdz ar to mikorizu daudzveidība ir svarīgs faktors sakņu vitalitātes novērtēšanā. Iegūtie rezultāti liecina, ka visos parauglaukumos izmantoto stādmateriālu raksturo augsta mikorizācijas pakāpe 81 ... 97% (vidēji 90%) (8. tabula).

Salīdzinot Šenona indeksu, kas norāda mikorizu daudzveidību, konstatēts, ka relatīvi augstākā mikorizu daudzveidība ir Nītaures un Jaunpils stādmateriālam, salīdzinot ar citiem variantiem. Kā Nītaures, tā Jaunpils stādmateriālā dominēja tumšās mikorizas ar ārējo micēliju, savukārt citu parauglaukumu stādmateriālā dominēja citi mikorizu tipi (Ogres stādmateriālā – tumšās mikorizas, Stendes stādmateriālā – mikorizas ar „matētu” sēņu mantiju, Dursupes stādmateriālā – brūnās mikorizas). Tā kā analizētais stādu apjoms stādmateriāla heterogenitātes dēļ bija lielāks nekā sākotnēji bija plānots, pārskata periodā mikorizas sēnes netika noteiktas. Turpmākajā darbā paredzēta mikorizas sēņu sugu identificēšana, izmantojot molekulārās metodes, kas ļaus arī detalizētāk raksturot dažādu parauglaukumu apmežošanai lietotā stādmateriāla atšķirības.

**8. tabula. Eksperimentā izmantotā stādmateriāla sakņu mikorizācijas novērtējums.**

<b>Eksp. stādījumu objekts</b>	<b>Mikorizācijas %</b>	<b>Mikorizu daudzveidība (Šenona indekss)</b>	<b>Mikorizu tipu skaits</b>
Nītaure	97±1	1.89	6
Ogres	99	1.69	5
Jaunpils	81±2	1.80	6
Dursupe	87±2	1.71	7
Stende	87±2	1.68	4

### **4.3. Secinājums**

Atcelmoto platību apmežošanai izmantoto A/S „Latvijas valsts meži” „Sēklas un stādi” kokaudzētavās izaudzēto egļu stādmateriālu raksturo augsta mikorizācijas pakāpe – vidēji 90%.



## 5. Meža atjaunošanas rezultāti

Stādvieta un stādu skaita uzskaitē atjaunotajās platībās veikta 2013. gada 15.-17. jūlijā. Stendes un Ogres objektos vēl nav pabeigta stādīšana (nav iestādīti melnalkšņa stādi), tāpēc stādu skaits ir būtiski mazāks, nekā citos objektos un mazāks par meža atjaunošanas normatīvos noteiktajām prasībām. Ogrē neatcelmotajā platībā stādu skaits ir būtiski lielāks, nekā atcelmotajā, jo uzmērīta visa kontroles platība, ne tikai melnalkšņa un egles stādīšanai paredzētā teritorija.

Stādīšana visās platībās veikta “uz tiltiņa” (18.attēls) vai vagas dibenā (sausākajās vietās), stādīti egļu konteinerstādi un kailsakņu stādi ar uzlaboto sakņu sistēmu.

Vidējais stādu skaits atcelmotajās platībās, kur stādīšana pabeigta, ir  $1961 \text{ gab. ha}^{-1}$ , kontroles platībā –  $2140 \text{ gab. ha}^{-1}$ . Atcelmotajā platībā iestādīto stādu skaits ir mazāks par normatīvos noteiktajām prasībām, izņemot pie Dursupes esošo objektu (9. atbula), lai gan statistiski būtiska atšķirība starp atcelmotajiem objektiem un kontroles platību nav konstatēta ( $p > 0,05$ ). Grafiski stādu skaits atcelmotajā un kontroles platībā parādīts 19.attēlā, atšķirība no vidējā stādu skaita attiecīgajā objektā ir 20. attēlā.

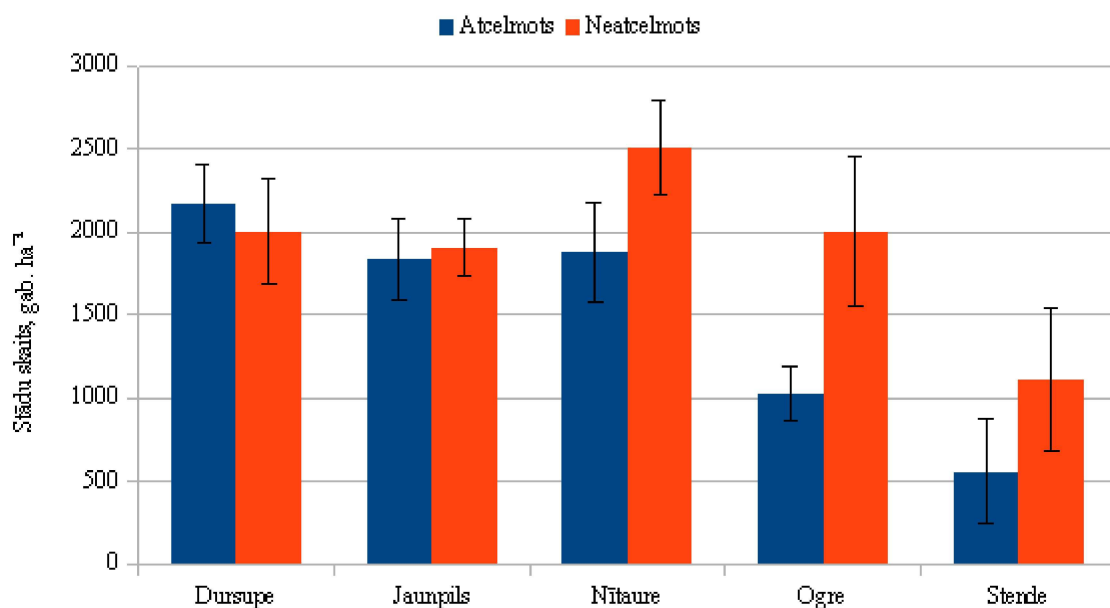
Stendes objektā celmu pievešana pabeigta pēc egļu stādīšanas un daļa stādiņu ir bojāta pievešanas laikā, tāpēc šajā objektā atcelmotajā platībā jau rudenī tiks veikta melnalkšņa stādīšana, t.sk. kompensējot bojāto egļu stādu skaitu. Ogres objektā vēl jāiestāda 1000 melnalkšņa stādiņi (500 gab. kontroles platībā un 500 gab. atcelmotajā laukumā).



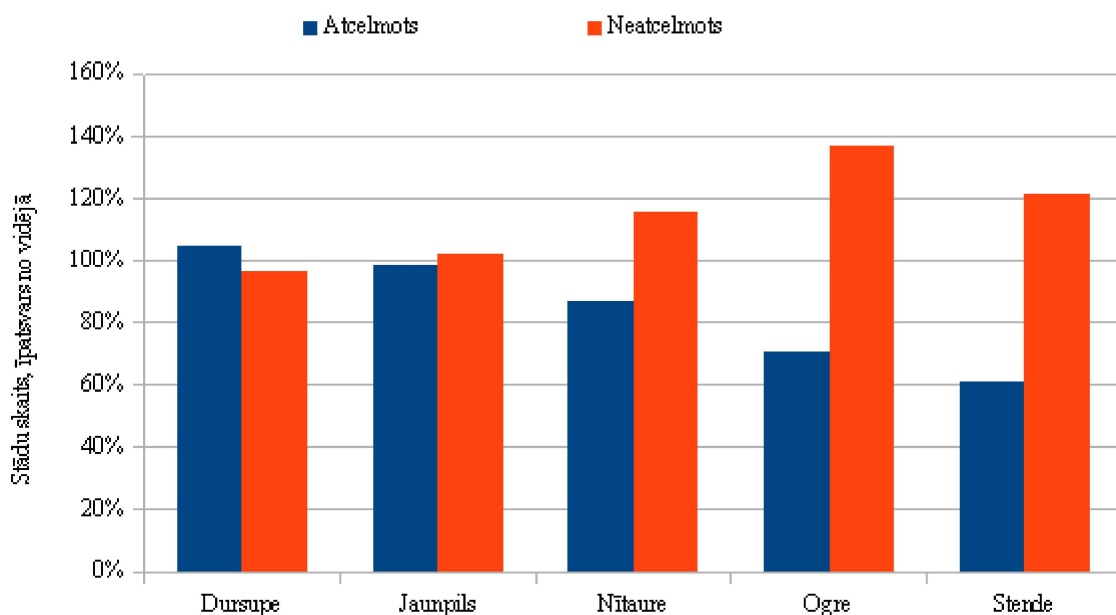
18. attēls. Stādīšana "uz tiltiņa".

9. tabula. Stādu skaits atjaunotajās platībās.

Objekts	Atcelmots	Neatcelmots	Vidēji
Dursupe	2171 ± 236	2000 ± 320	<b>2067 ± 215</b>
Jaunpils	1833 ± 248	1911 ± 176	<b>1867 ± 158</b>
Nītaure	1877 ± 303	2509 ± 284	<b>2167 ± 243</b>
Ogre	1029 ± 160	2000 ± 453	<b>1456 ± 289</b>
Stende	560 ± 317	1111 ± 433	<b>914 ± 326</b>
<b>Vidēji</b>	<b>1545 ± 183</b>	<b>1937 ± 195</b>	<b>1741 ± 139</b>



19. attēls. Stādu skaits dažādos izmēģinājumu variantos.

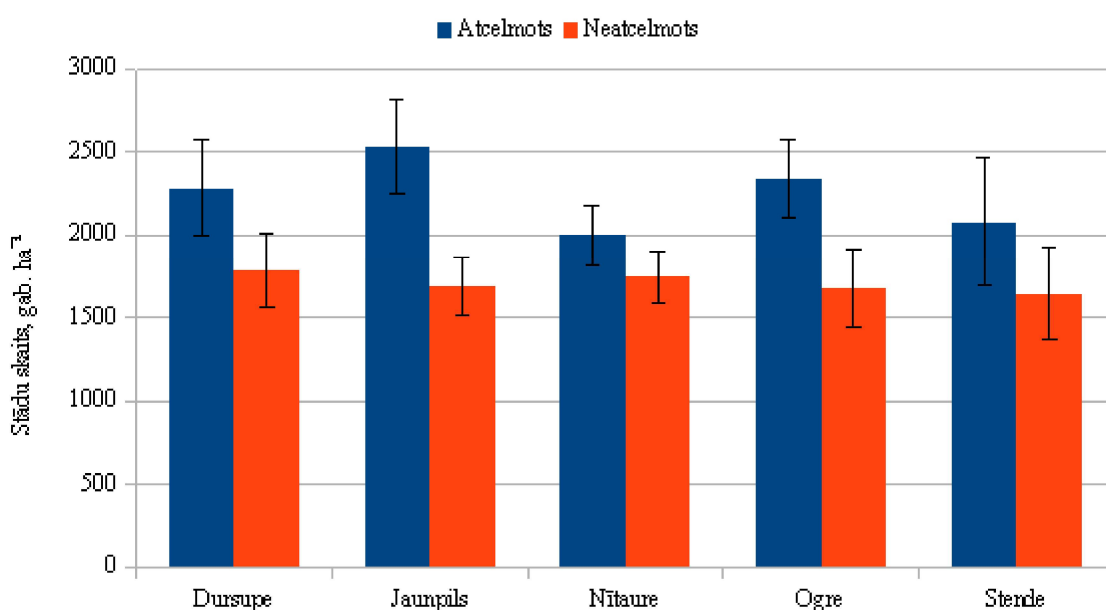


20. attēls. Stādu procentuālais īpatsvars no vidējā nogabalā.

Stādvieta (stādīšanai piemēroti laukumiņi) skaits izmēģinājumu objektos parādīts 10. tabulā un 21. attēlā. Vidējais stādīšanai piemēroto mineralizēto laukumiņu skaits atcelmotajā platībā ir 2260 gab. ha<sup>-1</sup>, bet kontroles platībās – 1710 gab. ha<sup>-1</sup>. Stādīšanai piemēroto laukumiņu skaits atcelmotajā platībā ir būtiski lielāks, nekā kontroles platībās, bet stādītāji nav izmantojuši mineralizētos laukumiņus ārpus disku arkla sagatavotajām joslām.

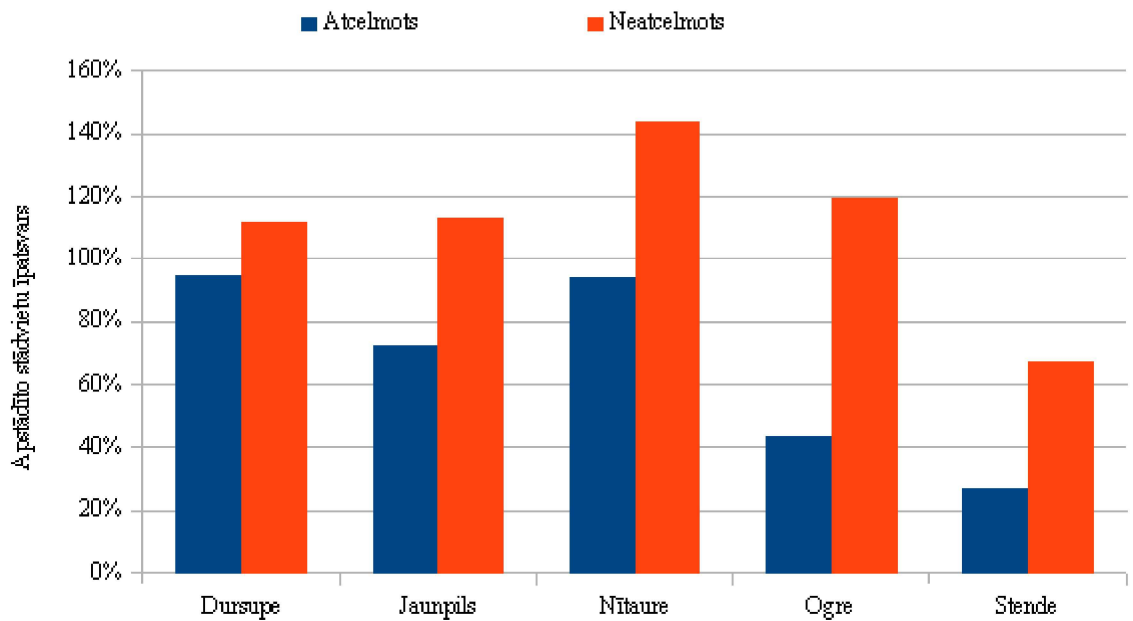
10. tabula. Stādvieta skaits atjaunotajās platībās.

Objekts	Atcelmots	Neatcelmots	Vidēji
Dursupe	2286 ± 285	1782 ± 223	1978 ± 207
Jaunpils	2533 ± 281	1689 ± 176	2171 ± 254
Nītaure	2000 ± 179	1745 ± 161	1883 ± 130
Ogre	2343 ± 233	1673 ± 234	2048 ± 211
Stende	2080 ± 388	1644 ± 278	1800 ± 246
<b>Vidēji</b>	<b>2267 ± 125</b>	<b>1710 ± 94</b>	<b>1988 ± 95</b>



21. attēls. Stādvieta skaits dažādos izmēģinājumu variantos.

Kontroles platībās iestādīto stādīņu skaits ir lielāks, nekā stādīšanai piemēroto laukumiņu skaits (stādu skaits dalīts ar stādvieta skaitu ir lielāks par 100 %, 22. attēls). Tas liecina, ka augsnes sagatavošana ar disku arklu izmēģinājumos nav nodrošinājusi pietiekoši lielu stādvieta skaitu, lai izpildītu normatīvu prasības, un, neskatoties uz to, ka kontroles platībās iestādīto stādīņu skaits ir lielāks, nekā atcelmotajā platībā, daļa stādīņu atrodas nepiemērotās vietās un jau pirmajā gadā cietīs no konkurences ar zālaugu veģetāciju. Jāatzīst, ka arī atcelmotajā platībā stādītāji nav izmantojuši atcelmošanas radītās priekšrocības un stādījuši eglītes tikai disku arkla apstrādātajās joslās, tāpēc arī atcelmotajās platībās daļa stādīņu jau pirmajā gadā cietīs no zemsegas augu konkurences.



**22. attēls. Stādvieta skaita izmantošanas īpatsvars.**

### **Secinājumi par meža atjaunošanas gaitu**

1. Pētījuma sākotnējie rezultāti liecina, ka stādīšanas darbu veicēji pagaidām nav gatavi izmantot priekšrocības, ko dod papildus augsnes skarificēšana atcelmošanas laikā, jo atcelmotajās platībās stādītāji nav izmantojuši mineralizētos laukumiņus ārpus disku arkla sagatavotajām joslām, neskatoties uz to ka papildus stādvieta pilnībā atbilda uzskaitē noteiktajiem kvalitātes kritērijiem (mineralizēta josla 30 cm rādiusā). Tas liecina par nepieciešamību veikt izglītojošu darbu stādītāju (un vēlāk arī agrotehniskās kopšanas darbu veicēju) vidū.
2. Par iespējamām problēmām meža atjaunošanā liecina tas, ka kontroles platībās iestādīto stādiņu skaits ir lielāks, nekā stādīšanai piemēroto laukumiņu skaits (mineralizētās joslas rādiuss mazāks par 30 cm). Tas liecina, ka augsnes sagatavošana ar disku arklu izmēģinājumos nav nodrošinājusi pietiekoši lielu stādvieta skaitu, lai izpildītu normatīvu prasības un ir lietderīgi atgriezties pie jautājuma par vienlaicīgu celmu izstrādi un augsnes gatavošanu. Taču arī šādas tehnoloģijas ieviešanai viens no galvenajiem šķēršļiem būs operatoru pieredzes trūkums.

## **6. Celmu izstrādes nozīme bezmugurkaulnieku izplatībā**

Lai novērtētu celmu izstrādes ietekmi uz mugurkaulnieku faunu, 2012. gadā tika veikta pētījumu metodoloģijas aprobācija, kuras rezultātā Latvijas apstākļos par efektīvākajām tika atzītas logu lamatas un augsnes lamatas, kā arī celmu mizas paraugu ievākšana.

### **6.1. Darba uzdevumi**

1. Apkopot un analizēt Latvijas un citu valstu zinātniskajā literatūrā pieejamos datus (publikācijas, projektu materiālus u.c.) par celmu un to izmantošanas (izvākšanas) nozīmi bezmugurkaulnieku izplatībā.
2. Veikt lauka pētījumus par ar skujkoku celmiem saistītajām bezmugurkaulnieku (galvenokārt – vaboļu, daudzkāju) sugām un sugu grupām.
3. Laboratorijas apstākļos veikt ievāktā materiāla apstrādi (sugu vai sugu grupu noteikšanu, skaitīšanu).

### **6.2. Literatūras apskats**

Pēdējos gados zinātnieki lielu uzmanību pievērš celmu izmantošanai tautsaimniecībā un tās ietekmes uz meža bioloģisko daudzveidību pētījumiem. Sevišķi aktīvi šī problēma tiek pētīta Skandināvijas valstīs un Kanādā, taču ir zinātniskas publikācijas arī par citiem reģioniem: Centrāleiropu, Lielbritāniju u.c. Galvenā uzmanība tiek pievērsta celmu lomas noskaidrošanai meža bioloģiskās daudzveidības uzturēšanā ilgtermiņā. Lielākā daļa pētījumu līdz šim ir veltīti celmos dzīvojošajām saproksilofītajām vabolēm, kas kā modeļgrupa ir vieglāk izmantojamas pētījumu veikšanā. Mazāk datu pagaidām ir par celmu izstrādes ietekmi uz meža biodaudzveidību, augsni un meža turpmāko produktivitāti. Visus pētījumus par celmu nozīmi biodaudzveidības uzturēšanā nosacīti var iedalīt četrās grupās: 1) raksti, kuros tiek pētīta bezmugurkaulnieku daudzveidība un saproksilofīto kukaiņu sabiedrības dažādos celmos (atkarībā no koka sugas, celma diametra, augstuma un vecuma); 2) raksti par celmu nozīmi mežsaimniecībai kaitīgu sugu attīstībā un tālākā izplatībā mežaudzēs; 3) raksti par celmu izmantošanas ietekmi uz meža biodaudzveidību, par to izmantošanas veidiem; 4) raksti par celmu izstrādes ietekmi uz kokaugu (sevišķi – egļu) sakņu slimībām.

Walmsley J.D., Godbold D.L. (2010) sniedz apskatu par celmu izstrādes bioenerģētikas vajadzībām ietekmi uz vidi. Autori norāda, ka atcelmošanai bioenerģētikas vajadzībām ir liela praktiska nozīme un daudzas priekšrocības. Pirmkārt, tā ir koksnes kurināmā ražošana, kas aizstāj fosilo kurināmo un mazina oglekļa izmešus. Otrkārt, tie ir papildus ieņēmumi mežsaimniekiem. Arī izcirtumos ir vieglāk veikt stādīšanu. Treškārt, tiek ierobežota sakņu

trupī izraisošo sēņu (tai skaitā *Heterobasidion*) izplatība. Tomēr, ir pietiekami daudz pierādījumu, ka gadījumos, ja celmu raušana notiek nekontrolēti un neievērojot pietiekamus piesardzības pasākumus, tā var nodarīt videi neatgriezenisku negatīvu ietekmi. Negatīvās sekas celmu izstrādei ir organisko vielu mazināšanās meža augsnēs, iespējamā erozija un augsnes sablīvēšanās, izmaiņas dabiskajos vielu aprites procesos, barības elementu mazināšanās augsnē, tās produktivitātes pazemināšanās, nezināma ietekme uz meža turpmāko produktivitāti, mežam neraksturīgu, bieži invazīvu sugu ienākšana biotopos, kas var veicināt herbicīdu izmantošanu un visbeidzot – samazina meža bioloģisko daudzveidību, īpaši – sūnu, ķērpju, sēņu un bezmugurkaulnieku sugām. Lai mazinātu celmu izstrādes negatīvo ietekmi, autori ierosina uzkrāt un izplatīt labāko pieredzi. Līdzšinējie pētījumi vairāk veikti saistībā ar atcelmošanas ietekmi uz koku sakņu slimībām un meža bioloģisko daudzveidību. Daudz mazāk ir pētījumu par celmu izstrādes ietekmi uz augsnes sastāvu un turpmāko meža produktivitāti.

Hjältén J., Stenbacka F., Andersson J. (2010) pētījuma galvenais mērķis bija noteikt dažāda augstuma celmu nozīmi meža bioloģiskajā daudzveidībā, saistībā ar celmu izvākšanu no meža ekosistēmām. Pētījumi tika veikti 10 izcirtumos Zviedrijas ziemeļos, kur saproksilofītās vaboles tika pētītas pie zemiem celmiem, augstiem celmiem un pie vertikāli stāvošiem nokaltušu koku stubeņiem. Materiāls tika ievākts ar speciālām „izskreju” lamatām (emergence traps), kopā 929 īpatņi no 120 sugām. Autori, konstatē, ka zemo celmu izstrāde būtiski ietekmē meža saproksilofīto vaboļu biodaudzveidību un ka nepieciešams izstrādāt kompensējošos mehānismus, kas mazinātu celmu izstrādes ietekmi.

Zviedru meža entomologi Victorsson J.D., Jonsell M., (2012) analizējuši egļu celmu izstrādes ietekmi uz saproksilofīto vaboļu bioloģisko daudzveidību cirmsās. Viņi norāda, ka celmu ieguve bioenerģētikas vajadzībām ir jauna mežsaimniecības aktivitāte, kas maz pētīta, tāpēc ir svarīgi izprast svarīgākās likumsakarības un sekas, kas saistītas ar tās ietekmi uz meža biodaudzveidību. Saproksilofītās vaboles ir saistītas ar mirušu koksni. Samazinoties koksnes pieejamībai ekosistēmā, mazināsies tās pieejamība sugām. Pētījumi tika veikti 3 gadus vecos izcirtumos, kuros apmēram 25% celmu tika saglabāti. Katrā izcirtumā paraugi tika savākti no 10 egļu celmiem, kuriem veikta mizu sijāšana. Kopā ievākti 6959 īpatņi no 46 sugām. Autori konstatēja, ka celmu izstrāde atstāja negatīvu ietekmi uz plēsīgajām un micetofāgajām vabolēm. To skaits samazinājās. **Pētījumi parādīja, ka līdzšinējie ieteikumi cirmsās atstāt 15 – 25% celmu ir nepietiekami, lai nodrošinātu vaboļu biodaudzveidības saglabāšanu.** Turpmākajos pētījumos jānoskaidro, cik daudz celmu ir jāatstāj cirmsās, lai tie nenodarītu kaitējumu bioloģiskajai daudzveidībai.

Agrāk vairāki zinātnieki uzsvēra, ka veicot celmu izvākšanu, tos svarīgi saglabāt cirsmu mitrajos nogabalos. Taču iespējams, ka vaboļu fauna var atšķirties celmos, kas atrodas mitros un sausos biotopos. Tāpēc zviedru zinātniece Ols C.(2011) savam pētnieciskajam projektam izvirzīja hipotēzi, ka vaboļu fauna var atšķirties no celmiem, kas atrodas sausās un mitrās vietās. Tika izmantoti bērza un egles celmi. Katrs paraugs tika ievietots audzēšanas kastē uz divi mēneši. Kopā pētījumā tika ievākti 17065 vaboļu īpatņi, kas piederēja pie 114 sugām. Pētījumi pierādīja, ka lielāka sugu daudzveidība ir bērzu celmos neatkarīgi no biotopa mitruma pakāpes. Egļu celmos zemāka daudzveidība bija mitrās vietās. No celmiem tika ievāktas gan saproksilofītās sugas, gan tādas, ko neuzskata par saproksilofītām. Tas tikai parāda celmu nozīmi vaboļu bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanā.

Līdzīgu pētījumu ar līdzīgām metodēm veica Ols C., Victorsson J., Jonsell M. (2012) un apstiprināja iepriekš izteikto apgalvojumu, ka sausās vietās celmos ir lielāka kukaiņu sugu daudzveidība nekā mitrās vietās esošos. To svarīgi ņemt vērā, plānojot celmu izvākšanu, jo mitrās vietās to neiesaka darīt tāpēc, ka augsnei tiek nodarīts lielāks kaitējums, nekā izstrādājot celmus sausās vietās, taču biodaudzveidībai lielāks kaitējums tiek nodarīts sausās vietās.

Jonsell, M. & Hansson, J. (2011) pētīja vaboļu biodaudzveidību dažāda vecuma celmos un baļķos. Tika izvēlēti 1 un 5 gadus veci celmi un baļķi, kuriem tika noņemta miza un tā tika izsijāta. Pētījumā tika izmatoti gan skujkoki (egles, priedes) gan lapu koki (bērzi, apses). Kopumā tika ievākti 3348 vaboļu īpatņi, kas piederēja pie 124 sugām. Sugu skaits celmos un uz sausiem stumbriem bija diezgan līdzīgs skujkokiem, taču vairāk atšķīrās lapkokiem. Autori rosina to ņemt vērā, plānojot celmu izstrādes darbus.

Runājot par celmu izstrādi bioenerģētikas vajadzībām, Jonsell M. (2008) akcentē, ka ne tikai liela izmēra celmiem, bet arī maza izmēra (10 cm  $\varnothing$ ) ir nozīme daudz sugu attīstībā, taču par to nav pietiekami daudz pētījumu. Viņaprāt, arī to ir jāņem vērā, plānojot atcelmošanas pasākumus.

Brin A., Bouget Ch., Valladares L., Brustel H. (2012) savā pētījumā par celmu nozīmi meža bioloģiskās daudzveidības uzturēšanā uzdod jautājumu: „Vai celmi ir nozīmīgi saproksilofīto vaboļu aizsardzībā apsaimniekotos mežos?” un paši ar pētījumu rezultātiem atbild uz šo jautājumu apstiprinoši. Apsaimniekotos mežos parasti celmu ir daudz un tāpēc ir loģiska interese par to izmantošanu bioenerģētikā, taču zināšanu līmenis par ar tiem saistītajām saproksilofīto organismu asociācijām pagaidām ir nepilnīgs. Pētījumā tika izmantotas izskreju lamatas. Pētījumu veica uz ozolu un priežu liela diametra (virs 20 cm) celmiem un sausiem



kokiem. Pētījumi apstiprināja, ka celmos ir daudz lielāka sugu daudzveidība nekā sausos stumbros. Celmu masveida izstrādes gadījumos tas ir liels risks daudzām saproksilofitajām sugām, kuru populācijas var tikt nopietni apdraudētas.

Celmu izstrādes apjomu palielināšanos uzsver arī Persson T., Lenoir L., Vegerfors B. (2012), kuri pētīja dažādus posmkājus, kas sastopami celmos. Arī viņi norāda, ka pēdējos gados palielinās celmu izstrāde bioenerģētikas vajadzībām un ka joprojām ir nepietiekams zināšanu līmenis par celmu izvākšanas ietekmi uz meža bioloģisko daudzveidību, īpaši – saproksilofitajām sugām. Pētījumā īpaša uzmanība pievērsta posmkājiem, kas nav vaboles bet ir cieši saistīti ar atmīrušu koksni, taču ir pētīti daudz mazāk nekā vaboles. Pētījumam tika izvēlēti priežu un egļu celmi. Tika pielietots termoelektoram līdzīgas lamatas (Tullgren funnels).

*Tullgren funnels* lamatu veidi ir ērti izmantojami materiāla izdalīšanai no sasmalcinātas mizas, augsnes vai zemesdzes. Tās ir daudz precīzākas par logu lamatām, kurās iemaldās daudzas nejaušas sugas. Persson T., Lenoir L., Vegerfors B. (2012) savā pētījumā konstatēja 56 ne vaboļu sugas. Netika konstatēta būtiska atšķirība starp priežu un egļu celmos mītošajām sugām. Izanalizējot visus substrātus, visvairāk bija daudzkāju (Diplopoda) (29%), vaboļu (Coleoptera) (20%) un divspārņu (Diptera) kāpuri (17%). Salīdzinot substrātus, piem. daudzkāju vislielākā daudzveidība bija mizā (98%). No daudzkājiem mizā un koksnē visparastākā bija *Proteroiulus fuscus*. Sešām sugām tika pierādīta skaidra saistība ar celmu koksni. Dažas augsnē dzīvojošas sugas arī iespējams, kādā no attīstības stadijām ir saistītas ar celmiem. Tās visas varētu tikt apdraudētas, masveidā izvācot celmus.

Lai izprastu celmu nozīmi meža bioloģiskajā daudzveidībā, ir svarīgi saprast, kā veidojas sugu asociācijas, kas apdzīvo sausu un trūdošu koksni. Hedgren P.O. (2007) ir pētījis tās vaboļu (Coleoptera) un parazītisko plēvspārņu (Hymenoptera) sugas, kas atlido pirmās uz augstiem egļu celmiem to agrīnās stadijās, pirmajā gadā pēc koka nociršanas. Parastie zemie celmi tika salīdzināti ar 4 m augstiem cilvēka veidotiem celmiem. Vairums taksonu tika konstatēti gan augstos, gan zemos celmos. Augstajos celmos bija daudz vairāk parazītisko plēvspārņu, no kurām 3 sugas tika konstatētas tikai augstajos celmos. Uz augstajiem celmiem tika konstatētas daudzas sugas, kas ir arī mizgraužu un citu meža kaitēkļu dabiskie ienaidnieki. Arī šis pētījums apstiprināja celmu nozīmi meža biodaudzveidības saglabāšanā.

Līdzīgus pētījumus ar mehāniski veidotiem egles augstajiem celmiem veica arī Wikars L.-O. Sahlin E., Ranius Th. (2005). Pētījums ir sevišķi nozīmīgs ar to, ka materiāla iegūšanai no

sausās koksnes tika izmantotas trīs metodes: koka mizu sijāšana, izskreju lamatas (emergence traps) un logu lamatas jeb barjerslazdi (Windows traps).

Pētījumi par celmu nozīmi bioloģiskajā daudzveidībā ir apkopoti daudzos darbos:

Abrahamsson M., Lindbladth M. (2006); Abrahamsson M., Lindbladth M., Rönnberg J. (2008); Ehnström B. (2001); Fosset K.O., Sverdrup-Thygeson A. (2009) un daudzos citos. Lielākā daļa pētījumu veikti Zviedrijā un citās Skandināvijas valstīs. Galvenās metodes, kas izmantotas pētījumos ir logu lamatas (Windows traps), „izskreju” lamatas (emergence traps) un sieti vai termoeklektori (Tullgren funnels). Diemžēl publikācijās nav vienotas lamatu izmantošanas metodikas. Dažādi autori ir izmantojuši dažādu lamatu skaitu un dažādu izvēlēto celmu skaitu. Ekspozīcijas laiks dažāds – no dažām dienām līdz vairākiem mēnešiem. Arī ievākto vaboļu un citu bezmugurkaulnieku skaits pētījumos ir atšķirīgs, svārstās no dažiem simtiem īpatņu līdz vairāk nekā 17 000 īpatņiem.

Internetā ir atrodamas arī zinātniskas konferences tēzes, kas veltītas celmu izmantošanas bioenerģētikā ietekmes uz bioloģisko daudzveidību pētījumiem. Diemžēl internetā ievietotās tēzes ir nepilnīgas un nesatur konferences nosaukumu un citus datus, taču tās satur vērtīgu informāciju par zinātnieku atziņām šajā jautājumā.

Atbilstoši „Darba programmas un kalendārajam plānam” 3. etapam 2013. gada vasarā 6 parauglaukumos izvietotas logu lamatas, augsnes lamatas un tiek ievākti celmu mizas paraugi. Pētījumu rezultāti tiks apstrādāti sezonas noslēgumā un iesniegti atsevišķi.

## 7. *H. annosum* izplatība dažāda vecuma egļu audzēs āreņos un kūdreņos

### 7.1. Empīriskā materiāla raksturojums

Empīriskais materiāls *H. annosum* sastopamības novērtēšanai parastās egles (*Picea abies* (L.) H.Karst.) tīraudzēs un mistraudzēs uz nosusinātām kūdras un minerāl - augsnēm, iegūts 2012.-2013. gadā 20 parauglaukumos, 18 mežaudzēs (5. pielikums). Divi parauglaukumi ierīkoti AS „LVM” apsaimniekotajās mežaudzēs Misas (Zemgales mežsaimniecība) un Ogres (Vidusdaugavas mežsaimniecība) meža iecirkņos, bet pārējie VMD struktūrvienības „Meža pētīšanas stacija” apsaimniekotajos mežos. Viens no VMD „Meža pētīšanas stacija” apsaimniekotajos mežos ierīkotajiem parauglaukumiem atrodas Mežoles meža novadā, bet pārējie 17 Kalsnavas meža novadā (23. attēls).

Parauglaukumiem izvēlētās mežaudzes mežos uz nosusinātām minerālaugsnēm (āreņos) ir vecumā no 42 līdz 80 gadiem, kas atbilst 3. (41-60 gadi) un 4. (61-80 gadi) vecumklasei. Piecas mežaudzes āreņos atbilst 3. vecumklasei, bet tikai viena 4. vecumklasei. Astoņas mežaudzes uz nosusinātām kūdras augsnēm (kūdreņos) atbilst 3. vecumklasei, trīs mežaudzes 4. vecumklasei un viena 6. (101-120 gadi).



23.attēls. Darba izpildei izvēlēto mežaudžu (parauglaukumu) atrašanās vietas.

11. tabula. Analizēto augošo koku skaits un iedalījums vecumklasēs kūdreņos un āreņos.

Augšanas apstākļi	Vecumklase (vecums)	Mežaudžu skaits	Pārbaudīto koku skaits			Koku skaits radiālā pieauguma analīzei		
			Inficēti <sup>1</sup>	Veseli <sup>2</sup>	Kopā	Inficēti <sup>1</sup>	Veseli <sup>2</sup>	Kopā
Āreņi	3 (41-60)	5	146	584	730	146	158	304
Āreņi	4 (61-80)	1	8	92	100	8	8	16
Kūdreņi	3 (41-60)	8	114	962	1076	113	114	227
Kūdreņi	4 (61-80)	4	140	520	660	67	91	158
Kūdreņi	6 (101-120)	1	24	154	178	24	24	48
<b>Kopā</b>		<b>19</b>	<b>432</b>	<b>2312</b>	<b>2744</b>	<b>358</b>	<b>395</b>	<b>753</b>

<sup>1</sup> – Pārbaudītajiem kokiem pie sakņu kakla ir konstatēts *H. annosum*.

<sup>2</sup> - Pārbaudītajiem kokiem pie sakņu kakla nav konstatēts *H. annosum*.

Sakņu trupes izplatības noteikšanai egļu audzēs āreņos un kūdreņos kopā pārbaudīti 2744 augoši un 335 nokaltuši koki. 432 augošiem un 335 nokaltušiem kokiem konstatēts *H. annosum*. Lai noskaidrotu kāda ir *H. annosum* ietekme uz parastās egles radiālo pieaugumu no 358 inficētiem un 395 augošiem kokiem iegūtas urbuma skaidiņas. Vislielākais koku skaits radiālā pieauguma analīzei iegūts āreņos un kūdreņos vecumā no 41 līdz 60 gadiem, jeb trešajā vecumklasē (11. tabula). Koku radiālā pieauguma analīze tiks veikta apvienojot 3. vecumklases audzes atkarībā no augšanas apstākļiem. Iegūtās informācijas reprezentativitātes palielināšanai turpmākajā darba gaitā ir plānots iegūt papildus empīrisko materiālu 4. vecumklases audzēs gan āreņos, gan kūdreņos, kā arī 6. vecumklases audzēs kūdreņos.

Trupes izplatības novērtēšanai egles stumbrā nozāģētas 19 egles āreņos, 34 egles kūdreņos un 12 egles sausieņos. Šajā atskaitē trupes izplatības analīze veikta 15 trupējušiem kokiem 3. vecumklases āreņos un 20 trupējušiem kokiem 3. vecumklases kūdreņos. Trupes radīto ekonomisko zaudējumu analīzei izvēlēto 3. vecumklases audžu raksturojums āreņos un kūdreņos apkopots 12. tabulā.

Lai noskaidrotu *H. annosum* ietekmi uz radiālo pieaugumu parastās egles paaugas kokiem, 2013. gada augustā ierīkoti divi parauglaukumi, kas atrodas VMD „MPS” apsaimniekotajos mežos Kalsnavas meža novadā. Viens parauglaukums ierīkots 76. kvartāla 1. nogabalā priežu lānā (audzes platība 1,8 ha), bet otrs 21. kvartāla 16. nogabalā priežu damaksnī (audzes platība 1,8 ha). Parauglaukumos izzāģētas celma un krūšaugstuma ripas no 103 trupējušiem paaugas kokiem (60 koki priežu lānā, un 43 koki priežu damaksnī). Laboratorijā noskaidrots, ka 65 (41+24) no parauglaukumos izvēlētajiem kokiem ir inficēti ar *H. annosum*. Turpmākajā darbā plānots iegūt papildus nepieciešamo ripu skaitu no veselīgiem kokiem, *H. annosum* infekcijas ietekmes novērtēšanai uz koku pieaugumiem.

12. tabula. Empīriskā materiāla raksturojums *H. annosum* izraisīto ekonomisko zaudējumu analīzei.

NPK	Mežaudze	Augšanas apstākļi	Kv.	Nog.	Plat	Meža tips	Formula	Vecums	D, cm	H, m	Biezība	G, m <sup>2</sup>	M, m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup>	M <sub>E5</sub> , m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup>	Trupes H, m	<i>H. annosum</i> sastopamība, %
1.	LVM 2.	Āreņi	117	5	4,2	As	7E3B	44	19	17	8	26	230	161	4,62	16,3
2.	LVM 3.	Āreņi	117	10	8,3	As	10E	42	17	16	10	33	289	289	4,16	11,4
3.	LVM 4.	Āreņi	148	2	1,9	As	10E	47	22	20	8	30	306	306	3,01	24,1
4.	LVM 5.	Āreņi	178	22	1	As	10E	49	19	19	7	26	256	256	3,61	30,0
5.	LVM 7.	Kūdreņi	178	5-1	0,2	Kp	9E1B	44	21	20	7	23	212	191	3,49	29,0
6.	LVM 9.	Kūdreņi	112	1	3,3	Ks	7E2B1P	60	21	19	7	23	229	160	6,21	12,1
7.	LVM 11.	Kūdreņi	157	1	0,9	Kp	10E	45	22	20	7	27	275	275	4,77	6,8
8.	LVM 12.	Kūdreņi	187	15	1,7	Kp	10E	46	18	17	10	33	301	301	4,08	3,5
9.	LVM 13.	Kūdreņi	201	1	3,7	Ks	9E1B	41	17	16	9	28	244	220	4,01	16,7

## 7.2. Lauku darbu metodika

Šī pētījuma ietvaros lauku darbu metodika ir iedalāma 3 secīgos etapos, kur pirmajā tiek iegūts empīriskais materiāls, lai noskaidrotu konkrētu koku inficētību ar *Heterobassidion* spp. Otrajā etapā, parauglaukumos, kuros konstatēta trupe, tiek iegūti koku dendrometriskie (diametrs (d), augstums (h)) rādītāji, informācija par koku savstarpējo izvietojumu parauglaukumā un urbuma skaidiņas. Urbuma skaidiņas paredzētas gadskārtu platumu mērīšanai ar mērķi veikt koku radiālā pieauguma analīzi. Trešajā etapā atsevišķos parauglaukumos tika izvēlēti četri ar *H. annosum* inficēti koki nozāģēšanai un *H. annosum* izplatības novērtēšanai egles stumbrā.

Sākotnējā parauglaukumu atlase veikta konstatējot *H. annosum* klātbūtni parauglaukumā. Iespējamā *H. annosum* klātbūtne noteikta, novērtējot parastās egles koku vainagu stāvokli, kā arī *H. annosum* augļķermeņu sastopamību uz sakņu kakla un saknēm.

Lai laboratorijas apstākļos noskaidrotu vai stumbri ir inficēti ar *H. annosum*, uz katra koka tika uzkrāsots kārtas nummurs un izmantojot Prestlera svārpstu tika veikti kontroles urbumi pie sakņu kakla un iegūtās skaidiņas ievietotas plastikāta mēģenēs. Koksnes paraugu iegūšanai katrā parauglaukumā tika izurbti vismaz 100 augoši parastās egles koki bez, vai kur tas nebija iespējams, ar minimāliem mehāniskiem bojājumiem.

Pēc rezultātu saņemšanas no laboratorijas par *H. annosum* inficētajiem kokiem, parauglaukumā tika uzmērīti visi iepriekš izurbto koku krūšaugstuma diametri un veikta kartēšana atšķirīgu *H. annosum* genotipu konstatēšanai. Koku kartēšanai tika izmantots firmas „Haglof” ražotais attālummērs „DME” ar kuru tika noteikts koka attālums līdz parauglaukumā novietotam atskaites punktam un firmas „SUUNTO” ražotā busole azimuta noteikšanai.

Lai iegūtu empīrisko materiālu turpmākai datu analīzei, kartēšanas laikā tika apzināti iepriekš urbtie veselie un ar *H. annosum* inficētie koki. Katram inficētajam kokam tika pretī atrasts vesels, mehāniski nebojāts koks ar līdzīgu krūšaugstuma diametru kontroles urbuma skaidiņu iegūšanai. Parauglaukumā visiem inficētajiem un pretī atlasītajiem veselajiem kokiem uzmērīti koku augstumi izmantojot „SUUNTO” optisko augstummēru un izurbtas skaidiņas 1,3 m augstumā no sakņu kakla. Katrā kokā tika veikti 2 savstarpēji perpendikulāri urbumi tā, lai pirmais no tiem būtu orientēts pret parauglaukumā novietotu atskaites punktu, bet otrs ar 90 grādu novirzi pretēji pulksteņrādītāja virzienam attiecībā pret pirmo. Izurbtās skaidiņas ievietotas iepriekš sagatavotās, numurētās kartona kārbās pa 10 un aizsietas.

Trupes dimensiju uzmērīšanai koki tika nozāģēti celma augstumā. Pēc tam uz nozāģētajiem celmiem tika izmērīts celma trupējušās daļas diametrs ar 0,1 cm precizitāti, bet

stumbri sazāģēti sīkākos nogriežņos, lai noteiktu trupes izplatības augstumu (ar 10 cm precizitāti), pamatojoties uz *H. annosum* raksturīgo krāsojumu, vai koksnes struktūras izmaiņām.

### 7.3. Kamerālo darbu metodika

*H. annosum* izplatības un radiālo pieaugumu analīzei eksperimenta sākumā parauglaukumos iegūtās urbuma skaidiņas nogādātas LVMI „Silava” Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijā, lai noskaidrotu ar *H. annosum* inficētos kokus. Laboratorijā, skaidiņas apdedzināja uz spirta lampas un ievietoja Petri platēs uz iesala – agara barotnes. Turpmākajās dienās veikta regulāra paraugu pārbaude, lai konstatētu *H. annosum* konīdijnesēju sastopamību.

Dati par koku augstumiem un diametriem un koordinātēm ievadīti MS EXCEL elektroniskajās tabulās pa parauglaukumiem, pēc tam tos apvienojot pa mežaudzēm un pievienojot informāciju par audzi no taksācijas aprakstiem. Darba gaitā tabulas papildinātas ar iegūto informāciju par gadskārtu radiālajiem pieaugumiem un trupes dendrometriskajiem rādītājiem, trupes izplatības analīzei nozāģētajos kokos.

Pēc koku gadskārtu platumu paraugu iegūšanas, izmantojot gadskārtu platuma mērīšanai paredzēto ierīci Lin TAB – 4, nomērīti gadskārtu platumi visiem parauglaukumā iegūtajiem koksnes urbumu paraugiem ar precizitāti līdz 0,001 mm un saglabāti datorprogrammā T – ToolsPro. Skaidiņām nomērīti pēdējo 15 gadu gadskārtu platumi, atsevišķām trupējušām skaidiņām - mazāk, jo trupes izraisīto strukturālo bojājumu rezultātā gadskārtas nebija izšķiramas.

Pēc visu datu apvienošanas uzsākta empīriskā materiāla apstrāde datorprogrammās MS EXCEL un IBM SPSS. Iegūtais empīriskais materiāls pārbaudīts ar aprakstošās statistikas rādītājiem, lai apstiprinātu tā piederību izvēlētajām paraugkopām.

Atlasītā empīriskā materiāla detalizētu apkopojumu *H. annosum* ietekmes izvērtēšanai uz inficēto egļu koku radiālo pieaugumu skatīt 12. tabulā. Pamatojoties uz šiem datiem tika pieņemts lēmums izvērtēt *H. annosum* ietekmi uz koku radiālajiem pieaugumiem, *H. annosum* izplatības izmaiņām stumbrā un ekonomiskajiem zaudējumiem 41-60 gadus vecās audzēs uz nosusinātām kūdras un minerāl-augsnēm. 60-80 gadus vecās audzēs āreņos un kūdreņos, kā arī 100-120 gadus vecās audzēs kūdreņos, paredzēts ievākt papildus empīrisko materiālu un datu analīzi veikt turpmākajā darbā.

*H. annosum* izplatība apsekotajās mežaudzēs novērtēta pēc inficēto koku īpatsvara parauglaukumā, kas pēc tam attiecināts uz audzi un augšanas apstākļiem. Radiālo pieaugumu analīzei aprēķināti atsevišķu koku krūšaugstuma diametru un šķērslaukumu tekošie pieaugumi

laika posmam no 1995. gada līdz 2012. gadam, kas apvienoti atkarībā no augšanas apstākļiem un vizualizēti, lai varētu novērtēt izvēlēto rādītāju pieauguma dinamikas izmaiņas laikā. *H. annosum* ietekmes izvērtēšanai aprēķināti vidējie periodiskie šķērslaukuma pieaugumi krūšaugstumā vienai desmitgadei (2002.-2012. gads) un vienai piecgadei (2007-2012 gads) atkarībā no augšanas apstākļiem. Ietekmes būtiskums novērtēts, salīdzinot paraugkopu vidējās vērtības veselīgiem un trupējušiem kokiem atkarībā no augšanas apstākļiem, ar vienfaktora dispersijas analīzi pie būtiskuma līmeņa  $\alpha=0,05$ .

Trupes izplatības analīzei izmantota informācija par trupes diametru uz celma un trupes augstumu atkarībā no augšanas apstākļiem. Lai novērtētu trupes augstuma atkarību no trupes diametra uz celma aprēķināta korelācijas koeficienta vērtība. Korelācijas koeficienta faktiskā vērtība salīdzināta ar kritisko, lai novērtētu trupes diametra ietekmes būtiskumu uz trupes izplatības augstumu. Papildus aprēķināta arī attiecība starp trupes diametru uz celma un trupes augstumu, lai novērtētu trupes savstarpējo dimensiju sakarības. Attiecība starp trupes diametru uz celma un celma diametru bez mizas aprēķināta, lai novērtētu trupes aizņemto laukumu uz celma.

Trupes ietekme uz lietkoksnis iznākuma samazinājumu kokiem novērtēta aprēķinot sortimentu iznākumu veselīgiem un inficētiem kokiem, pieņemot, ka trupējušā daļa atbilst malkas kvalitātes prasībām. Koku tilpumi un sortimentu iznākums aprēķināts izmantojot programmrīku „Koka sortiments”, kas aprēķina koku tilpumus ar R. Ozoliņa (Ozoliņš, 2002) izstrādātajiem vienādojumiem un sadala apaļo kokmateriālu sortimentos pēc kvalitātes klasēm. Darbā izmantota AS „LVM” lietotā kvalitātes klašu sistēma. Iegūto apaļo kokmateriālu sortimentu vērtība aprēķināta balstoties uz AS „LVM” mājaslapā publicētajām apaļo kokmateriālu produktu cenām laika periodam no 2013.gada 15.augusta līdz 2013.gada 12.septembrim.

Audzis sortimentu iznākums ir novērtēts līdzīgi, kā individuālu koku gadījumā, par pamatu ņemot audzis vidējos taksācijas rādītājus eglei. Izmantojot datus par trupējušo koku īpatsvaru audzē, aprēķināts trupējušo apaļo kokmateriālu sortimentu īpatsvars. Koku sadalījums pa caurmēra pakāpēm aprēķināts izmantojot R. Ozoliņa izstrādāto „virtuālās dastlapas prototipu” (Ozoliņš, 2002).

Trupes izplatības augstums kokā aprēķināts, kā vidējā vērtība katrai analizētajai audzei no tajā iegūtajiem paraugkokiem. Trupes izraisītie ekonomiskie zaudējumi analizēti atsevišķi mežaudzēs uz nosusinātām kūdras augsnēm un mežaudzēs uz nosusinātām minerālaugsnēm.



## 7.4. Rezultāti

### 7.4.1. *H. annosum* ietekme uz 3. vecumklases parastās egles pieaugumu kūdreņos un āreņos

Mūsu pētījumā apsekotajās mežaudzēs attiecīgajā vecuma grupā konstatēts, ka egļu audzēs uz nosusinātām minerālaugsnēm kopējais inficēto koku īpatsvars (ieskaitot arī kaltsušos kokus) ir no 16%-30% (vidēji  $23 \pm 2\%$ ) no analizēto koku skaita, bet mežaudzēs uz nosusinātām kūdras augsnēm 2%-29% (vidēji  $12 \pm 4\%$ ). Egļu audzēs uz nosusinātām minerālaugsnēm augošu ar *H. annosum* inficētu koku īpatsvars ir no 8%-30% (vidēji  $18 \pm 3\%$ ) no analizēto koku skaita, bet mežaudzēs uz nosusinātām kūdras augsnēm 2%-32% (vidēji  $11 \pm 3\%$ ). Lietuvā veiktajos pētījumos konstatēts, ka 40-80 gadus vecās egļu audzēs uz nosusinātām augsnēm, sakņu trupe ir inficējusi 22%-29% no kopejā egļu skaita mežaudzē (Василюскас, 1989).

Papildus informācijai par *H. annosum* izplatību parastās egles mežaudzēs uz nosusinātām kūdras un minerāl – augsnēm, šī pētījuma ietvaros iegūts pietiekošs empīriskā materiāla apjoms no augošiem kokiem (13. tabula), lai varētu analizēt *H. annosum* ietekmi uz koku radiālajiem pieaugumiem un trapes izplatību stumbrā, kā arī aprēķināt trapes radītos ekonomiskos zaudējumus 41-60 gadus vecās audzēs.

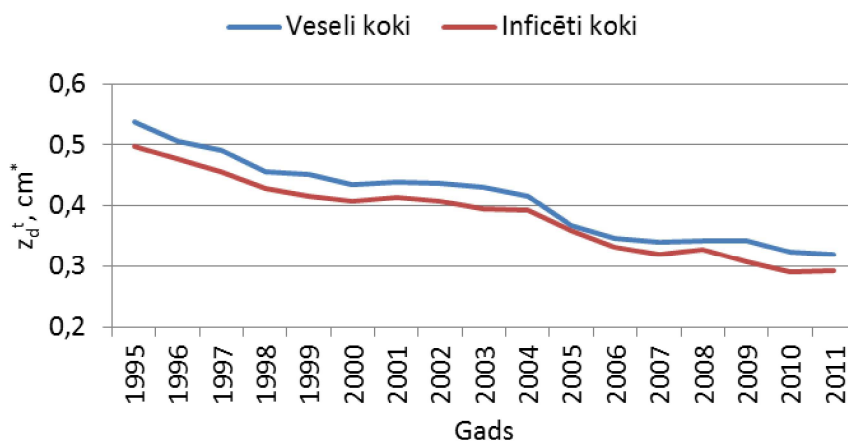
13. tabula. Pieauguma analīzei izmantoto koku diametru salīdzinājums dažādos apstākļos.

Augšanas apstākļi	Koku grupa	D <sub>vid.</sub> cm	Standartklūda	Paraugu skaits	p-vērtība
Āreņi (41-60 gadi)	veseli	24,0	0,5	158	0,528
	Inficēti	23,6	0,5	146	
Kūdreņi (41-60 gadi)	veseli	23,7	0,5	114	0,454
	Inficēti	24,2	0,6	113	
Kopā				531	

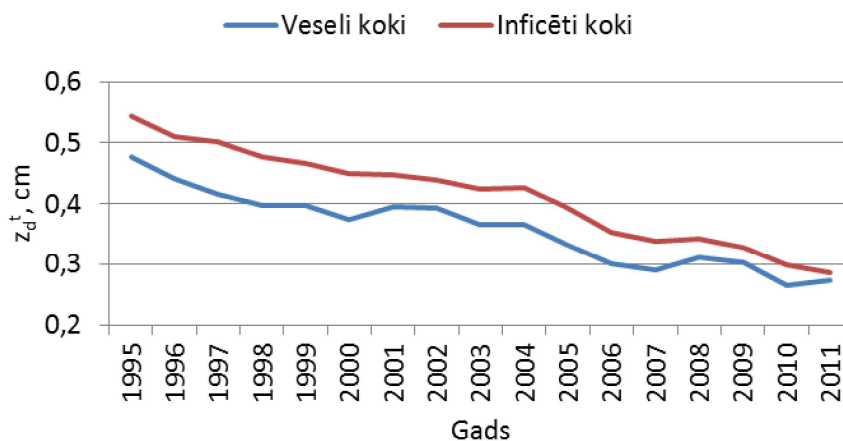
\* - diametri uzmērīti 2012. gada beigās

Radiālo pieaugumu analīzei izvēlēto koku vidējie diametri ar pilnu 2012. gada veģetācijas sezonas pieaugumu būtiski neatšķiras ne tikai starp inficētajiem un veselajiem kokiem konkrētajos augšanas apstākļos, bet arī starp augšanas apstākļiem. Pieauguma analīzei izvēlēto audžu vidējais vecums būtiski neatšķiras ( $p=0,77>0,05$ ). Āreņos vidējais vecums ir  $52 \pm 6$  gadi, bet kūdreņos  $54 \pm 5$  gadi, kas ļauj izvēlētajās audzes apvienot paraugkopās pēc augšanas apstākļiem attiecīgajā vecumklasē.

Analizējot datus par *H. annosum* ietekmi uz parastās egles radiālajiem pieaugumiem konstatēts, ka laika posmā no 1995. līdz 2012. gadam vidējais tekošā diametra un šķērslaukuma pieaugums āreņos (24., 25. attēls, a.) ir bijis lielāks veselajiem kokiem, bet kūdreņos (24., 25. attēls, b.) lielāki šķērslaukuma un diametra pieaugumi bijuši kokiem, kas inficēti ar *H. annosum*.



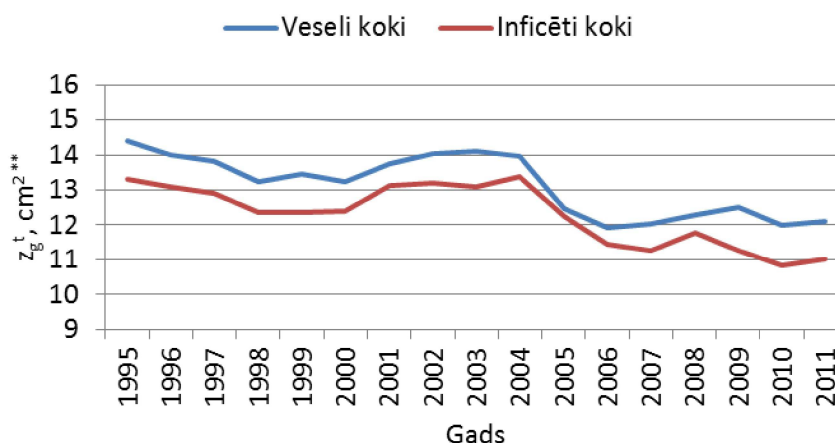
a. Āreņi



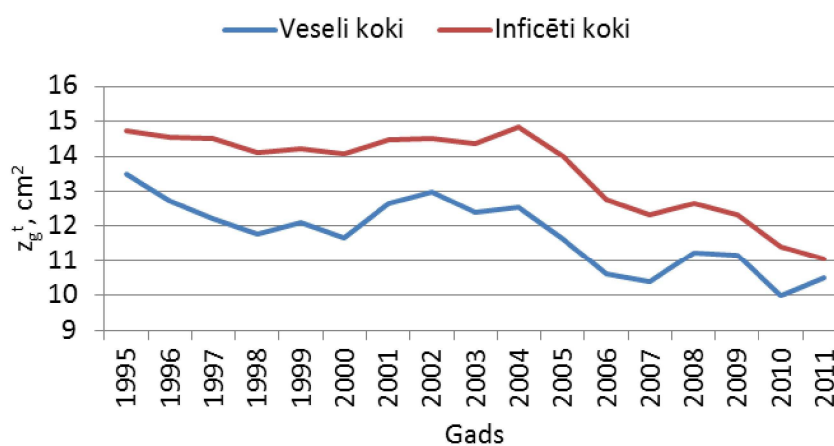
b. Kūdreņi

24. attēls. Vidējais tekošā diametra pieaugums ( $z_d^t$ , cm) ar *H. annosum* inficētiem un veselīgiem kokiem.

Abos augšanas apstākļos tekošais diametru pieaugums 17 gadu laikā audzē kopumā ir samazinājies par 2 mm.



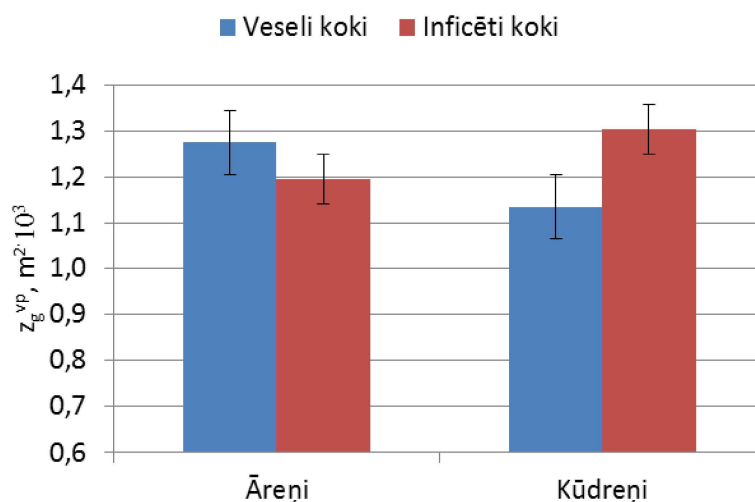
a. Āreņi



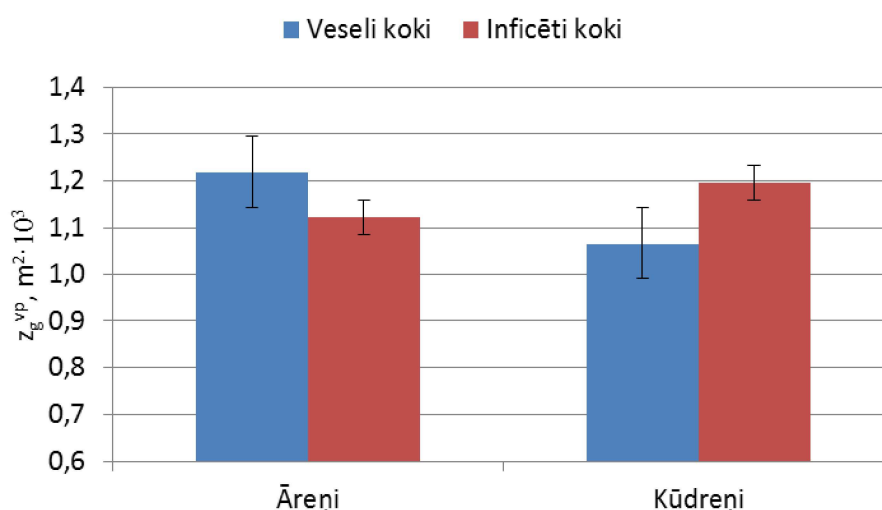
b. Kūdreņi

**25. attēls. Vidējais tekošā šķērslaukuma pieaugums ( $z_g^t, \text{cm}^2$ ) ar *H. annosum* inficētiem un veselīgiem kokiem.**

Lai varētu raksturot *H. annosum* izplatības ietekmi uz inficētu koku radiālo pieaugumu, ir novērtētas inficēto un veselo koku vidējās šķērslaukuma pieauguma vērtības no 2002. līdz 2012. gadam (26. attēls) un laika posmā no 2007. līdz 2012. gadam (27. attēls) Vidējā tekošā šķērslaukuma pieaugums veselīgiem kokiem laika posmā no 2002. līdz 2012. gadam āreņos bija robežās no 0,0003-0,030 m<sup>2</sup> (vidēji  $0,0013 \pm 0,00004 \text{ m}^2$ ), bet inficētajiem kokiem 0,0003-0,032 m<sup>2</sup> (vidēji  $0,0012 \pm 0,00005 \text{ m}^2$ ). Savukārt vidējais tekošais šķērslaukuma pieaugums mežaudzēs uz nosusinātām kūdras augsnēm laika posmā no 2002. līdz 2012. gadam veselīgiem kokiem bija robežās no 0,0002-0,033 m<sup>2</sup> (vidēji  $0,0011 \pm 0,0001 \text{ m}^2$ ), bet inficētiem kokiem 0,0003-0,029 m<sup>2</sup> (vidēji  $0,0013 \pm 0,0001 \text{ m}^2$ ).



26. attēls. Vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums ( $z_g^{vp}, m^2 \cdot 10^3$ ) ar *H. annosum* inficētiem un veseliem kokiem āreņos un kūdreņos laika posmā no 2002.-2012. gadam.



27. attēls. Vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums ( $z_g^{vp}, m^2 \cdot 10^3$ ) ar *H. annosum* inficētiem un veseliem kokiem āreņos un kūdreņos laika posmā no 2007.-2012. gadam.

14. tabula. Vidējā periodiskā šķērslaukuma p-vērtības pa periodiem un augšanas apstākļiem.

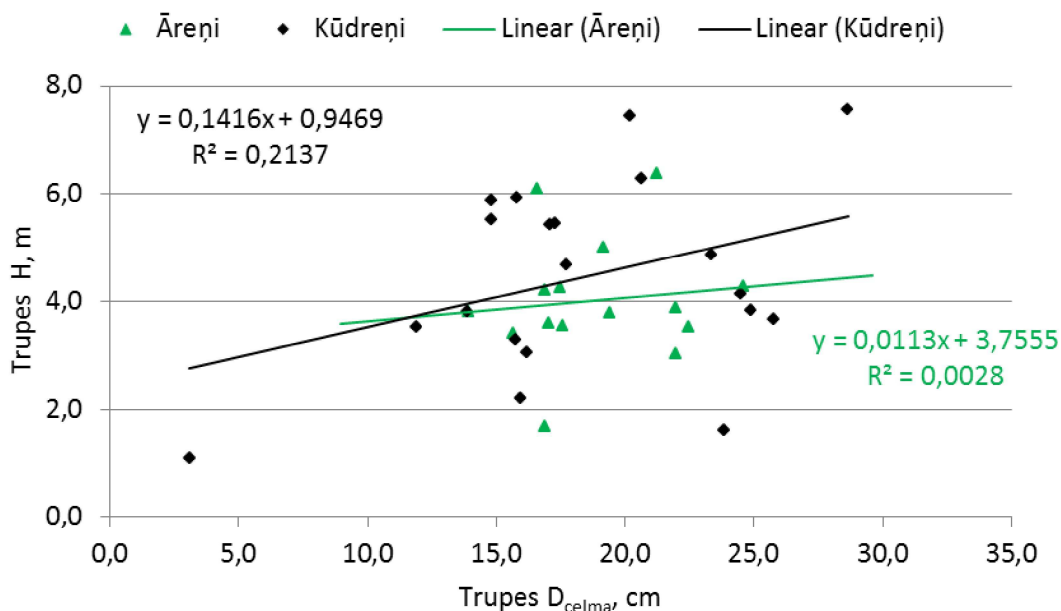
Augšanas apstākļi	2007-2012	2002-2012
Āreņi	0,16	0,22
Kūdreņi	0,10	0,03

Iegūtie rezultāti pārbaudīti ar vienfaktora dispersijas analīzi un no tajā iegūtajiem rezultātiem (14. tabula.) var secināt, ka atšķirības starp šķērslaukuma vidējiem periodiskajiem

pieaugumiem ir būtiskas ( $p=0,032<0,05$ ) analizētajās mežaudzēs kūdreņos, laika posmā no 2002. līdz 2012. gadam, bet pārējos analizētajos gadījumos vidējo tekošo pieaugumu atšķirības nav būtiskas ( $p>0,05$ ). Līdz ar to var pieņemt, ka *H. annosum* laika posmā no 2002. līdz 2012. gadam āreņos inficēto koku pieaugumu būtiski neietekmēja neskatoties uz to, ka vidējā šķērslaukuma skaitliskā vērtība inficētajiem kokiem ir mazāka kā veselajiem.

#### 7.4.2. *H. annosum* trupes izplatība egles stumbrā āreņos un kūdreņos

Pētījumos par trupes izplatību parastās egles stumbrā ir minēts, ka ar *H. annosum* inficētiem kokiem trupes augstums vidēja vecuma audzēs var būt robežās no 8 līdz 11 m (Stenlid & Wasterlund, 1986), bet R. Vasiliauskas un J. Stenlid (1998), savā pētījumā Lietuvā ir noskaidrojuši, ka trupes augstums var pārsniegt tās diametru uz celma 20 līdz 22 reizes. Mūsu pētījumā apsekotajās mežaudzēs noskaidrots, ka trupes izplatības augstums parastai eglei 3. vecumklases āreņos ir robežās no 1,7-6,4 m (vidēji  $4,0 \pm 0,3$ ;  $n=15$ ), bet kūdreņos no 1,1-7,5 m (vidēji  $4,4 \pm 0,39$  m;  $n=20$ ). Vidējā trupes šķērslaukuma attiecība pret koka šķērslaukumu bez mizas celma augstumā āreņos ir  $71,9 \pm 2,2\%$ , kūdreņos –  $72,7 \pm 4,2\%$ , bet kūšaugstumā āreņos –  $69,1 \pm 2,2\%$ , kūdreņos –  $68,6 \pm 4,5\%$ , no kā var secināt, ka koka trupējušās daļas šķērslaukums virzoties uz augšu no celma uz galotni līdz 1,3 m augstumam būtiski nemainās.



28. attēls. Trupes izplatība parastās egles stumbrā kūdreņos un āreņos.

Novērtējot trupes izplatības augstumu stumbrā kūdreņos atkarībā no trupes diametra celma augstumā (28. attēls) var redzēt, ka palielinoties trupes diametram uz celma trupes augstums palielinās un lineārās korelācijas koeficients ( $r=0,251$ ,  $r_{0,05; 20}=0,444$ ;  $n=20$ ) norāda uz to, ka starp pazīmēm pastāv vāja nebūtiska lineārā sakarība. Āreņu meža tipam iegūtais lineārās korelācijas koeficients ( $r=0,053$ ,  $r_{0,05; 15}=0,514$ ;  $n=15$ ) norāda uz to, ka starp trupes izplatības augstumu un trupes diametru celma augstumā pastāv vāja, nebūtiska lineāra sakarība.

Vidējais trupes izplatības augstums kokā āreņos ir  $18,5 \pm 1,7$  reizes lielāks par trupes diametru celma augstumā, bet kūdreņos  $20,7 \pm 1,9$  reizes lielāks. Salīdzinot šo sakarību starp augšanas apstākļiem var secināt, ka stumbra trupējusi daļa āreņos un kūdreņos būtiski neatšķiras ( $p=0,405 > 0,05$ )

### 7.4.3. *H. annosum* trupes izraisīto ekonomisko zaudējumu analīze

Eiropā kopējie ekonomiskie zaudējumi, ko izraisa *Heterobasidion* spp. pārsniedz 500 miljonus eiro gadā. Galvenokārt zaudējumi var tikt attiecināti uz kokmateriālu kvalitātes pazemināšanos (Woodward et al., 1998).

Lai noskaidrotu, kādus ekonomiskos zaudējumus sakņu trupe izraisa individuāliem kokiem 3. vecumklases kūdreņos un āreņos novērtēta trupes izplatība koka stumbrā 35 inficētiem kokiem no 9 mežaudzēm. Āreņos 15 koki no 4, bet kūdreņos 20 koki no 5 mežaudzēm (15. tabula).

15. tabula. Analizēto koku statistiskie rādītāji dažādos augšanas apstākļos.

Augšanas apstākļi	Rādītājs	D, cm	H, m	H <sub>trupe</sub> , m
Āreņi	Vidēji	23,7	22,1	4,0
	Standartklūda	0,8	0,6	0,3
	Minimums	17,1	19,0	1,7
	Maksimums	28,5	28,0	6,4
	Amplitūda	11,4	9,0	4,7
	Koku skaits	15	15	15
Kūdreņi	Vidēji	23,6	20,8	4,4
	Standartklūda	1,0	0,7	0,4
	Minimums	17,1	15,1	1,1
	Maksimums	33,1	28,5	7,5
	Amplitūda	16,0	13,4	6,5
	Koku skaits	20	20	20

Šajā atskaitē *H. annosum* izraisītie ekonomiskie zaudējumi individuāliem kokiem un to mežaudzēm aprēķināti, novērtējot iegūstamo apaļo kokmateriālu sortimentu vērtības izmaiņas. Sortimentu vērtības aprēķiniem izmantotas AS „LVM” mājaslapā (Cirsma piedāvājuma cenas..., 2013) publicētās koksnes kvalitātes klasei atbilstošo egles apaļo kokmateriālu cenas piegādes vietā (16. tabula), no tām atņemot vidējās apaļo kokmateriālu izstrādes ( $10,80 \text{ Ls}\cdot\text{m}^{-3}$ ), pievešanas ( $7,12 \text{ Ls}\cdot\text{m}^{-3}$ ) izmaksas kopšanas cirtē un vidējās kokmateriālu transportēšanas izmaksas ( $5,00 \text{ Ls}\cdot\text{m}^{-3}$ ), kas aprēķinātas laika periodam no 2013. gada 15. augusta līdz 2013. gada 12. septembrim.

**16. tabula. Egles apaļo kokmateriālu cenas piegādes vietā.**

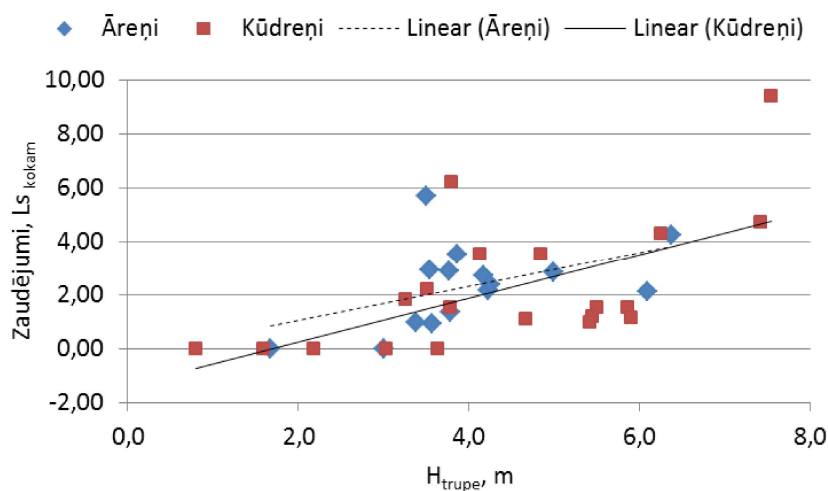
Sortiments	L, m	D min	Cena, $\text{Ls}\cdot\text{m}^{-3}$
Resnā lietkoksne (RLK)	4,8	24	47,01
Vidējā lietkoksne (VLK)	4,8	13	37,25
Tievā lietkoksne (TLK)	3,0	6	25,01
Malka (M)	3,0	4	16,11

Pētījumā noskaidrots, ka sortimentu tilpums ar *H. annosum* inficētiem individuāliem kokiem āreņos samazina resnās lietkoksnes iznākumu vidēji par  $0,0151 \pm 0,0151 \text{ m}^3$ , kūdrenos par  $0,0257 \pm 0,0177 \text{ m}^3$ , bet vidējās lietkoksnes iznākums āreņos samazinās par  $0,0909 \pm 0,0191 \text{ m}^3$ , kūdrenos par  $0,0654 \pm 0,0170 \text{ m}^3$ . Tievās lietkoksnes iznākums no individuāliem kokiem āreņos vidēji palielinās par  $0,0050 \pm 0,0087 \text{ m}^3$ , bet kūdrenos samazinās par  $0,0067 \pm 0,0071 \text{ m}^3$ . Ar *H. annosum* inficētiem individuāliem kokiem malkas iznākums āreņos palielinās vidēji par  $0,0984 \pm 0,0148 \text{ m}^3$ , bet kūdrenos par  $0,0974 \pm 0,0204 \text{ m}^3$ . Par  $0,0026 \pm 0,0012 \text{ m}^3$  āreņos un  $0,0003 \pm 0,0008 \text{ m}^3$  kūdrenos palielinās mežizstrādes atlikumu tilpums Analizēto koku vidējās dimensiju vērtības dažādos augšanas apstākļos redzamas 17. tabulā.

**17. tabula. Analizēto koku dimensiju vidējās vērtības dažādos augšanas apstākļiem.**

Pazīme	Āreņi		Kūdreni	
	Vidēji	Standartklūda	Vidēji	Standartklūda
H, m	22,1	0,6	20,9	0,7
D <sub>1,3</sub> , cm	23,7	0,8	23,6	1,0
H <sub>trupe</sub> , m	4,0	0,3	4,4	0,4
V <sub>koks</sub> , $\text{m}^3$	0,4839	0,0398	0,4758	0,0529

Analizējot apaļo kokmateriālu tilpuma izmaiņas katram kokam pa kvalitātes klasēm atkarībā no trupes izplatības stumbrā ir noskaidrots, ka āreņos atlikumu, malkas un tievās lietkosnes iznākums palielinās trupes augstumam palielinoties, bet vidējās lietkoksnes iznākums samazinās. Savukārt kūdreņos tievās lietkosnes iznākums samazinās.

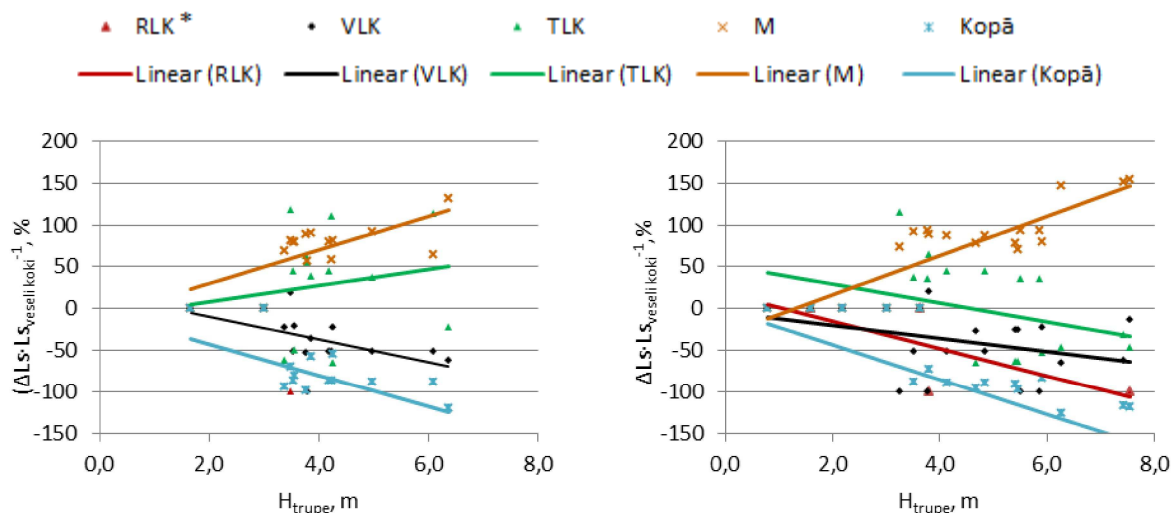


**29. attēls. Trupes izraisītie koksnes vērtības zaudējumi atkarībā no trupes izplatības stumbrā. (individuālam kokam).**

Darbā secināts, ka gan āreņos, gan kūdreņos analizētajiem kokiem, palielinoties trupes augstumam stumbrā, palielinās zaudējumi, kuri rodas sagatavojot zemākas kvalitātes apaļos kokmateriālus (29. attēls). Katram analizētajam kokam trupes ietekmē sagatavoto apaļo kokmateriālu produktu vērtība samazinās vidēji par  $2,33 \pm 0,40$  Ls āreņos un  $2,23 \pm 0,54$  Ls kūdreņos. Sagatavoto kokmateriālu zaudējumu īpatsvara ( $\Delta Ls \cdot Ls_{veseli\ koki}^{-1}$ , %) izmaiņas pa kvalitātes klasēm atkarībā no trupes augstuma redzamas 30. attēlā.

Trupes izraisīto ekonomisko zaudējumu aprēķiniem apsekotajās mežaudzēs pārbaudīts, kā mainās sortimentu iznākums pie reālās trupes intensitātes audzēs augošiem kokiem ar zaļiem vainagiem. Novērtējot iegūto apaļo kokmateriālu sortimentu īpatsvara izmaiņas pie faktiskā īnificēto koku īpatsvara āreņos (20,4%) noskaidrots, ka resnās un vidējās lietkoksnes iznākums samazinās, attiecīgi par 1,7% un 5,8%, kā rezultātā tievās lietkoksnes un malkas īpatsvars palielinās attiecīgi par 7,6% un 0,1%. Apsekotajās audzēs kūdreņos vidējais trupes izplatības īpatsvars bija 13,6%, kā rezultātā iegūstamo apaļo kokmateriālu īpatsvars resnajai lietkoksnei audzē samazinās par 1,4%, vidējai lietkoksnei par 3,9%, bet tievajai lietkoksnei un malkai pieug par 5,2% un 0,1%.





a.

b.

**30. attēls. Sagatavoto kokmateriālu negūto ienākumu ( $\Delta Ls \cdot Ls_{veseli\ koki}^{-1}$ , %) izmaiņas pa kvalitātes klasēm atkarībā no trupes augstuma analizētajiem kokiem (a. āreņos, b. kūdreņos).**

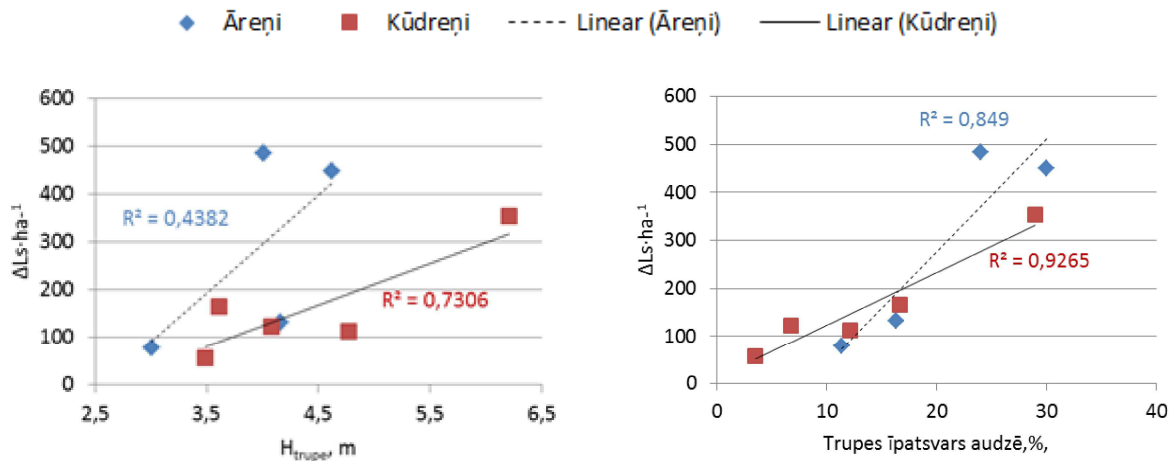
\* - apzīmējumus skatīt 16. tabulā.

Reālais sagatavoto apaļo kokmateriālu produktu apjoms apsekotajās audzēs āreņos samazinās par  $0,3\ m^3 \cdot ha^{-1}$ , bet kūdreņos par  $0,2\ m^3 \cdot ha^{-1}$ .

Trupes izraisītie ekonomiskie zaudējumi egļu audzēs atkarībā no trupes augstuma un trupes sastopamības audzē vidējam kokam, gan āreņos, gan kūdreņos pieaug. (31. attēls, a., b.).

Analizējot iegūtos rezultātus par trupes ietekmi uz sagatavoto kokmateriālu vērtību atkarībā no trupes sastopamības audzē ir noskaidrots, ka trupes izraisītie zaudējumi apsekotajās mežaudzēs āreņos ir  $569,26\ Ls \cdot ha^{-1}$ , bet kūdreņos  $322,96\ Ls \cdot ha^{-1}$ . Apkopojot iepriekš minētos rezultātus var secināt, ka apstiprinās literatūrā minētais (Woodward et al., 1998), ka *H. annosum* izraisītie ekonomiskie zaudējumi galvenokārt ir attiecināmi uz sagatavoto apaļo kokmateriālu kvalitātes klases pazemināšanos.

Saskaņā ar darba uzdevumiem, 2013. gadā papildus ierīkoti trīs parauglaukumi, lai novērtētu *H. annosum* izplatību nosusinātos meža tipos un analizētu sakņu piepes ietekmi uz parastās egles radiālo pieaugumu. Divi parauglaukumi ierīkoti 3. vecumklases kūdreņos (5. pielikums, LVM 7., LVM 8.) un iegūtie dati iekļauti darba kopējā datu analīzē.



a.

b.

**31. attēls. Sagatavoto kokmateriālu negūto ienākumu (Ls) izmaiņas atkarībā no: a. trupes vidējā augstuma apsekotajās audzēs, b. konstatētā trupējušo koku īpatsvara apsekotajās audzēs.**

Trešais parauglaukums ierīkots AS „LVM” apsaimniekotā mežaudzē Ogres meža iecirknī (178. kvartāls, 5. nogabals, 9E1B<sub>44</sub>+Os<sub>41</sub>) gāršas meža tipā, kur *H. annosum* izplatības noteikšanai no 100 kokiem līdzīgi kā iepriekšminētajos parauglaukumos iegūtas koksnes urbuma skaidiņas. Pēc *H. annosum* konstatēšanas, no 18 inficētiem un 18 veselīgiem kokiem iegūtas koksnes urbumu skaidiņas radiālo pieaugumu uzmērīšanai un no 4 inficētiem kokiem iegūta informācija par trupes izplatību stumbrā. Apsekotās audzes platība ir 6,8 ha, vecums 44 gadi, vidējais diametrs 21 cm un vidējais augstums 20 m.

*H. annosum* izraisītās trupes izplatības augstums stumbrā analizētajiem 4 kokiem ir robežās no 3,25 līdz 4,75 m, trupes diametrs uz celma ir no 18,0 -25,7 cm, bet trupes diametrs krūšaugstumā ir no 14,3-19,7 cm.

#### 7.4.4. *H. annosum* sastopamība parastās egles paaugā

Priežu lānā ierīkotajā parauglaukumā parastās egles paaugā tika atrasti 60 trupējuši koki, bet priežu damaksnī ierīkotajā parauglaukumā 43 trupējušas egles. *H. annosum* laboratorijā apstiprināts 41 (68%) kokam priežu lānā ierīkotajā parauglaukumā un 24 (56%) kokiem priežu damaksnī ierīkotajā parauglaukumā.

Trupes izplatības vidējais augstums priežu damaksnī ierīkotajā parauglaukumā ir  $2,1 \pm 0,1$  m, bet priežu lānā ierīkotajā parauglaukumā  $2,5 \pm 0,2$  m. Turpmākajā darbā tiks analizēta *H. annosum* ietekme uz paaugas koku radiālo pieaugumu.

## 7.5. Secinājumi

1. Darbā konstatēts, ka vidējā tekošā šķērslaukuma pieaugums ar *H. annosum* inficētām eglēm āreņos laika posmā no 2002. līdz 2012. gadam bija par 7,7% ( $0,0001 \text{ m}^2$ ) mazāks kā veselajiem kokiem, bet kūdreņos inficētiem kokiem tas bija par 15,4% ( $0,0002 \text{ m}^2$ ) lielāks. *H. annosum* ietekme uz inficēto koku šķērslaukuma pieaugumu kūdreņos ir būtiska ( $p=0,032 < 0,05$ ).
2. Vidējais trupes izplatības augstums stumbrā parastai eglei 3. vecumklases āreņos ir  $4,02 \pm 0,30$ , bet kūdreņos  $4,4 \pm 0,39$  m. Kūdreņos un āreņos konstatētā lineārā pozitīvā sakarība starp trupes augstumu parastās egles stumbrā un trupes diametru uz celma nav uzskatāma par būtisku. Vidējais trupes izplatības augstums āreņos ir 18,5 reizes, bet kūdreņos 20,7 reizes lielāks par trupes diametru celma augstumā.
3. Novērtējot iegūto egles apaļo kokmateriālu sortimentu īpatsvara izmaiņas analizētajās audzēs pie faktiskā inficēto koku īpatsvara āreņos (20,4%) un kūdreņos (13,6%) konstatēts, ka resnās un vidējās lietkoksnes iznākums eglei samazinās uz tievās lietkosnes un malkas sortimentu pieauguma rēķina. Āreņos vidējās un tievās lietkosnes sortimentu iznākums samazinās par 7,5%, bet kūdreņos par 5,3%.
4. Atsevišķam kokam *H. annosum* trupes ietekmē sagatavoto apaļo kokmateriālu sortimentu vērtība 3. vecumklasē samazinās vidēji par 2,33 Ls āreņos un 2,23 Ls kūdreņos. Vērtības samazinājumu var izskaidrot ar to, ka palielinoties trupes izplatības augstumam stumbrā, palielinās zaudējumi, kuri rodas sagatavojot zemākas kvalitātes apaļos kokmateriālus. Analizētajās audzēs āreņos trupes izraisītie zaudējumi ir  $569,26 \text{ Ls}\cdot\text{ha}^{-1}$ , bet kūdreņos  $322,96 \text{ Ls}\cdot\text{ha}^{-1}$ .
5. Trupes izplatības vidējais augstums paaugas eglēs priežu damaksnī apsekotajā parauglaukumā ir  $2,1 \pm 0,1$  m, bet priežu lānā  $2,5 \pm 0,2$  m.

## 8. Dažādu koku sugu rezistences novērtējums pret *H. annosum s.l.* infekciju

2007. gada pavasarī Meža pētīšanas stacijas teritorijā (Kalsnavas mežu novads) tika ierīkots eksperiments, lai novērtētu deviņu dažādu koku sugu rezistenci pret *H. annosum s.s.* un *H. parviporum*. Šogad vizuāli novērtēta ar sakņu piepi mākslīgi inficēto koku vitalitāte (19. tabula). Konstatēts, ka 2012. / 2013. gada ziemā snieglauzēs bojātas priežu un egļu audzes - vairākiem kokiem nolauztas galotnes. Kopš eksperimenta uzsākšanas ošu audzē 17 koki ir izgāzti vai nokaltuši. Spriežot pēc simptomiem, kalšanu izraisa sēne *Chalara fraxinea*. Ozolu audzē konstatēti vainaga bojājumi, kas radušies mežsaimnieciskās darbības rezultātā (blakus veikta kailcirte, kuras laikā nolauzti ozolu zari) (18. tabula). Izgāztais koks no melnalkšņu audzes vairs nav izmantojams turpmākajai analīzei (izvākts no parauglaukuma).

**18. tabula. Dažādu koku sugu audžu raksturojums un konstatētie bojājumi (2007. - 2013. gads).**

Koku suga	Kvartāls	Nogabals	Platība, ha	Piezīmes
Priede	65	14	0,2	2 kokiem nolauztas galotnes
Egle	60	16	5,8	≈20% analizēto koku ir mizas bojājumi, 7 kokiem nolauztas galotnes
Bērzs	263	10	2,2	1 kalstošs koks
Melnalksnis	263	10	2,2	1 koks nokaltis, 1 - izgāzts
Osis	263	9	2,4	17 koki izgāzti vai nokaltuši
Ozols	222	1	1,1	4 kokiem nolauzti augšējie zari
Baltalksnis	260	4	1,2	2 koki nokaltuši; 2 nolūzuši
Apse	244	4;10	2,3	≈ 4% analizēto koku ir mizas bojājumi
Lapegle	251	11	1,1	≈ 8% analizēto koku ir mizas bojājumi

Visiem inficētājiem un kontroles (ar *H.annosum s.l.* neinficētājiem) kokiem tika atjaunoti uzkrāsotie numuri.

## **9. Mikorizu veidojošās sēnes, to ietekme uz *P.abies* stādmateriāla attīstību un rezistenci pret *H.annosum s.l.***

Egļu stādu rezistences pārbaudē pret sakņu trupes sēnēm, tika iekļauts stādu mikorizācijas un mikorizas sēņu sastāva novērtējums. Stādu mikorizācijai pievērsta uzmanību, jo tā ir nozīmīgs faktors sekmīgas stādu minerālās barošanās nodrošināšanai ieaugšanās procesā un līdz ar to – stādu vitalitātes indikators. Bez tam zināms, ka mikorizu sabiedrība var būtiski atšķirties starp ģenētiski atšķirīgiem stādmateriāla variantiem (Velmala et al. 2013), kā arī atsevišķas mikorizas sēnes nomāc patogēno organismu attīstību, kas iespējams var kavēt arī sakņu trupi izraisošās sakņu piepes izplatību.

### **9.1. Metodika**

Stādu inokulēšanas eksperimenta dizains aprakstīts projekta „Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” 1. etapa 2. starpatskaitē (2. punkts). Rezultāti par *H.annosum s.l.* micēlija izplatību inficētajos stādos, stādmateriāla morfoloģiskais raksturojums, kā arī sakņu paraugu iegūšanas un mikorizu morfotipu raksturošanas metodika izklāstīti iepriekš minētā projekta 2. etapa 2. starpatskaitē (10. punkts).

#### **9.1.1. Mikorizu veidojošo sēņu noteikšana**

Mikorizu veidojošo sēņu sugu daudzveidība analizēta piecu dažādu provenienču egļu stādmateriālam. Suntažu stādmateriāls netika iekļauts analizējamā stādmateriāla grupā, jo, salīdzinot ar pārējām proveniencēm, tas bija par gadu jaunāks.

Ependorfa trauciņos 70% etanola šķīdumā tika fiksētas trīs līdz piecas īssaknītes no atšķirīgiem mikorizu morfotipiem, kas konstatēti uz katra eksperimentā izmantotā egļu stādu varianta. Sakņu paraugi tika uzglabāti saldētavā -16° C. Turpmākajā darbā DNS analīzes tika veiktas Somijas Mežzinātnes institūtā „Metla” sēņu DNS analīzēm. Kopējā DNS izdalīšana veikta pēc E. Vainio *et al.* protokola (Vainio *et al.* 1998). Taču veiktas nelielas modifikācijas, attiecībā uz kvarca smilts graudiņu daudzumu un inkubācijas periodu 65<sup>0</sup> C temperatūrā. Mikorizētās īssaknes homogenizētas mēģenēs ar skrūvējamu vāciņu, tajās iepildot 300 μl lizējošā bufera (50 Mm Tris-HCl, 50 mM EDTA, 3% SDS un 1% β-merkaptotetanolis) un 15 kvarca smilts graudiņus. Pēc tam sagatavotais materiāls uz 20 sekundēm (atkārtojot trīs reizes) ievietots homogenizatorā FastPrep. Ekstrakts inkubēts 30 minūtes 65<sup>0</sup> C temperatūrā. Turpmākās darbības veiktas tieši kā norādīts protokolā (Vainio *et al.* 1998). DNS attīrīts ar

350 µl fenola:hloroforma:izoamilalkahola šķīdumu (25:24:1) un 200 µl hloroforma:izoamilalkohola (24:1) šķīdumu. Polietilēna glikols (60 µl) izmantots DNS nogulsnešanai. Pēc tam paraugi inkubēti uz ledus 20 minūtes. Paraugi centrifugēti 20 minūtes; iegūtie DNS pilieni attīrīti ar 500 µl 70% etanolu un žāvēti 24 stundas istabas temperatūrā. Ižāvētiem DNS pilieniem pievienots 4 µl TE buferis (10 mM Tris-Cl, 1 mM EDTA) (6:1). Iegūtā DNS koncentrācija izmērīta, izmantojot spektrofotometru (ND-1000, NanoDrop®).

DNS amplificēti, veicot polimerāzes ķēdes reakciju (PĶR), izmantojot Dreamtaq DNS polimerāzi (Fermentas, Life Science, Lietuva). Kā praimeris lietoti ITS2 (White *et al.* 1990) un sēnēm specifisks praimeris ITS1F ar GC-pagarinājumu (GC-clamped) (Gardes, Bruns 1993). PĶR izmantotie temperatūras režīmi: 5 minūtes sākotnējā denaturācija 95°C, 35 cikli (30 sekundes 95°C DNS denaturācija, 30 sekundes 57°C praimeru hibridizācija, 1 min 72°C DNS sintēze) un 5 minūtes beigu elongācija 72°C. Iegūtie PĶR produkti tika pārbaudīti ar gēla elektroforēzes metodi 1% agarozes gēlā (0,75 g agaroze (Prona), 50 ml 1 x TE buferšķīdums, 1 µl etīdija bromīds). Paraugi, kas saturēja PĶR produktus, tika sadalīti denaturējošā gradienta gēla elektroforēzē (DGGE, BioRad, Hercules, CA, USA), lietojot šādu programmu: 16 stundas - 75 V, 60° C (Korkama *et al.* 2006). DGGE gēls tika krāsots ar SYBR Gold II un vizualizēts zilajā gaismā ar Dark Reader transiluminatoru.

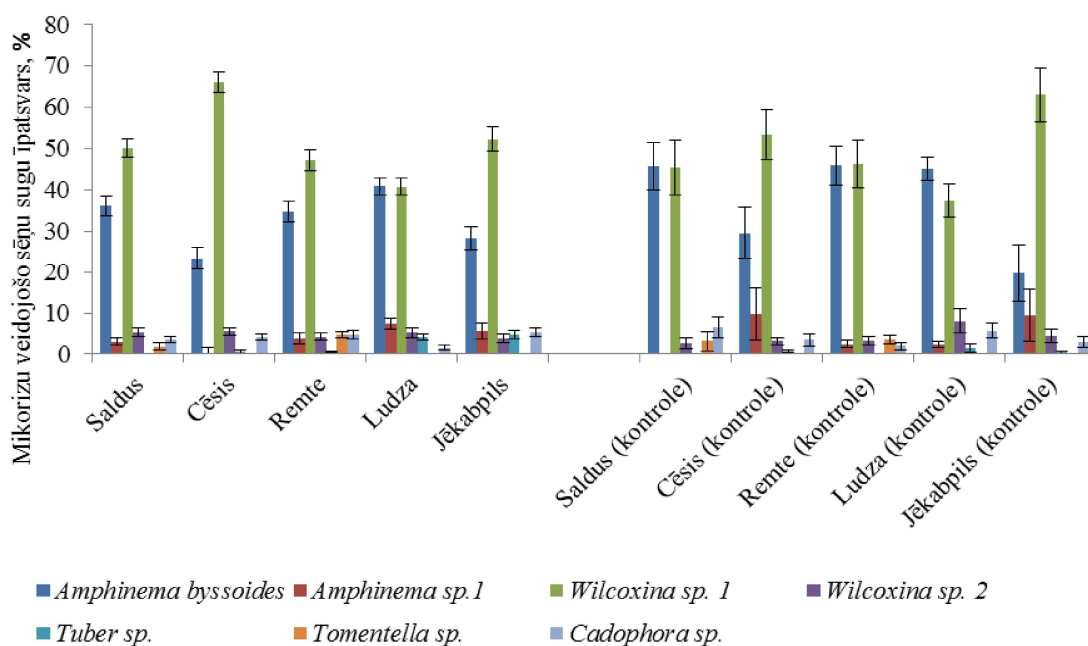
Balstoties uz DGGE iegūtajiem datiem, no katras līdzīga garuma PĶR produktu grupas 2-3 paraugiem veikta jauna PĶR reakcija, lietojot atšķirīgus praimerus – universālo praimeris ITS4 (White *et al.* 1990) un sēnēm specifisku praimeris ITS1F (Gardes, Bruns 1993).

Sagatavotie paraugi sūtīti sekvenēšanai uz Macrogen Inc. laboratoriju Nīderlandē. Sekvences analizētas, lietojot programmas SeqMan 5.01 versiju no DNASTAR programmu paketes (DNASTAR, Madison, WI, USA). Iegūtās sekvences salīdzinātas ar GenBank un UNITE (Kõljalg *et al.* 2005) datu bāzēs ievietotajām sekvencēm. Ja iegūtā sekvence nelīdzinājās datu bāzē esošajām sekvencēm ar vismaz 98% atbilstību, tad iegūto sekvenci apzīmēja nevis kā konkrētu sugu, bet gan kā konkrētās ģints pārstāvi, pievienojot „sp.”. Ja konkrētajā ģintī bija vairāk kā viena suga, tad lietots apzīmējums „sp.1”, „sp.2” utt., lai norādītu, ka vienu ģinti pārstāvošās sugas ir atšķirīgas.

## 9.2. Rezulāti

Visiem analizētajiem stādu sakņu paraugiem konstatēta mikoriza. Lai gan pēc vizuālā novērtējuma atzīmēja astoņus mikorizu veidojošo sēņu morfotipus, laboratorijas analīzēs *P.abies* stādmateriālam konstatētas deviņas mikorizu veidojošas sēņu sugas (32. attēls; 6. pielikums). Tā kā divas no konstatētajām mikorizas sugām - *Tylospora asterophora* un

*Thelephora terrestris* - bija samērā reti sastopamas, turklāt tikai atsevišķu provenienču stādmateriālā, šīs sugas netika iekļautas delatizētākā mikorizu analizē. Uz *P.abies* īssaknēm lielāku īpatsvaru no uzskaitītajām sēnēm veido ektomikorizu veidojošās sēņu sugas: *Wilcoxina* sp.1 un *Amphinema byssoides*. Atkarībā no proveniencēm, kā arī stādmateriāla reprodiktīvā ieguves apgabala, būtiski atšķīrās dominējošo ektomikorizu veidojošo sēņu sugu (*Amphinema byssoides* un *Wilcoxina* sp.1) īpatsvars ( $p < 0,05$ ) (32., 33. attēls). Ar *H. annosum* s.l. inficētajam Cēsu izcelsmes stādmateriālam vairāk sakņu ( $66,1\% \pm 4,6\%$ ) bija kolonizētas ar *Wilcoxina* sp. 1 ( $p < 0,05$ ), salīdzinot ar pārējām proveniencēm. Savukārt *Amphinema byssoides* vairāk bija kolonizējusi ar *H. annosum* s.l. inficēto Ludzas stādmateriālu ( $40,8\% \pm 2,9\%$ ), salīdzinot ar Cēsu ( $23,4\% \pm 2,7\%$ ) un Jēkabpils ( $28,3 \pm 3,0\%$ ) stādmateriālu ( $p < 0,05$ ). Atšķirības, salīdzinot dominējošo mikorizu veidojošo sēņu īpatsvaru kontroles un inficētajam stādmateriālam, nebija būtiskas pie būtiskuma līmeņa  $\alpha = 0,05$ . Atsevišķi netika analizēta mikorizu veidojošo sēņu sastopamība atkarībā no tā, vai stādmateriāls inficēts ar *H.annosum* s.s. vai *H.parviporum*, jo atšķirības, salīdzinot *H. parviporum* un *H.annosum* s.s. kopējo izplatības attālumu *P.abies* stādmateriālā, nebija būtiskas.



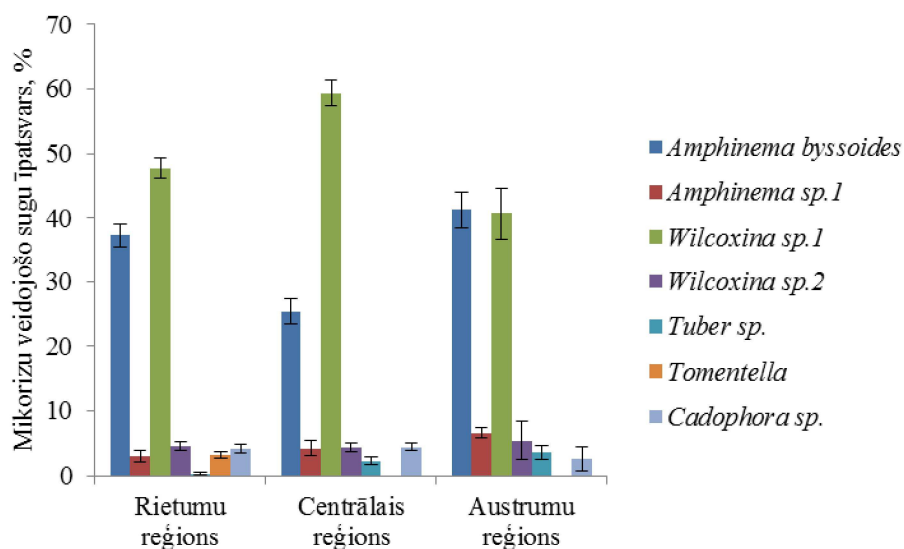
**32. attēls. Ektomikorizu veidojošo sēņu sugu īpatsvars (%) atšķirīgās *P.abies* proveniencēs**

**inficētos un kontroles stādos.**

Tā kā būtiskas atšķirības starp dominējošo mikorizu veidojošo sēņu kolonizēto īssakņu īpatsvaru kontroles un inficētajā stādmateriālā netika konstatētas, tad turpmākajās analizēs izmantoti inficētie stādi kopā ar kontroles stādiem (kopējais skaits). Stādmateriāls, kas

reprezentē rietumu (Saldus un Remte stādmateriāls) un austrumu (Ludzas stādmateriāls) reģionu, mikorizu biežāk veidoja ar *Amphinema byssoides*, salīdzinot ar centrālā reģiona stādmateriālu (Cēsu un Jēkabpils stādmateriāls) (attiecīgi:  $37,2\% \pm 1,7\%$ ,  $41,4\% \pm 2,8\%$  un  $25,4\% \pm 1,9\%$ ). Centrālā reģiona stādmateriāls *Amphinema byssoides* sastopamības ziņā no pārējiem atšķirās būtiski ( $p < 0,05$ ). *Wilcoxina* sp.1 savukārt būtiski biežāk kolonizēja centrālā reģiona stādmateriālu, salīdzinot ar rietumu un austrumu stādmateriālu ( $p < 0,05$ ) (7. pielikums). *Tuber* sp. atzīmēta galvenokārt austrumu un centrālā reģiona stādmateriālā, turpretī *Tomentella* sp. konstatēta tikai rietumu reģiona stādmateriālā (33.attēls).

*Wilcoxina* ģints sēņu īpatsvars uz centrālā reģiona stādmateriāla īssaknēm bija lielāks ( $64,0\% \pm 3,6\%$ ) nekā *Wilcoxina* ģints sēņu īpatsvars, kas konstatēts uz rietumu ( $52,5\% \pm 2,9\%$ ) un austrumu ( $46,1\% \pm 2,7\%$ ) reģiona stādmateriāla īssaknēm ( $p < 0,05$ ).



33. attēls. Ektomikorizu veidojošo sēņu sugu īpatsvars (%) *P. abies* stādmateriālā, kas reprezentē atšķirīgus reģionus (analizēti kopā inficētie un kontroles stādi).

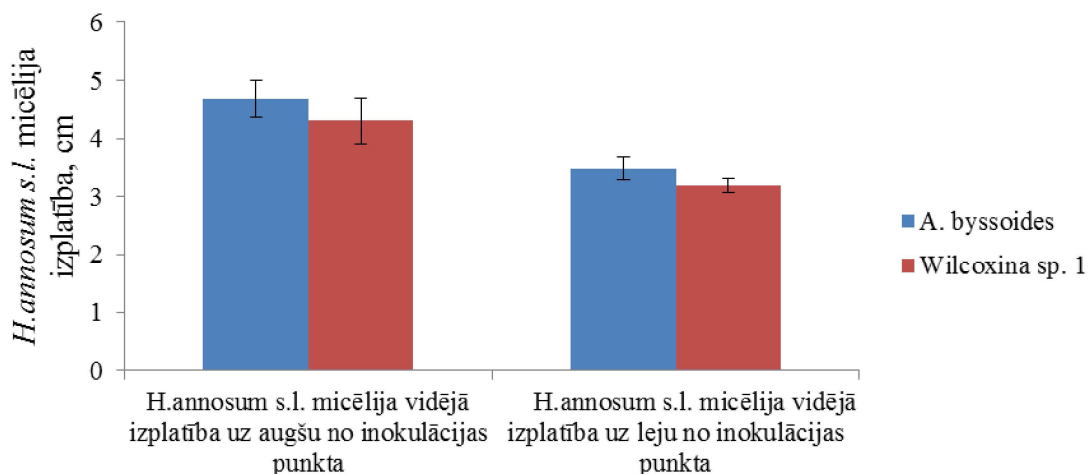
Šis mikorizu atšķirības iespējams saistāmas ne tikai ar stādu izcelsmi, bet primāri vai sekundāri arī ar to morfoloģiskajiem rādītājiem un sakņu piepes izplatības spējām stādmateriāla stumbrā (19. tabula). Tā, piemēram, centrālās izcelsmes stādi, kuru saknēs biežāk bija sastopama *Wilcoxina* sp.1 un retāk – *Amphinema byssoides*, bija garāki un abas sakņu piepes sugas tā stumbrā izplatījās salīdzinoši lēnāk.



19. tabula. Ektomikorizu analizē iekļauto atšķirīgu reģionu stādmateriāla morfoloģisko rādītāju un *H.annosum* s.l. attīstības raksturojums.

Parametri	Rietumu reģions	Centrālais reģions	Austrumu reģions
Stādu garums, cm	68,7± 0,8	72,1±1,2	71,7± 1,1
Sakņu kakla diametrs, cm	1,43± 0,02	1,39± 0,02	1,37± 0,03
<i>H.annosum</i> s.l. uz augšu no inokulācijas punkta	5,12±0,65	3,83±0,25	4,36±0,37
<i>H.annosum</i> s.l. uz leju no inokulācijas punkta	3,82±0,18	2,91±0,15	3,07±0,19

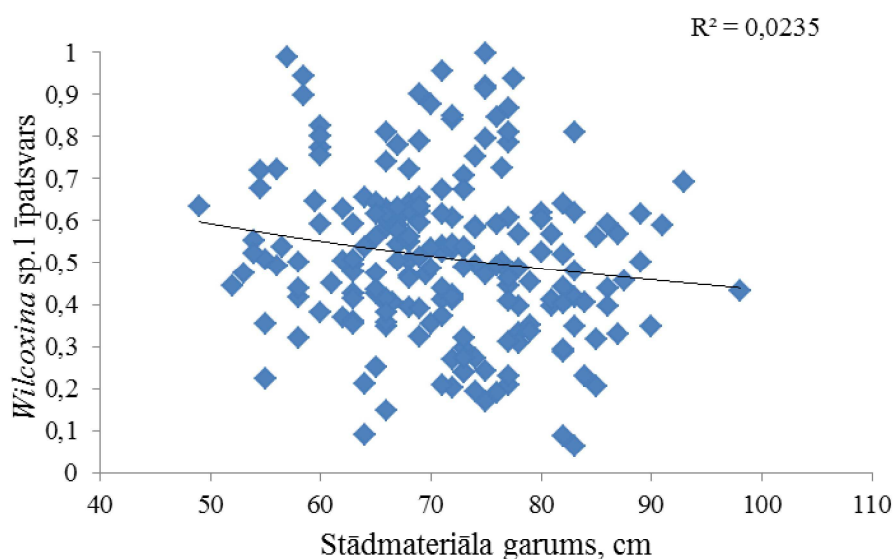
Stādmateriālā, kurš biežāk kolonizēts ar *Wilcoxina* sp. 1 (*Wilcoxina* sp. 1 īpatsvars, salīdzinot ar *Amphinema byssoides* ir lielāks), lēnāk attīstījies *H.annosum* s.l. micēlijs gan uz augšu, gan leju no inokulācijas punkta, attiecīgi, 4,30 cm ± 0,40 cm un 3,19 cm ± 0,12 cm. Stādmateriālā, kur lielāku īpatsvaru no mikorizu veidojošām sēnēm veido *Amphinema byssoides*, atzīmēta straujāka *H.annosum* s.l. micēlija attīstība, attiecīgi, 4,69 cm ± 0,39 cm uz augšu no inokulācijas punkta un 3,49 cm ± 0,20 cm uz leju no inokulācijas punkta (34. attēls). Tomēr minētās atšķirības nebija būtiskas pie 95% ticamības līmeņa.



34. attēls. *H.annosum* s.l. micēlija izplatība *P.abies* stādmateriālā uz augšu un leju no inokulācijas punkta atkarībā no dominantās mikorizu veidojošo sēņu ģints.

Analizētajam stādmateriālam (analizēta visa paraugkopa) novērota vāja negatīva korelācija starp *Wilcoxina* sp.1 un *P.abies* stādmateriāla garumu, kā arī diametru ( $\rho = -0,07$ ;

$\rho = -0,11$ ), bet šīs korelācijas nebija būtiskas ( $p > 0,05$ ). Netika novērota korelācija starp *Amphinema byssoides* īpatsvaru un stādmateriāla garumu, diametru (korelācijas koeficienti attiecīgi,  $\rho = -0,01$ ;  $\rho = -0,003$ ). Analizējot tikai inficēto *P.abies* stādmateriālu, konstatēts, ka starp inficētā stādmateriāla garumu, kā arī diametru un *Wilcoxina* sp. 1 īpatsvaru pastāv būtiska, negatīva ( $\rho = -0,15$  un  $\rho = -0,14$ ) korelācija (35. attēls). Starp *Amphinema byssoides* īpatsvaru un inficētā stādmateriāla garumu, diametru būtiska korelācija netika konstatēta ( $p > 0,05$ ).



**35. attēls. *Wilcoxina* sp. 1. Īpatsvara korelācija ar *P.abies* stādmateriāla garumu.**

Analizējot datus par dominējošo mikorizu veidojošo sēņu sugu korelāciju ar atsevišķu provenienču stādmateriāla garumu, diametru un garuma-diametru, vāja saistība konstatēta tikai starp *Amphinema byssoides* un *Wilcoxina* sp. 1 īpatsvaru un garuma-diametra attiecību Saldus stādmateriālā (8. pielikums).

Turpmākajā pētījumā tiks analizēta minēto mikorizas sēņu sastopamība gan kokaudzētāvās, gan sakņu paraugos kā veselās, tā ar sakņu piepi inficētās skujkoku audzēs.

### 9.3. Secinājums

Mikorizas sēne *Wilcoxina* sp. dominēja stādmateriālā, ko raksturoja augstāka rezistence pret *H.annosum s.l.* micēlija izplatību; stādmateriālā ar zemāku rezistenci pret *H. annosum* konstatēts lielāks mikorizas sēnes *Amphinema byssoides* īpatsvars, tomēr atšķirības abos gadījumos nebija statistiski būtiskas ( $p > 0,05$ ).

## 10. Sakņu trupi izraisīšo sēņu noteikšana celmu izstrādes eksperimentā

### 10.1. Koksnes paraugu ievākšana un analīze

Ierīkotajos parauglaukumos pēc atcelmošanas tika ievākti koksnes paraugi no egļu un priežu saknēm patogēno sēņu identificēšanai laboratorijas apstākļos. Katrā objektā izvēlēti 20 trupējuši celmi, kā arī trupējušajiem celmiem blakus esoši 20 netrupējuši celmi. No katra celma lūzuma vietās ievāca 5 resnākās saknes (36. attēls), lai noteiktu, cik daudz no augsnē palikušajām saknēm varētu būt inficētas ar trupi izraisīšām sēnēm. Piecos parauglaukumos pavisam tika ievāktas apmēram 1000 saknes. Koksnes paraugi atkarībā no sakņu diametra tika ievākti trijos dažādos veidos: ar dārza šķērēm, ar cirvi vai ar motorzāģi. Saknes no katra celma tika ieliktas plastmasas maisā ar celma numuru un nogādātas laboratorijā. Pirms apstrādes saknes uzglabātas aukstuma kamerā +4 °C temperatūrā.

Laboratorijā katra sakne tika mazgāta tekošā ūdenī un diennakti žāvēta istabas temperatūrā. Pēc tam katrai saknei tika izmērīts diametrs, piešķirts kārtas numurs no 1 līdz 5 un no saknes vidusdaļas, izmantojot cirvi, izcirsti koksnes paraugi. Vienlaicīgi arī tika novērtēts saknes stāvoklis: vesela koksne, trupējusi koksne vai koksne ar krāsojumu. No katras saknes paņemtas koksnes skaidiņas, sterilizētas liesmā un ievietotas Petri platē ar iesala agara barotni (37. attēls). Petri plates inkubētas istabas temperatūrā un regulāri pārbaudītas. Visas no koksnes parauga izaugušas sēnes tika apsekotas, izmantojot mikroskopu Leica DM400B un pārstādītas uz atsevišķām Petri platēm.

*Heterobasidion* sugas tika noteiktas, izmantojot micēlija mikroskopiskās pazīmes, kā arī izmantojot intersterilitātes testu. Pārējās sēnes noteiktas, pamatojoties uz micēlija morfoloģiskajām pazīmēm, kā arī izmantojot molekulārās metodes.



**36. attēls. Sakņu paraugi.**



**37. attēls. Uz agara barotnes uzliktas koksnes skaidiņas.**

Izvēlētās sēnes micēliju 10 dienas audzēja šķidrajā (bez agara) Hāgema barotnē. Ar pinceti neliels micēlija gabals tika pārņests uz sterilo stobriņu (1 ml), pievienots 1 ml 70% etilspirta, un paraugs ievietots saldētavā. DNS ekstrakcija un PCR tika veikti Somijas Mežzinātnes Institutā „Metla”. Kopējā DNS izdalīšana veikta pēc E. Vainio *et al.* protokola (Vainio *et al.* 1998). PCR (polimerāzes ķēdes reakcijai) izmantoja DreamTaq polimerāzi (Fermentas) un sēnēm specifiskus praimerus ITS1F un ITS4. Gatavo PCR produktu nosūtīja uz firmas Macrogen Inc. laboratoriju Nīderlandē tālākai sekvenēšanai. Sekvenēšanu veica vienā virzienā, izmantojot praimeri ITS4. Iegūtās sekvences apstrādāja ar DNASTAR SeqMan 5.07 programmu (Hellman, Universitet Uppsala). Sēņu sugas tika noteiktas, izmantojot NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>) datubāzi.

## **10.2. Rezultāti**

Pavisam sakņu paraugi tika ievākti no 100 trupējušiem celmiem (501 sakne) un 100 celmiem bez trupes pazīmēm (502 saknes). Ievākto sakņu diametri vidēji 4,3 cm trupējušiem celmiem (no 0,9 līdz 19 cm), bet veseliem celmiem – 4,0 cm (no 0,9 līdz 18 cm). Gan trupējušiem celmiem, gan celmiem, kas izskatījās veseli, tika konstatētas kā trupējušas, tā veselas saknes, kā arī saknes ar krāsojumu. Trupējušiem celmiem 25,7% sakņu bija veselas, 28,3% ar izteiktu trupi, bet pārējām saknēm (46%) konstatēta koksnes krāsas maiņa. Celmiem, kas arī izskatījās veseli, 28,1% ievākto sakņu bija bez trupes pazīmēm, 20,5% izteikti

trupējušas un 51,4% konstatētas koksnes krāsas izmaiņas.

No analizētajām saknēm izdalītās sēņu sugas apkopotas 9. pielikumā.

Visbiežāk sastopamās trupi izraisošās sēnes egļu saknēs bija celmenes *Armillaria* sp. un sakņu piepe *Heterobasidion parviporum*.

*Armillaria* ģints sēnes tika konstatētas 26,7% trupējušo celmu saknēs un 29,9% veselo celmu saknēs. Celmeņu sugas pēc micēlija morfoloģiskajam pazīmēm nav iespējams atšķirt, tāpēc divi izolāti tika nosūtīti sekvenēšanai uz firmu MacroGen (Koreja). Noskaidrots, ka izolāti pieder pie dažādam sugām: viena ir ziemeļu celmene *A. borealis*, kas pēc literatūras datiem spēj izraisīt sakņu trupi veselīgiem kokiem, bet otra - bumbulkāta celmene *A. cepistipes*, kas pārsvarā ir saprofitiska, kaut gan tā var izraisīt sakņu trupi stipri novājinātiem kokiem (Keča & Solheim, 2011). Turpmākajā darbā arī citi *Armillaria* izolāti (vismaz 6 no katra parauglaukuma) tiks noteikti līdz sugai, izmantojot intersterilitātes testu (testkultūras ir iegūtas Somijas Mežzinātnes Institutā „Metla”). Sakņu, no kurām izdevās izdalīt *Armillaria* sp., diametrs variēja no 1,0 cm līdz 18,0 cm (vidēji 4,5 cm). Lielākā daļa no tām bija ar krāsojumu (54%) vai ar izteiktu trupi (25%).

*Heterobasidion parviporum* tika izdalīts no 10,8% trupējušo celmu saknēm un no 2% veselo celmu saknēm. Sakņu diametrs, no kurām izdevās izdalīt *H. parviporum*, variēja no 1,5 cm līdz 14,0 cm (vidēji 6,1 cm). Lielākā daļa no analizētajām saknēm bija izteikti trupējušas (81%) vai ar krāsojumu (16%). Uz diviem ievāktajiem sakņu fragmentiem atrasti arī sakņu piepes augļķermeņi. Somijā veiktajos pētījumos dzīvotspējīgs *H. parviporum* micēlijs tika izdalīts 6 gadus zemē ieraktām trupējušām egļu saknēm, kuru diametrs bija 1,5 cm un pierādīta blakus esošo egļu stādu inficēšanās no trupējušajam sakņu fragmentiem (T. Piri, npublicēti dati). Minētais pētījums liecina, ka pat sīka diametra sakņu fragmenti var veicināt sakņu piepes izplatību.

No askusēnēm visbiežāk sastopamas bija *Trichoderma polysporum* (43,5% no visām saknēm) un *Ascocoryne cylichnium* (28,3% no visām saknēm). Abas minētas sēnes ir bieži sastopamas trupējušos egļu celmos (Arhipova *et al.*, 2011).

Turpmākajā darbā tiks novērtēts celmenes, kā primārās celmu kolonizētājas sēnes, nozīme sakņu trupes izraisīšanā skujkoku audzēs, kā arī analizēta *Armillaria* sakņu trupes sastopamība atjaunotajās skujkoku platībās.

### 10.3. Secinājumi

1. Ar *H. annosum* inficētās platībās celmiem, kas pēc vizuālā novērtējuma tika klasificēti kā „veseli”, 20% no analizētajām saknēm bija izteikti trupējušas, bet 50% sakņu konstatētas koksnes krāsas izmaiņas.
2. Sakņu trupi izraisošā sēne *Armillaria* spp. konstatēta 27% analizēto trupējušo egļu celmu saknēs un 30% veselo celmu saknēs.
3. *Heterobasidion parviporum* izdalīts no 11% trupējušo analizēto egļu celmu saknēm un 2% veselo egļu saknēm. Mazākais sakņu diametrs, kurās konstatēts *Heterobasidion* sp. bija 1,5 cm.

## 11. Ūdens paraugu ievākšana un analīzes

Vakuuma lizimetri (38. attēls) uzstādīti 3 izmēģinājumu objektos – 82-05-07-712-437-8 (Dursupe), 65-03-07-410-58-34 (Nītaure) un 80-29-07-501-360-9 (Ogre). Katrā objektā atcelmotā un kontroles parauglaukuma centrā līdzinā vietā apļveidā izkārtoti 5 lizimetru pāri (39. attēls). Viens no katra pāra lizimetriem savāc ūdeni no 30 cm dziļuma, otrs lizimetrs – no 60 cm dziļuma. Lizimetrus izsūknē reizi 2 nedēļās, vācot katra mēneša kopējo paraugu. Analīzes tiek veiktas nākošā mēneša sākumā, attiecīgi, augustā ievāktajiem paraugiem analīzes veiks septembrī. Ūdens paraugu analīžu metodika pievienota 10. pielikumā.

Ja ievāktā paraugu tilpums ir nepietiekošs visu analīžu veikšanai, pirmkārt tiek noteikts pH, EVS,  $N_{kop.}$ ,  $P-PO_4^{3-}$  un katjoni (K, Ca, Mg). Ja ūdens paraugs ir nepietiekošs arī šo elementu noteikšanai, apvieno divu mēnešu paraugus. Visos vienā parauglaukumā vienā dziļumā atrodošos lizimetrus savāktos ūdens paraugus apvieno tūlīt pēc nogādāšanas uz laboratoriju un savāktā ūdens tilpuma noteikšanas.



38. attēls. MMM tech support ražotais vakuuma lizimetrs Lyš.

Augsnes ūdeņos nosakāmie parametri un to vidējās vērtības jūnijā un jūlijā ievāktajos paraugos parādītas 20. tabulā. Statistiski būtiskas atšķirības starp atcelmoto un kontroles platību pagaidām nav konstatētas nevienam analizētajam parametram (40. attēls).

Salīdzinot iegūtos rādītājus ar vidējām vērtībām visos parauglaukumos, lielākajai daļai parametru, tāpat, nav konstatējama būtiska atšķirība starp kontroles un atcelmoto platību. Fosfātiem, nitrātiem un amonija joniem konstatēta liela nenoteiktība (vidējā aritmētiskā standartklūda pārsniedz 100 %), tāpēc 41. attēlā redzamajai atšķirībai, visticamāk, ir nejaušs raksturs.

---

<sup>2</sup> Attēla avots – <http://www.mmm-tech.de/en/lysimeter/lys>.

20. tabula. Analīžu rezultātu kopsavilkums atcelmotajās un kontroles platībās

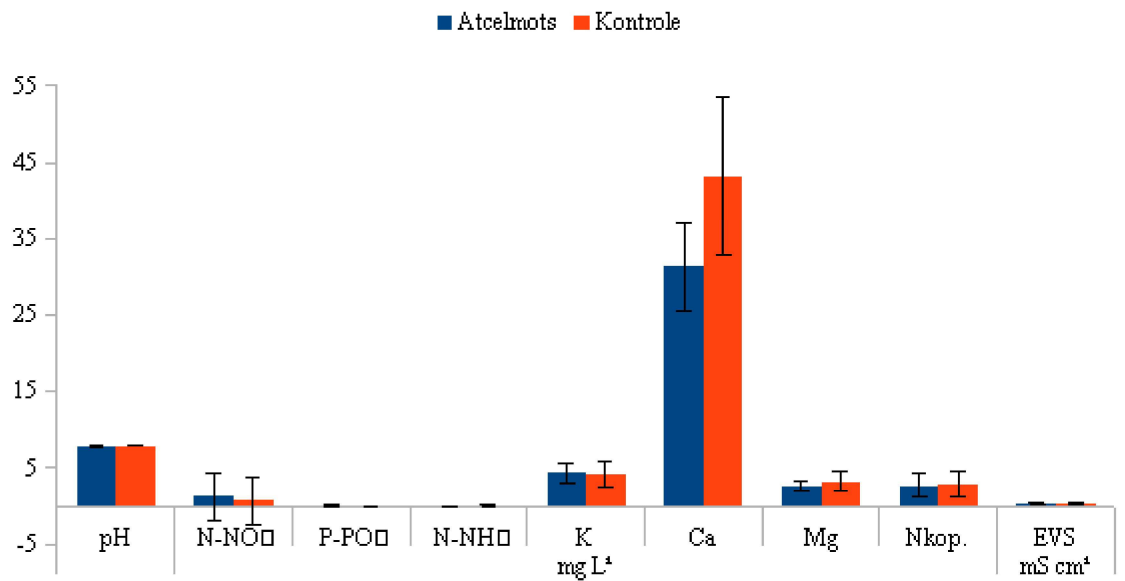
Variants	pH	N-NO <sup>3-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	N-NH <sup>4+</sup> , mg L <sup>-1</sup>	K, mg L <sup>-1</sup>	Ca, mg L <sup>-1</sup>	Mg, mg L <sup>-1</sup>	N <sub>kop.</sub> , mg L <sup>-1</sup>	EVS, μS cm <sup>-1</sup>
Atcelmots	7,97 ± 0,13	1,23 ± 3,1	0,02 ± 0,02	0,01 ± 0,01	4,35 ± 1,29	31,42 ± 5,76	2,63 ± 0,7	2,75 ± 1,55	236,99 ± 70,12
Kontrole	7,99 ± 0,08	0,7 ± 3,1	0 ± 0,01	0,06 ± 0,08	4,25 ± 1,65	43,25 ± 10,42	3,24 ± 1,37	2,82 ± 1,72	221,58 ± 95,3
Vidēji	7,98 ± 0,07	0,97 ± 2,09	0,01 ± 0,01	0,04 ± 0,04	4,3 ± 1	35,36 ± 5,74	2,87 ± 0,7	2,79 ± 1,1	229,29 ± 56,5



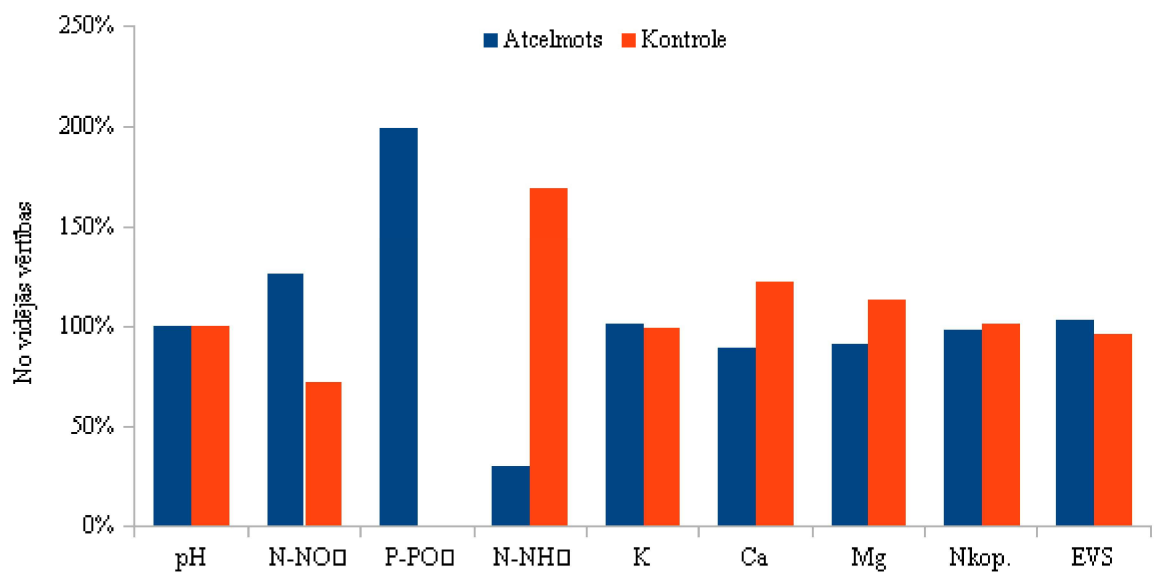
39. attēls. Uzstādīti lizimetri.

<sup>3</sup> Tabulā iekļauti jūnijā un jūlijā ievākto paraugu analīžu rezultāti.





40. attēls. Analīžu rezultātu salīdzinājums atcelmotajās un kontroles platībās.



41. attēls. Analīžu rezultātu salīdzinājums atcelmotajās un kontroles platībās.

Vielu aprites novērtēšanai blakus lizimetriem ir uzstādīti nokrišņu savācēji (42. attēls), pa 3 katrā objektā. Nokrišņu savācējus tāpat iztukšo reizi 2 nedēļās un nosaka nokrišņu tilpumu. Barības vielu aprites aprēķinos plānots izmantot nokrišņu savācējos iegūtos tilpuma datus un meža monitoringa parauglaukumā iegūtos nokrišņu ūdens kvalitatīvos rādītājus.



42. attēls. Nokrišņu savācējs.

## 12. Literatūras saraksts

1. Abrahamsson M., Lindbladth M. 2006. A comparison of saproxylic beetle occurrence between man-made high- and low-stumps of spruce (*Picea abies*). *Forest Ecology and Management*, 226 (1-3): 230–237.
2. Abrahamsson M., Lindbladth M., Rönnberg J. 2008. Influence of butt rot on beetle diversity in artificially created high-stumps of Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 255 (8–9): 3396–3403.
3. Agerer R. 1986-2006. Colour atlas of ectomycorrhizae. Einhorn-Verlag, Schwäbisch Gmünd, München, Germany.
4. Arhipova N., Gaitnieks T., Donis J., Stenlid J., Vasaitis R. 2011. Butt rot incidence, causal fungi and related yield loss in *Picea abies* stands of Latvia. *Canadian Journal of Forest Research* 41: 2337-2345.
5. Brin A., Bouget Ch., Valladares L., Brustel H. 2012. Are stumps important for the conservation of saproxylic beetles in managed forests? – Insights from a comparison of assemblages on logs and stumps in oak-dominated forests and pine plantations. *Insect Conservation and Diversity*: Article first published online: 14 JUN 2012.
6. Ehnström B. 2001. Leaving Dead Wood for Insects in Boreal Forests - Suggestions for the Future. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16(Supplement 003): 91-98.
7. Foit J. 2012. Early-arriving saproxylic beetles developing in Scots pine stumps: effects of felling type and date. *Journal of Forest Science*, 58 (11): 503–512.
8. Fosset K.O., Sverdrup-Thygeson A. 2009. Saproxylic beetles in high stumps and residual downed wood on clear-cuts and in forest edges. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24 (5): 403-416.
9. Gardes M., Bruns T. D. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes - Application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, 2, 113-118.
10. Gedminas A., Lynikienė J., Zeniauskas R. 2007. Cambio-xylofauna abundance and species diversity of cutting residues in Scots pine and Norway spruce clear-cuts in Lithuania. *Biomass and Bioenergy*, 31(10): 733–738.

11. Gustafsson L., Kouki J., Thygeson A. 2010. Tree retention as a conservation measure in clear-cut forests of northern Europe: a review of ecological consequences. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(4): 295-308.
12. Harley J.L., Smith S.E. 1983. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London, New York.
13. Hedgren P.O. 2007. Early arriving saproxylic beetles (Coleoptera) and parasitoids (Hymenoptera) in low and high stumps of Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 241(1-3): 155–161.
14. Hilszczanski J. 2008. Bark of dead infested spruce trees as an overwintering site of insect predators associated with bark and wood boring beetles. *Forest Research Papers*, 1: 15-19.
15. Hjältén J., Stenbacka F., Andersson J. 2010. Saproxylic beetle assemblages on low stumps, high stumps and logs: Implications for environmental effects of stump harvesting. *Forest Ecology and Management*, 260(7):1149-1155.
16. Jankovsky L., Cudlin P., Moravec I., 2003. Root decays as a potential predisposition factor of a bark beetle disaster in the Šumava Mts. *Journal of Forest Science*, 49 (3): 125–132.
17. Jonsell M. 2008. The Effects Of Forest Biomass Harvesting On Biodiversity. *Sustainable Use of Forest Biomass for EnergyManaging Forest Ecosystems*, 12: 129-154.
18. Jonsell, M. & Hansson, J. 2011. Logs and stumps in clearcuts support similar saproxylic beetle diversity: implications for bioenergy harvest. *Silva Fennica* 45(5): 1053–1064.
19. Jonsell M., Nitterus K., Stighaell K. 2004. Saproxylic beetles in natural and man-made deciduous high stumps retained for conservation. *Biological Conservation*, 118 (2): 163–173.
20. Jonsell M., Schroeder M., Weslien J. 2005. Saproxylic beetles in high stumps of spruce: Fungal flora important for determining the species composition. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20 (1): 54-62.
21. Jonsell M., Weslien J. 2003. Felled or standing retained wood—it makes a difference for saproxylic beetles. *Forest Ecology and Management*, 175 (1–3): 425–435.
22. Keča N., Solheim H. 2011. Ecology and distribution of *Armillaria* species in Norway. *Forest Pathology* 41(2): 120–132.

23. Korkama T., Pakkanen A. & Pennanen T. 2006. Ectomycorrhizal community structure varies among Norway spruce (*Picea abies*) clones. *New Phytologist*, 171, 815-824.
24. Kõljalg U., Larsson K.-H., Abarankov K., Nilsson H. R., Alexander I., Eberhardt U. et al. 2005. UNITE - A database providing web-based methods for the molecular identification of ectomycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 166: 1063-1068.
25. Lazdiņš A. 2012. *Celmu izstrādes sistēmas pašizmaksas analīze (Pārskats par līgumpētījuma pirmajā etapā paredzēto darbu izpildi)*. [Salaspils]: LVMI Silava.
26. Lazdiņš A., Lazdāns V. & Zimelis A. 2012. *Enerģētiskās koksnes sagatavošanas tehnoloģijas kopšanas cirtēs, galvenās izmantošanas cirtēs un meža infrastruktūras objektos*. [Salaspils]: LVMI Silava.
27. Lazdiņš A., Zimelis A. 2012. Productivity of stump lifting head MCR-500. In *Mežzinātne. Special issue. Abstracts for international conferences organized by LSFRI Silava in cooperation with SNS and IUFRO*, Vol. 25 (58) of, 42–45, [Riga]: LSFRI Silava.
28. Lazdiņš A., Zimelis A., Gusarevs I. 2012. Preliminary data on productivity of stump lifting head MCR-500. In *Proceedings of the international scientific conference*, 150–155, [Jelgava]: Latvia University of Agriculture.
29. Leather S.R., Day K.R., Salisbury A.N. 1999. The biology and ecology of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae): a problem of dispersal? *Bulletin of Entomological Research*, 89 (01): 3-16.
30. Lehto T., Brosinsky A., Heinonen-Tanski H., Repo T. 2008. Freezing tolerance of ectomycorrhizal fungi in pure culture. *Mycorrhiza* 18:385–392.
31. Lindbladh M., Abrahamsson M. 2008. Beetle diversity in high-stumps from Norway spruce thinnings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23 (4): 339-347.
32. Mareš R. 2010. The extent of root rot damage in Norway spruce stands established on fertile sites of former agricultural land. *Journal of Forest Science*, 56 (1): 1–6.
33. Martikainen P., Siitonen J., Punttila P., Kaila L., Rauh J. 2000. Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Biological Conservation*, 94 (2): 199–209.
34. Marx D.H. 1973. Mycorrhizae and feeder root diseases. In: *Ectomycorrhizae: their ecology and physiology*. Ed. By G.C. Marks and T.T. Kozlowski, Academic Press, New York.
35. Ols C. Retention of stumps on wet ground at stump-harvest and its effects on

saproxylis insects. Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forest Sciences, Department of Forest Products, Uppsala. *Master Thesis*.

36. Ols C. 2011. Retention of stumps on wet ground at stump-harvest and its effects on saproxylis insects. Second cycle, A2E. Uppsala: SLU, Dept. of Forest Products.

37. Ols C., Victorsson J., Jonsell M. 2012. Saproxylis insect fauna in stumps on wet and dry soil: Implications for stump harvest. *Forest Ecology and Management*: Available online 5 October 2012/ In Press, Corrected Proof.

38. Ozoliņš R. 2002. Forest stand assortment structure analysis using mathematical modeling. in: *Metsanduslikud uurimused XXXVII*, pp. 33-42.

39. Persson T., Lenoir L., Vegerfors B. 2012. Which macroarthropods prefer tree stumps over soil and litter substrates? *Forest Ecology and Management*: Available online 2012.

40. di Pietro M., Churin J.L., Garbaye J. 2007. Differential ability of ectomycorrhizas to survive drying. *Mycorrhiza* (2007) 17:547–550

41. Safranyik L., Linton D.A. 1999. Spruce beetle (Coleoptera: Scolytidae) survival in stumps and windfall. *The Canadian Entomologist*, 131 (01): 107-113.

42. Schroeder L.M., Ranius Th., Ekbohm B., Larsson S. 2006. Recruitment of saproxylis beetles in high stumps created for maintaining biodiversity in a boreal forest landscape. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(9): 2168-2178.

43. Schroeder L.M., Weslien J., Lindelöw Å., Lindhe A. 1999. Attacks by bark- and wood-boring Coleoptera on mechanically created high stumps of Norway spruce in the two years following cutting. *Forest Ecology and Management*, 123 (1): 21–30.

44. Seedre M. Saproxylis beetles in artificially created high stumps of spruce and birch three years after cutting. *M.Sc. Final Thesis* no. 64, Southern Swedish Forest Research Center.

45. Shorohova E., Kapitsa E., Vanha-Majamaa I. 2008. Decomposition of stumps in a chronosequence after clear-felling vs. clear-felling with prescribed burning in a southern boreal forest in Finland. *Forest Ecology and Management*, 255 (10): 3606–3612.

46. Skrzecz I., Bulka M. 2010. Insect assemblages in Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] stumps in the Eastern Sudetes. *Folia Forestalia Polonica, series A*, 52 (2): 98–107.

47. Stenlid J. & Wästerlund I. 1986. Estimating the frequency of stem rot in *Picea abies* using an increment borer. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1(1-4): 303-308.

48. Thor, M. et al. 2008. *Forest energy from small-dimension stands, infra-structure*

*objects and stumps (research report)*. [Uppsala]: SKOGFORSK, The Forestry Research Institute of Sweden.

49. Vainio, J., Korhonen, K. & Hantula, J. (1998). Genetic variation in *Phlebia gigantea* as detected with random amplified microsatellite (RAMS) markers. *Mycological Research*, 102: 187-192.

50. Vasiliauskas R. and Stenlid J. (1998) Spread of S and P group isolates of *Heterobasidion annosum* within and among *Picea abies* trees in central Lithuania. *Canadian Journal of Forest Research*, 28: 961-966.

51. Velmala S. M., Rajala T., Haapanen M., Taylor A. F. S. , Pennanen T. 2013. Genetic host-tree effects on the ectomycorrhizal community and root characteristics of Norway spruce. *Mycorrhiza*: 23:21–33.

52. Victorsson J.D., Jonsell M., 2012. Effects of stump extraction on saproxylic beetle diversity in Swedish clear-cuts. *Insect Conservation and Diversity*: 2012 DOI: 10.1111/icad.12005.

53. Walczyńska, A. 2008. Female reproductive strategy in the longhorned beetle *Corymbia rubra* (Coleoptera, Cerambycidae). *Norw. J. Entomol.* 55, 25-30.

54. Walmsley J.D., Godbold D.L. 2010. Stump Harvesting for Bioenergy – A Review of the Environmental Impacts. *Forestry*, 83 (1): 17-38.

55. White, T. J., Bruns, T., Lee, S. & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, & T. J. White (Eds.), *PCR Protocols: A guide to methods and applications*, pp. 315-322. San Diego, CA: Academic Press.

56. Wikars L.-O. Sahlin E., Ranius Th. 2005. A comparison of three methods to estimate species richness of saproxylic beetles (Coleoptera) in logs and high stumps of Norway spruce. *The Canadian Entomologist*, 137 (03): 304-324.

57. Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. (eds.) (1998) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*, CAB International, Wallingford, UK, 589 pp.

58. Василюскас А. (1989) *Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов*, Vilnius Mokslas, Вильнюс, 175 с.

59. Cirsmas piedāvājuma cenas noteikšana cirsmas pārdošanai. [http://lvm.lv/lat/profesionaliem/informacija\\_ilgtermina\\_mezizstradatajiem/informacija\\_ilgtermina\\_mezistra\\_datajiem/?doc=13860](http://lvm.lv/lat/profesionaliem/informacija_ilgtermina_mezizstradatajiem/informacija_ilgtermina_mezistra_datajiem/?doc=13860) (skatīts; 2013. gada 30. augustā)

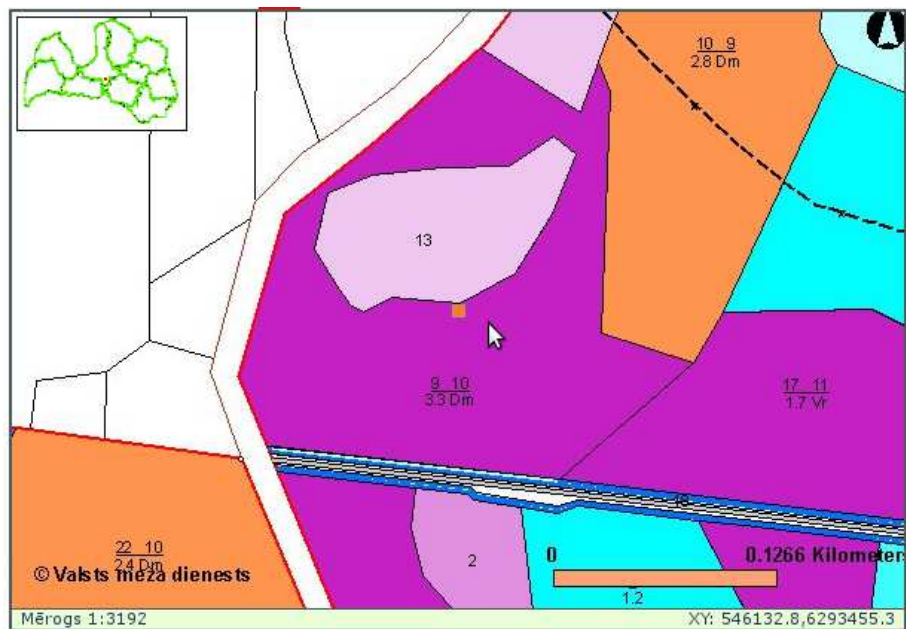
# **PIELIKUMI**



## 1. Pielikums. Izmēģinājumu objektu atrašanās vieta.

Nogabala centra koordinātes:

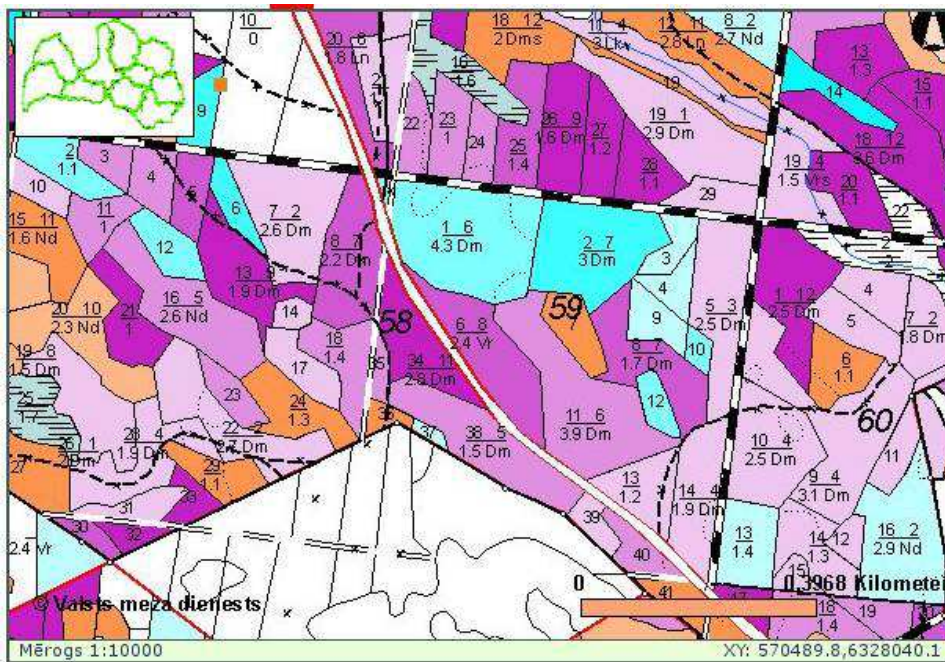
- LKS-92 X: 546131.2, Y: 6293452.8
- Ģeogrāf. X: 56°46'57.8", Y: 24°45'18"



Pētījumu objekts Ogre, mežaudzes atslēga Meža fonda datubāzē 80-29-07-501-360-9.

Nogabala centra koordinātes:

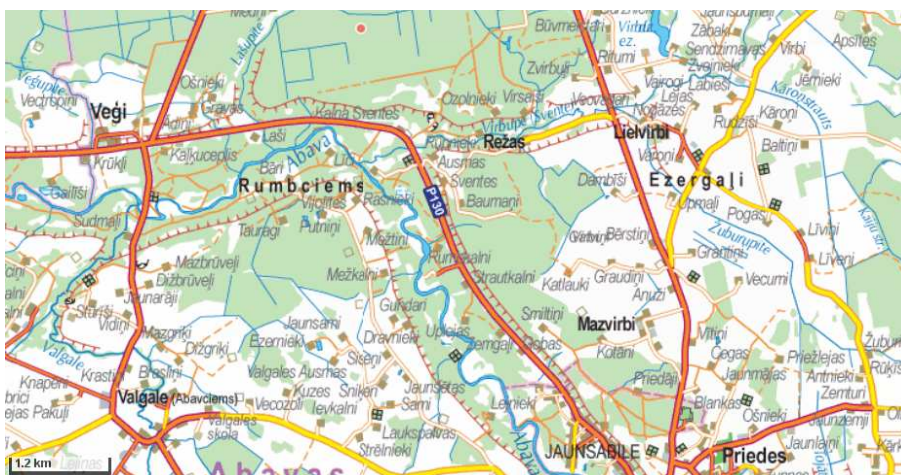
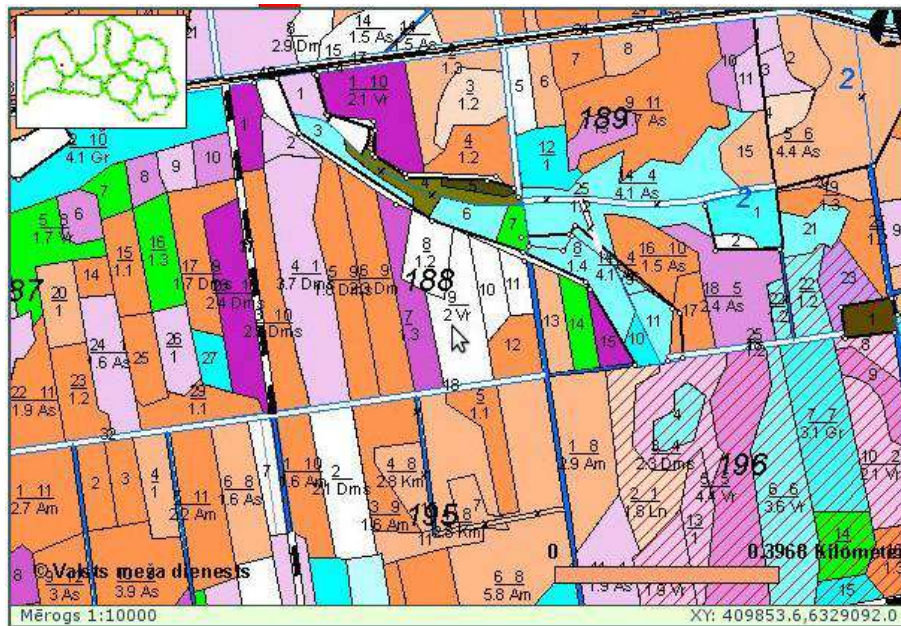
- LKS-92 X: 569866.6, Y: 6328495
- Ģeogrāf. X: 57°5'40.2", Y: 25°9'11"



Pētījumu objekts Nītaure, mežaudzes atslēga Meža fonda datubāzē 65-03-07-410-58-34.

Nogabala centra koordinātes:

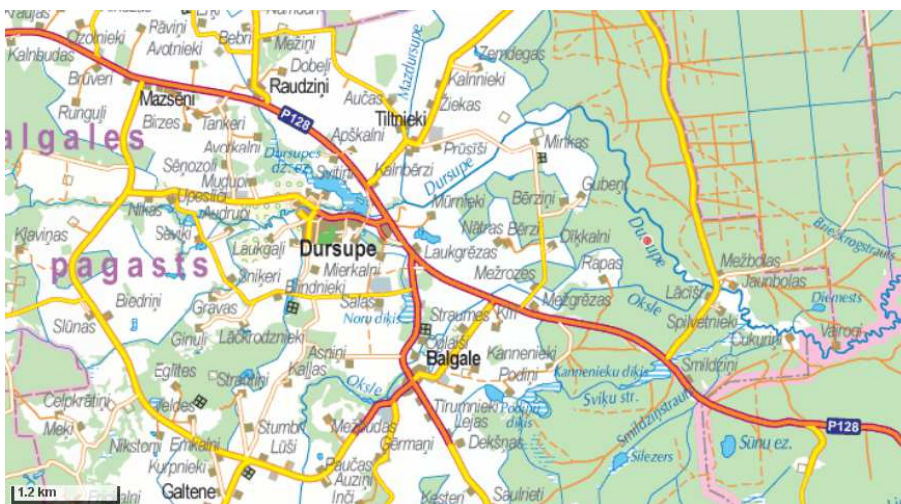
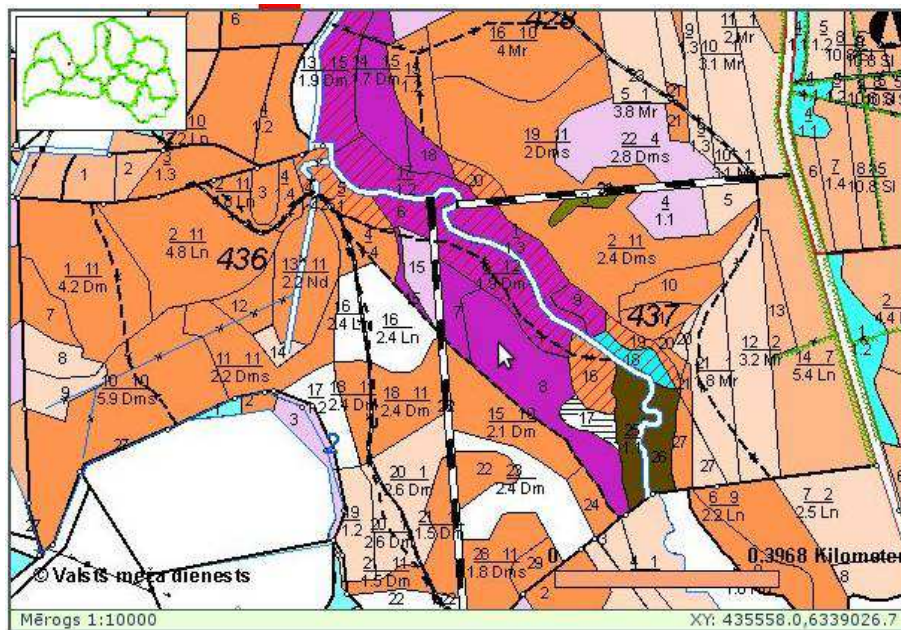
- LKS-92 X: 409876.3, Y: 6329060.6
- Ģeogrāf. X: 57°5'45.8", Y: 22°30'45.1"



Pētījumu objekts Stende, mežaudzes atslēga Meža fonda datubāzē 82-04-07-714-188-9.

Nogabala centra koordinātes:

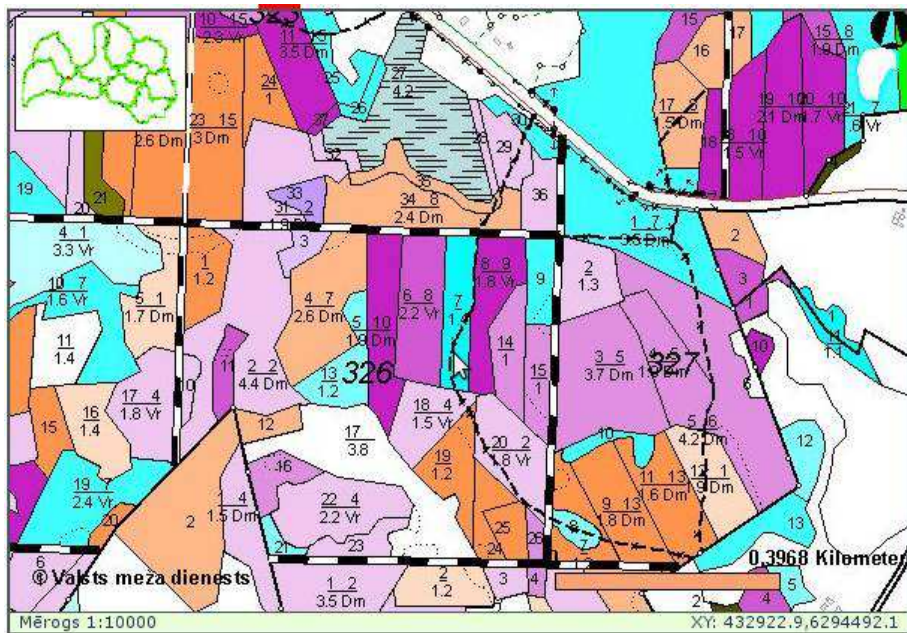
- LKS-92 X: 435558, Y: 6339002.9
- Ģeogrāf. X: 57°11'22.8", Y: 22°56'1.4"



Pētījumu objekts Dursupe, mežaudzes atslēga Meža fonda datubāzē 82-05-07-712-437-8.

Nogabala centra koordinātes:

- LKS-92 X: 432914.9, Y: 6294484.2
- Ģeogrāf. X: 56°47'21.9", Y: 22°54'6.7"



Pētījumu objekts Jaunpils, mežaudzes atslēga Meža fonda datubāzē 83-05-07-603-326-7.

## 2. Pielikums. Izmēģinājumu objektu raksturojums – celmi sadalījumā pa sugām.

Parauglaukums	Rādītājs	Koku suga				Videji
		A	B	E	P	
Dursupe	Celmu skaits		5	125	30	160
	Celmu D, cm		36	35	40	36
	Celmu H, cm		35	30	28	30
	D <sub>1,3</sub> , cm		28	27	33	28
	Celma virszemes daļas biomasa, kg		11	10	12	10
	Celma pazemes daļas biomasa, kg		46	32	40	34
	Lielo sakņu biomasa, kg			61	63	61
	Mazo sakņu biomasa, kg			16	20	16
	Kopējā celma un sakņu biomasa, kg		57	118	135	119
	Kopējā izstrādājamā celma biomasa, kg		57	103	115	103
Jaunpils	Celmu skaits		69	279	9	357
	Celmu D, cm		39	38	41	38
	Celmu H, cm		25	29	20	28
	D <sub>1,3</sub> , cm		30	29	34	29
	Celma virszemes daļas biomasa, kg		11	9	9	9
	Celma pazemes daļas biomasa, kg		66	33	42	40
	Lielo sakņu biomasa, kg			65	66	65
	Mazo sakņu biomasa, kg			17	20	17
	Kopējā celma un sakņu biomasa, kg		77	124	137	115
	Kopējā izstrādājamā celma biomasa, kg		77	107	117	101
Nītaure	Celmu skaits	2	5	207	1	215
	Celmu D, cm	13	59	37	24	38
	Celmu H, cm	18	38	33	23	33
	D <sub>1,3</sub> , cm	9	48	28	19	29

Parauglaukums	Rādītājs	Koku suga				Vidēji
		A	B	E	P	
	Celma virszemes daļas biomasa, kg	1	38	10	3	11
	Celma pazemes daļas biomasa, kg	3	197	32	9	35
	Lielo sakņu biomasa, kg			63	15	62
	Mazo sakņu biomasa, kg			17	7	17
	Kopējā celma un sakņu biomasa, kg	3	235	121	34	123
	Kopējā izstrādājamā celma biomasa, kg	3	235	105	27	107
	Ogre	Celmu skaits	33	89	639	38
Celmu D, cm		44	33	32	37	33
Celmu H, cm		35	25	28	20	27
D <sub>1,3</sub> , cm		35	25	25	31	25
Celma virszemes daļas biomasa, kg		20	7	7	8	8
Celma pazemes daļas biomasa, kg		93	43	23	36	29
Lielo sakņu biomasa, kg				47	56	47
Mazo sakņu biomasa, kg				13	18	14
Kopējā celma un sakņu biomasa, kg		112	50	91	117	88
Kopējā izstrādājamā celma biomasa, kg		112	50	77	99	77
Stende	Celmu skaits		30	215	20	265
	Celmu D, cm		30	26	29	27
	Celmu H, cm		32	31	29	31
	D <sub>1,3</sub> , cm		22	20	23	20
	Celma virszemes daļas biomasa, kg		7	5	6	5
	Celma pazemes daļas biomasa, kg		34	14	18	16
	Lielo sakņu biomasa, kg			28	29	28
	Mazo sakņu biomasa, kg			9	11	10
	Kopējā celma un sakņu biomasa, kg		41	56	64	55

Parauglaukums	Rādītājs	Koku suga				Vidēji
		A	B	E	P	
	Kopējā izstrādājamā celma biomasa, kg		41	47	53	46
Visi objekti	Celmu skaits	35	198	1465	98	1796
	Celmu D, cm	42	35	34	37	34
	Celmu H, cm	34	27	29	24	29
	D <sub>1,3</sub> , cm	34	27	26	30	26
	Celma virszemes daļas biomasa, kg	19	9	8	9	8
	Celma pazemes daļas biomasa, kg	88	54	26	34	30
	Lielo sakņu biomasa, kg			51	53	51
	Mazo sakņu biomasa, kg			14	17	14
	Kopējā celma un sakņu biomasa, kg	106	63	99	113	96
	Kopējā izstrādājamā celma biomasa, kg	106	63	84	95	83



### Pielikums 3. Kopējā celmu biomasa sadalījumā pa sugām.

Parauglaukums	Rādītājs	Koku suga				Kopā	Izstrādājamā s biomasas īpatsvars
		A	B	E	P		
Dursupe	Kopējā celmu un sakņu biomasa, kg		284	14775	4043	19103	86%
	Kopējā izstrādājamā biomasa, kg		284	12820	3446	16550	
Jaunpils	Kopējā celmu un sakņu biomasa, kg		5311	34530	1235	41077	88%
	Kopējā izstrādājamā biomasa, kg		5311	29749	1052	36112	
Nītaure	Kopējā celmu un sakņu biomasa, kg	7	1173	25135	34	26349	87%
	Kopējā izstrādājamā biomasa, kg	7	1173	21695	27	22901	
Ogre	Kopējā celmu un sakņu biomasa, kg	3707	4481	58022	4441	70651	87%
	Kopējā izstrādājamā biomasa, kg	3707	4481	49408	3768	61364	
Stende	Kopējā celmu un sakņu biomasa, kg		1233	12033	1280	14547	85%
	Kopējā izstrādājamā biomasa, kg		1233	10011	1058	12302	
Visi objekti	<b>Kopējā celmu un sakņu biomasa, kg</b>	<b>3714</b>	<b>12482</b>	<b>144496</b>	<b>11033</b>	<b>171725</b>	<b>87%</b>
	<b>Kopējā izstrādājamā biomasa, kg</b>	<b>3714</b>	<b>12482</b>	<b>123681</b>	<b>9351</b>	<b>149228</b>	

**4. pielikums. Izmēģinājumu objektu raksturojums – ārēji veseli celmi un celmi ar vizuāli nosakāmām trupes pazīmēm.**

<b>Parauglaukums</b>	<b>Rādītājs</b>	<b>Trupējuši celmi</b>	<b>Celmi bez vizuālām bojājumu pazīmēm</b>	<b>Vidēji</b>
Dursupe	Celmu skaits	114	46	160
	Celmu D, cm	36	37	36
	Celmu H, cm	30	29	30
	D <sub>1,3</sub> , cm	28	29	28
	Celma virszemes daļas biomasa, kg	10	11	10
	Celma pazemes daļas biomasa, kg	32	39	34
	Lielo sakņu biomasa, kg	58	70	61
	Mazo sakņu biomasa, kg	16	17	16
	Kopējā celma un sakņu biomasa, kg	115	129	119
	Kopējā izstrādājamā celma biomasa, kg	99	114	103
Jaunpils	Celmu skaits	133	224	357
	Celmu D, cm	38	39	38
	Celmu H, cm	27	28	28
	D <sub>1,3</sub> , cm	29	30	29
	Celma virszemes daļas biomasa, kg	9	10	9
	Celma pazemes daļas biomasa, kg	33	44	40
	Lielo sakņu biomasa, kg	63	66	65
	Mazo sakņu biomasa, kg	17	17	17
	Kopējā celma un sakņu biomasa, kg	122	111	115
	Kopējā izstrādājamā celma biomasa, kg	105	99	101
Nītaure	Celmu skaits	81	134	215
	Celmu D, cm	36	38	38
	Celmu H, cm	32	33	33
	D <sub>1,3</sub> , cm	28	29	29

Parauglaukums	Rādītājs	Trupējuši celmi	Celmi bez vizuālām bojājumu pazīmēm	Vidēji
	Celma virszemes daļas biomasa, kg	9	12	11
	Celma pazemes daļas biomasa, kg	30	39	35
	Lielo sakņu biomasa, kg	59	64	62
	Mazo sakņu biomasa, kg	16	17	17
	Kopējā celma un sakņu biomasa, kg	115	127	123
	Kopējā izstrādājamā celma biomasa, kg	99	111	107
Ogre	Celmu skaits	181	618	799
	Celmu D, cm	35	33	33
	Celmu H, cm	29	27	27
	D <sub>1,3</sub> , cm	27	25	25
	Celma virszemes daļas biomasa, kg	8	7	8
	Celma pazemes daļas biomasa, kg	28	29	29
	Lielo sakņu biomasa, kg	55	45	47
	Mazo sakņu biomasa, kg	15	13	14
	Kopējā celma un sakņu biomasa, kg	105	84	88
	Kopējā izstrādājamā celma biomasa, kg	90	73	77
Stende	Celmu skaits	106	159	265
	Celmu D, cm	26	27	27
	Celmu H, cm	33	30	31
	D <sub>1,3</sub> , cm	20	20	20
	Celma virszemes daļas biomasa, kg	5	5	5
	Celma pazemes daļas biomasa, kg	13	18	16
	Lielo sakņu biomasa, kg	27	29	28
	Mazo sakņu biomasa, kg	9	10	10
	Kopējā celma un sakņu biomasa, kg	55	55	55
	Kopējā izstrādājamā celma	45	47	46

<b>Parauglaukums</b>	<b>Rādītājs</b>	<b>Trupējuši celmi</b>	<b>Celmi bez vizuālām bojājumu pazīmēm</b>	<b>Vidēji</b>
	biomasa, kg			
<b>Visi objekti</b>	<b>Celmu skaits</b>	<b>615</b>	<b>1181</b>	<b>1796</b>
	<b>Celmu D, cm</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
	<b>Celmu H, cm</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>29</b>
	<b>D<sub>1,3</sub>, cm</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>26</b>
	<b>Celma virszemes daļas biomasa, kg</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
	<b>Celma pazemes daļas biomasa, kg</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>30</b>
	<b>Lielo sakņu biomasa, kg</b>	<b>53</b>	<b>50</b>	<b>51</b>
	<b>Mazo sakņu biomasa, kg</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
	<b>Kopējā celma un sakņu biomasa, kg</b>	<b>103</b>	<b>92</b>	<b>96</b>
	<b>Kopējā izstrādājamā celma biomasa, kg</b>	<b>88</b>	<b>80</b>	<b>83</b>

## 5. Pielikums. *H. annosum* konstatēšanai izmantoto mežaudžu raksturojums un empīriskā materiāla apjoms.

Mežaudze (paraugl. skaits)	Teritorija	Augšana s apstākļi	Vecumkl .	Kv.	Nog.	Platība , ha	Meža tips	Sastāvs	Vecums, gadi	Pārbaudīto koku skaits					
										Augošie koki			Nokaltuši koki		
										Inficēti <sup>1</sup>	Veseli <sup>2</sup>	Kopā	Inficēti <sup>1</sup>	Veseli <sup>2</sup>	Kopā
LVM 1., (1)	Kalsnavas m. nov.	Āreņi	3	107	22	2,1	As	7P3E	50	13	51	64	1		1
LVM 2., (1)	Kalsnavas m. nov.	Āreņi	3	117	5	4,2	As	7E3B	44	16	82	98			
LVM 3., (2)	Kalsnavas m. nov.	Āreņi	3	117	10	8,3	As	10E	42	23	179	202	45	52	97
LVM 4., (1)	Kalsnavas m. nov.	Āreņi	3	148	2	1,9	As	10E	47	64	202	266	1	0	1
LVM 5., (1)	Kalsnavas m. nov.	Āreņi	3	178	22	1	As	10E	49	30	70	100			
LVM 6., (1)	Kalsnavas m. nov.	Āreņi	4	108	15	2,9	As	5B4E1P	80	8	92	100			
LVM 7., (1)	Ogres m. iecirknis	Kūdreņi	3	178	5-1	0,2	Kp	9E1B	44	29	71	100			
LVM 8., (1)	Mežoles m. nov.	Kūdreņi	3	51	4	0,5	Kp	10E	47	16	128	144			
LVM 9., (1)	Kalsnavas m. nov.	Kūdreņi	3	112	1	3,3	Ks	7E2B1P	60	12	87	99			
LVM 10., (1)	Kalsnavas m. nov.	Kūdreņi	3	124	18	1,2	Ks	9E1B	46	2	98	100			
LVM 11., (1)	Kalsnavas m. nov.	Kūdreņi	3	157	1	0,9	Kp	10E	45	8	110	118			
LVM 12., (1)	Kalsnavas m. nov.	Kūdreņi	3	187	15	1,7	Kp	10E	46	7	192	199		1	1
LVM 13., (1)	Kalsnavas m. nov.	Kūdreņi	3	201	1	3,7	Ks	9E1B	41	36	180	216	65	69	134
LVM 14., (1)	Kalsnavas m. nov.	Kūdreņi	3	203	1	3,1	Ks	8E2B	42	4	96	100	6	94	100
LVM 15., (2)	Kalsnavas m. nov.	Kūdreņi	4	139	1	5,4	Kp	8E2B <sub>65</sub> +P, Ma <sub>6</sub>	65	130	282	412			
LVM 16., (1)	Kalsnavas m. nov.	Kūdreņi	4	152	4	1,6	Ks	7E1B2P	80	5	145	150			
LVM 17., (1)	Kalsnavas m. nov.	Kūdreņi	4	160	10	1,9	Kp	7E2B1Ma	80	5	93	98			
LVM 18., (1)	Misas m. iecirknis	Kūdreņi	6	274	5	1,6	Ks	6E4P	111	24	154	178		1	1
<b>Kopā</b>										<b>432</b>	<b>2312</b>	<b>2744</b>	<b>118</b>	<b>217</b>	<b>335</b>

<sup>1</sup> – Pārbaudītajiem kokiem pie sakņu kakla ir konstatēts *H. annosum*.

<sup>2</sup> - Pārbaudītajiem kokiem pie sakņu kakla nav konstatēts *H. annosum*.

**6. pielikums. Pēc izdalītajiem ektomikorizas morfotipiem noteiktās sēņu sugas *P.abies* stādmateriālā.**

<b>Morfotipa apraksts</b>	<b>Sekvenēšanai un DGGE izmantoto paraugu skaits</b>	<b>Tuvākā suga GenBank datu bāzē</b>	<b>Līdzība</b>	<b>E vērtība</b>
Pelēka mantija, dzeltenas rizomorfas	3 sekvences / 11 DGGE	<i>Amphinema byssoides</i> AY838271.1	99%	0,0
Baltas vai iedzeltenas rizomorfas	4 sekvences / 11 DGGE	<i>Amphinema</i> sp. 2 UK-2011 strain JN943915.1	99%	0,0
Tumši brūna mantija, gaišas rizomorfas	2 sekvences / 3 DGGE	Uncultured <i>Cadophora</i> FR852293.1	99%	0,0
Tumša, gandrīz melna mantija	4 sekvences/ 16 DGEE	Uncultured <i>Wilcoxina</i> DQ150131.1	99%	0,0
Tumšas krāsas, uzbiezināta mantija, tumšas rizomorfas	2 sekvences / 3 DGGE	<i>Tuber</i> sp. AJ534705.2	99%	0,0
Tumši brūnas krāsas mantija, dzeltenīgi brūnas rizomorfas	2 sekvences / 4 DGGE	Uncultured <i>Tomentella</i> clone HM146874.1	98%	0,0
Melna, tumši brūna mantija	2 sekvences / 4 DGGE	Uncultured <i>Wilcoxina</i> AY880942.1	99%	0,0
Gaiši brūna uzbiezināta mantija ar vāju metālisku spīdumu	2 sekvences / 3 DGGE	<i>Thelephora terrestris</i> HM189966.1	100%	0,0
Gaiši brūna uzbiezināta mantija	2 sekvences / 3 DGGE	<i>Tylospora asterophora</i> AF052557.1	99%	0,0

**7. pielikums. *Wilcoxina* sp.1 kolonizēto *P.abies* īssakņu īpatsvara dispersiju salīdzinājums atšķirīgos reproduktīvā materiāla ievākšanas apgabalos.**

Reproduktīvā materiāla ievākšanas apgabals		Vidējā atšķirība	Standartklūda	Būtiskuma līmenis	95% ticamības intervāls	
					Apakšējā robeža	Augšējā robeža
Rietumu	Austrumu	.061063	.0319671	.138	-.014313	.136439
	Centrālais	-.068923	.0260585	.024	-.130367	-.007479
Austrumu	Rietumu	-.061063	.0319671	.138	-.136439	.014313
	Centrālais	-.129986	.0318607	.000	-.205111	-.054860
Centrālais	Rietumu	.068923	.0260585	.024	.007479	.130367
	Austrumu	.129986	.0318607	.000	.054860	.205111

## 8. pielikums. Mikorizu veidojošo sēņu sugu korelācija ar stādmateriāla garumu, diametru.

Variants	Korelācija starp <i>Amphinema byssoides</i> un garuma:diametra attiecību	Korelācija starp <i>Wilcoxina</i> sp1. un garuma:diametra attiecību	Korelācija starp <i>Amphinema byssoides</i> un garumu	Korelācija starp <i>Amphinema byssoides</i> un diametru	Korelācija starp <i>Wilcoxina</i> sp.1 un garumu	Korelācija starp <i>Wilcoxina</i> sp. 1 un diametru
	Korelācijas koeficients. Korelācijas p-vērtība	Korelācijas koeficients. Korelācijas p-vērtība	Korelācijas koeficients. Korelācijas p-vērtība	Korelācijas koeficients. Korelācijas p-vērtība	Korelācijas koeficients. Korelācijas p-vērtība	Korelācijas koeficients. Korelācijas p-vērtība
Saldus	rho= - 0,31 p=0,03*	rho=0,32 p=0,02*	rho= - 0,18 p=0,19	rho=0,12 p=0,41	rho=0,14 p=0,33	rho= -0,23 p=0,11
Remte	rho=0,01 p=0,96	rho=0,24 p=0,09	rho=0,03 p=0,82	rho= -0,21 p=0,88	rho=0,08 p=0,58	rho=- 0,17 p=0,23
Cēsis	rho=0,15 p=0,29	rho=- 0,14 p=0,33	rho=0,13 p=0,37	rho=- 0,02 p=0,88	rho=0,01 p=0,94	rho=0,09 p=0,53
Jēkabpils	rho=0,16 p=0,26	rho=0,17 p=0,24	rho=0,067 p=0,64	rho=- 0,10 p=0,48	rho= -0,03 p=0,81	rho= -0,13 p=0,38
Ludza	rho= 0,051 p=0,72	rho=-0,084 p=0,56	rho=0,19 p=0,17	rho=0,05 p=0,74	rho= -0,09 p=0,53	rho=0,001 p=0,96

\* -iekrāsots pelēkā krāsā - būtiska korelācija, pie būtiskuma līmeņa  $\alpha=0,05$



## 9. pielikums. Sēņu sugu sastopamība trupējušo un veselo celmu saknēs piecos parauglaukumos.

Sēņu sugas	Trupējušie celmi, % N=100	Veselie celmi, % N=100	Trupējušo celmu saknēs, % N=501	Veselo celmu saknēs, % N=502
Bazīdijsēnes				
<i>Armillaria</i> sp.	57,0	65,0	26,7	29,9
<i>Cinereomyces lindbladii</i>	1,0	1,0	0,2	0,2
<i>Coniophoraceae</i> sp. S77	-	1,0	-	0,2
<i>Heterobasidion parviporum</i>	28,0	7,0	10,8	2,0
<i>Hypholoma capnoides</i>	1,0	-	0,2	-
<i>Mycena galopus</i>	2,0	4,0	0,4	0,8
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	2,0	-	0,4	-
<i>Resinicium bicolor</i>	3,0	11,0	0,6	2,6
<i>Sistotrema brinkmannii</i>	1,0	1,0	0,4	0,2
Askusēnes un nepilnīgi pazīstamās sēnes				
<i>Ascocoryne cylichnium</i>	63,0	66,0	19,8	23,7
<i>Aspergillus niger</i>	6,0	10,0	1,2	2,2
<i>Aspergillus versicolor</i>	10,0	12,0	2,4	2,8
<i>Beauveria bassiana</i>	-	1,0	-	0,2
<i>Botryotinia fuckeliana</i>	1,0	1,0	0,2	0,2
<i>Cosmospora butyri</i>	-	1,0	-	0,2
<i>Cosmospora vilior</i>	24,0	27,0	6,2	6,0
<i>Cladosporium</i> sp.	1,0	-	0,2	-
<i>Cryptosporiopsis</i> sp. S94	1,0	-	0,2	-
<i>Epicoccum nigrum</i>	1,0	-	0,2	-
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	2,0	6,0	0,4	1,2
<i>Geomyces</i> sp. S68	-	1,0	-	0,2
<i>Gliocladium viride</i>	11,0	5,0	3,2	1,2
<i>Helotiales</i> sp. S4	2,0	4,0	0,2	0,4
<i>Lecythophora</i> sp. S69	1,0	-	0,2	-
<i>Mariannaea elegans</i>	27,0	26,0	6,0	5,8
<i>Neonectria fuckeliana</i>	22,0	25,0	4,6	5,8
<i>Ophiostoma pallidulum</i>	1,0	2,0	0,2	0,4
<i>Ophiostoma piceae</i>	29,0	34,0	7,6	10,8

Sēņu sugas	Trupējušie celmi, % N=100	Veselie celmi, % N=100	Trupējušo celmu saknēs, % N=501	Veselo celmu saknēs, % N=502
<i>Ophiostoma</i> sp.	20,0	30,0	5,6	9,2
<i>Paraconiothyrium sporulosum</i>	1,0	1,0	0,4	0,2
<i>Penicillium citreonigrum</i>	2,0	3,0	0,4	0,6
<i>Penicillium corylophilum</i>	19,0	23,0	4,2	4,8
<i>Penicillium radicum</i>	10,0	17,0	2,8	4,0
<i>Penicillium spinulosum</i>	48,0	53,0	14,8	14,9
<i>Penicillium</i> sp.	21,0	24,0	4,8	6,0
<i>Phialocephala fortinii</i>	6,0	15,0	2,0	3,2
<i>Phoma herbarum</i>	1,0	1,0	0,2	0,2
<i>Phoma</i> sp. S62	-	1,0	-	0,2
<i>Pseudeurotium bakeri</i>	16,0	38,0	9,6	10,2
Raugi	15,0	21,0	5,0	4,8
<i>Scytalidium lignicola</i>	7,0	6,0	1,6	1,2
<i>Sporotrix inflata</i>	1,0	-	0,2	-
<i>Tolyposcladium inflatum</i>	-	2,0	-	0,4
<i>Trichoderma polysporum</i>	84,0	78,0	43,5	43,4
<i>Truncatella angustata</i>	1,0	-	0,2	-
Neidentificētas askusēnes	3,0	4,0	1,0	0,8
<i>Mucorales</i>				
<i>Mortierella</i> sp. S26	4,0	9,0	0,8	1,8
<i>Mucor racemosus</i>	49,0	57,0	15,2	17,7
<i>Umbelopsis isabellina</i>	17,0	14,0	4,0	3,4
<i>Umbelopsis ramanniana</i>	17,0	14,0	2,8	2,6

## 10. Pielikums. Augsnes ūdens analīzes.

### pH noteikšana

Metodika	LVS ISO 10523 (2002)
Metodes princips	Elektrometrija
Darbības lauks	Visu veidu ūdens paraugiem pH noteikšanas robežās no pH 3 līdz pH 10

pH ir ūdeņraža jonu aktivitātes skaitliskās vērtības negatīvais logaritms, izteikts molos litrā. Jonu savstarpējās mijiedarbības dēļ ūdeņraža jonu aktivitāte ir nedaudz mazāka par to koncentrāciju.

Daudzu veidu ūdens paraugos pH vērtības mērījumiem ir liela nozīme. Lielas un mazas pH vērtības ir tieši vai netieši toksiskas ūdenī dzīvojošiem organismiem. Tas ir galvenais parametrs, pēc kura vērtē ūdens vides koroziīvās īpašības. Tam ir svarīga nozīme arī ūdens attīrīšanas procesu efektīvā vadībā un kontrolē, svina šķīdības kontrolē dzeramajā ūdenī, kā arī notekūdeņu bioloģiskajā attīrīšanā un notekūdeņu izplūdē.

Šo rādītāju nosaka ar dažādām metodēm, sākot ar vienkāršām, izmantojot indikātorpapīru, un beidzot sarežģītām, lietojot dažādus pH metrus. Visas pH noteikšanas metodes kopā var iedalīt divās grupās – kolorimetriskās un elektrometriskās metodes.

Kolorimetriskajām metodēs izmanto indikātorus, kuru krāsa mainās atkarībā no pH vērtības. Šo metožu precizitāte ir ierobežota, un tās dod apmierinošus rezultātus tikai lauka analīzēs.

Elektrometriskās metodes pamatā ir elektrodzinējspēka mērījumi elektroķīmiskā šūnā, kura sastāv no analizējamā parauga, stikla elektroda un salīdzināšanas (references) elektroda, kas ir apvienoti vienā kombinētā elektrodā. Lietojot šo metodi, mērījumu standartnovirze ir  $\Delta\text{pH} = 0,05$  vai mazāka. Ja paraugā jonu spēks ir mazs, t.i., tā elektrovadītspēja ir mazāka par  $5 \mu\text{S cm}^{-1}$ , jāizmanto speciālas analītiskās iekārtas un metodes.

### **Iekārtas, trauki**

1. pH-metrs ar temperatūras kompensācijas ierīci un taisnes slīpuma koeficienta korekciju milivoltos pret pH vērtību;
2. Kombinētais stikla un salīdzināšanas elektrods;
3. Vārglāze vai paraugu pudele ar plakanu dibenu, tilpums 100 mL.

### **Reaģenti**

1. Standarta buferšķīdums pH  $4,00 \pm 0,02$ ;
2. Standarta buferšķīdums pH  $7,00 \pm 0,02$ ;
3. Kālija hlorīda šķīdums elektroda uzglabāšanai,  $3 \text{ mol L}^{-1}$  ( $224 \text{ g L}^{-1}$ );
4. Dejonizēts ūdens.

## Paraugs

Ūdens paraugu pH var ātri mainīties tajos notiekošo ķīmisko, fizikālo vai bioloģisko procesu rezultātā. Šā iemesla dēļ pH jānosaka iespējami drīz, bet ne vēlāk kā 6 h laikā pēc parauga ņemšanas. Ja īpašos gadījumos tas nav iespējams vai nav nepieciešams, analīzi veic ne vēlāk kā 24 h laikā pēc parauga ņemšanas. Jānovērš parauga temperatūras svārstības un gāzu apmaiņa ar atmosfēru. Paraugam analīzes brīdī jābūt istabas temperatūrā.

## Darba gaita

Atbilstoši ražotāja norādījumiem veic pH-metra kalibrēšanu, izmantojot standarta buferšķīdumus ar pH  $4,00 \pm 0,02$  un  $7,00 \pm 0,02$ .

Elektrodu noskalo ar ūdeni un iemērc paraugā (minimālais parauga tilpums ir 50 mL). Šķīdumu ap elektrodu viegli samaisa, un nekustinot nolasa pH vērtību ar divām decimālzīmēm, kad iestājusies pH stabilizācija. Tiek rekomendēts nogaidīt vismaz 1 minūti līdz pH mērījuma stabilizācijai, bet parasti pH mērījuma stabilizācija iestājas 5-10 minūšu laikā. Ja mērījuma stabilizācija neiestājas 10 minūšu laikā, ir pamats uzskatīt, ka pastāv kāda elektroda problēma. Katram ūdens paraugam analīzi veic vismaz 2 atkārtojumos. Pēc darba beigšanas elektrods tiek rūpīgi noskalots ar dejonizētu ūdeni un ievietots 3 M KCl šķīdumā uzglabāšanai.

## Traucējošie faktori

Ūdens pH noteikšanu traucē temperatūra, dažas gāzes un organiskās vielas. Būtiskas kļūdas var radīt suspendētās vielas paraugā (suspensijas efekts). Elektrods jāievieto parauga dzidrajā frakcijā pēc suspendēto vielu sedimentācijas. Alternatīvi var izmantot arī ultrafiltrāciju. Mērot notekūdeņu un dažādu veidu virszemes ūdeņu pH, pastāv īpaši liela varbūtība nosmērēt elektrodu vai piesārņot membrānas un diafragmas ar eļļām, smērvielām un citiem piesārņotājiem. Elektrodi regulāri jātīra.

## Atsauces

1. LVS ISO 10523. 2002. Ūdens kvalitāte. pH noteikšana. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 17 lpp.
2. ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part XIV, Sampling and Analysis of Deposition. Hamburg, Germany. 66 p.
3. Pastare S., Gigele R., Vīksna A. 2007. Dzeramais ūdens. Rīga, Latvija, LU Akadēmiskais apgāds. 200 lpp.

## Elektro vadītspējas noteikšana

Metodika	LVS EN 27888:1993 (1999)
Metodes princips	Tiešā elektro vadītspējas mērīšana
Darbības lauks	Visu veidu ūdens paraugiem
Metodes detektēšanas robeža	0,25 $\mu\text{S cm}^{-1}$

### Princips

Precīzākais un operatīvākais ūdens sāļainības rādītājs ir elektro vadītspēja. Ūdens parauga elektro vadītspēja ir atkarīga no jonu koncentrācijas, vielas dabas, kā arī no šķīduma temperatūras un viskozitātes. Dabas ūdeņos un arī dzeramajā ūdenī elektro vadītspējas vērtību ietekmē nātrija un kālija jonu, kā arī sulfātjonu un hlorīdjonu daudzums. Ūdens paraugu elektro vadītspēja tiek mērīta tieši, izmantojot atbilstošu instrumentu - konduktometru.

### Iekārtas, trauki

1. Konduktometrs ar temperatūras kompensācijas ierīci, konduktivitātes elektrods;
2. Vārglāze vai paraugu pudele ar plakanu dibenu, tilpums 100 mL.

### Reāģenti

1. Konduktivitātes standartšķīdums,  $\gamma_{25} 84 \mu\text{S cm}^{-1}$ ;
2. Dejonizēts ūdens,  $\gamma_{25} < 0,1 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

### Paraugs

Ūdens paraugu elektro vadītspēja var mainīties tajos notiekošo ķīmisko, fizikālo vai bioloģisko procesu rezultātā. Šā iemesla dēļ elektro vadītspēja jānosaka iespējami drīz pēc paraugu ņemšanas. Paraugus jāuzglabā polietilēna pudelēs, vēlams tumsā 4 °C temperatūrā. Jānovērš parauga temperatūras svārstības un gāzu apmaiņa ar atmosfēru. Paraugam analīzes brīdī jābūt istabas temperatūrā.

### Darba gaita

Atbilstoši ražotāja norādījumiem veic konduktometra kalibrēšanu, izmantojot konduktivitātes standartšķīdumu ar elektro vadītspēju 25 °C temperatūrā  $84 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

Konduktometra Jenway 470 kalibrēšanas darba gaita:

- ieslēdz konduktometru, elektrodu ievieto dejonizētā ūdenī un atstāj uz ~ 30 min;
- elektrodu ievieto konduktivitātes standartšķīdumā ( $84 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), nospiež pogu "Cal", sagaida konduktivitātes rādītāja stabilizēšanos, atkārtoti nospiež pogu "Cal";

- elektrodu noskalo ar dejonizētu ūdeni.

Elektrodu iemērc paraugā (minimālais parauga tilpums ir 50 mL). Šķīdumu ap elektrodu viegli samaisa, un nekustinot nolasa elektrovadītspējas vērtību, kad iestājusies stabilizācija. Pēc darba beigšanas elektrods tiek rūpīgi noskalots ar dejonizētu ūdeni. Katram ūdens paraugam analīzi veic vismaz 2 atkārtojumos.

## Atsauces

1. LVS ISO 27888:1993. 1999. Ūdens kvalitāte. Elektrovadītspējas noteikšana. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 6 lpp.
2. ICP-Forests. 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part XIV, Sampling and Analysis of Deposition. Hamburg, Germany. 66 p.
3. Pastare S., Gigele R., Vīksna A. 2007. Dzeramais ūdens. Rīga, Latvija, LU Akadēmiskais apgāds. 200 lpp.

## Amonija jonu noteikšana

Metodika	LVS ISO 7150/1:1984 (1998)
Metodes princips	Spektrofotometrija
Darbības lauks	Vairumam neapstrādātu ūdeņu un notekūdeņu, kas nav pārāk krāsaini un sāļi
Metodes noteikšanas robeža	0,003-0,008 mg L <sup>-1</sup>

## Princips

Zilā savienojuma, kas veidojas, reaģējot amonija joniem ar salicilāt- un hipohlorītioniem nātrija nitrozopentaciānoferāta (III) (nātrija nitroprusīda) klātbūtnē, spektrofotometriski mērījumi pie 655 nm.

Hipohlorītionus iegūst in situ N,N'-dihlor-1,3,5-triazīn-2,4,6 (1H, 3H, 5H)-triona nātrija sāls sārmainas hidrolīzes rezultātā. Hloramīna reakcija ar nātrija salicilātu notiek nātrija nitroprusīda klātbūtnē pie pH 12,6. Rezultātā kvantitatīvi tiek noteikti visi paraugā esošie hloramīni. Nātrija citrātu pievieno, lai maskētu katjonu, īpaši kalcija un magnija jonu, traucējošo iedarbību.

## Iekārtas, trauki

1. Spektrofotometrs, kas piemērots mērīšanai pie viļņu garuma 655 nm;
2. Kivete ar 10 mm optiskā ceļa garumu;
3. Termostatējama ūdens vanna, kas piemērota darbam 25±1 °C temperatūrā;
4. Pipetors;
5. Automātiskā pipete, 5 mL;

6. Mērkolbas, 500 mL;
7. Mērkolbas, 50 mL;
8. Mērpipetes vai Mora pipetes, 2 mL, 10 mL, 20 mL, 40 mL.

### Reāģenti

1. Nātrija salicilāts (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>Na), 65,0±0,5 g;
2. Nātrija citrāta dihidrāts (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>Na<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O), 65,0±0,5 g;
3. Nātrija nitrozopentaciānoferāta (III) dihidrāts ([Fe(CN)<sub>5</sub>NO]Na<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O), 0,485±0,002 g;
4. Nātrija hidroksīds (NaOH), 16,00±0,05 g;
5. Nātrija dihlorizocianurāta dihidrāts (C<sub>3</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O), 1,00±0,01 g;
6. Amonija jonu standartšķīdums, ρ<sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></sub> = 1000 mg L<sup>-1</sup>;
7. Dejonizēts ūdens.

### Paraugs

Paraugi jāņem polietilēna vai stikla traukos. Tie jāanalizē, cik ātri vien iespējams vai jāuzglabā 2 līdz 5 °C temperatūrā līdz analīzei. Paraugus var konservēt, paskābinot ar sērskābi līdz pH<2, ja tiek novērota paskābinātā parauga piesārņošana ar atmosfērā esošo amonjaku.

### Darba gaita

#### *Krāsu reaģenta "1" pagatavošana*

65,0±0,5 g nātrija salicilāta (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>Na) un 65,0±0,5 g nātrija citrāta dihidrāta (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>Na<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O) izšķīdina dejonizētā ūdenī 500 mL mērkolbā. Pievieno tik daudz ūdens, lai kopējais šķīduma tilpums būtu apmēram 425 mL un tad pievieno 0,485±0,002 g nātrija nitrozopentaciānoferāta (III) dihidrāta ([Fe(CN)<sub>5</sub>NO]Na<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O). To izšķīdina un atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

Uzglabājot brūnas krāsas stikla traukā, šis reaģents ir stabils vismaz 2 nedēļas.

#### *Krāsu reaģenta "2" pagatavošana*

500 mL mērkolbā 16,00±0,05 g nātrija hidroksīda (NaOH) izšķīdina 250 mL dejonizēta ūdens. Šķīdumu atdzesē līdz istabas temperatūrai un šķīdumam pievieno 1,00±0,01 g nātrija dihlorizocianurāta dihidrāta (C<sub>3</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O). To izšķīdina un šķīdumu atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

Uzglabājot brūnas krāsas stikla traukā, šis reaģents ir stabils vismaz 2 nedēļas.

#### *Amonija jonu standartšķīduma (ρ<sub>N</sub> = 1 mg L<sup>-1</sup>) pagatavošana*

1,29 mL amonija jonu standartšķīduma (ρ<sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></sub> = 1000 mg L<sup>-1</sup>) ar pipeti pārnes 1000 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

500 mL amonija jonu standartšķīduma (ρ<sub>N</sub> = 1 mg L<sup>-1</sup>) pagatavošanai 0,64 mL amonija jonu standartšķīduma (ρ<sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></sub> = 1000 mg L<sup>-1</sup>) ar pipeti pārnes 500 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

250 mL amonija jonu standartšķīduma ( $\rho_N = 1 \text{ mg L}^{-1}$ ) pagatavošanai 0,32 mL amonija jonu standartšķīduma ( $\rho_{\text{NH}_4^+} = 1000 \text{ mg L}^{-1}$ ) ar pipeti pārnes 250 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

1 mL šī standartšķīduma satur 1  $\mu\text{g}$  amonija jonu slāpekļa.

### ***Testējamā parauga daļa***

Maksimālais testējamā parauga daļas tilpums ir 40 mL, kuru var izmantot amonija jonu slāpekļa koncentrācijas noteikšanai līdz  $\rho_N = 1 \text{ mg L}^{-1}$ . Lielākām amonija jonu slāpekļa koncentrācijām var izmantot mazākus testējamā parauga daļas tilpumus. Ja paraugs satur suspendētās vielas, tas iepriekš jānostādina vai jāfiltrē caur stikla šķiedras filtru.

Testējamā parauga daļu ar pipeti ielej 50 mL mērkolbā un, ja nepieciešams, ar ūdeni atšķaida līdz  $40 \pm 1$  mL.

PIEZĪME: Vēlams lai testējamā parauga absorbcijas nolasījums ir kalibrēšanas grafika robežās.

PIEZĪME: Testējamā parauga analīzi veic vismaz 2 atkārtojumos.

### ***Absorbējošā savienojuma veidošanās***

Pievieno  $4,00 \pm 0,05$  mL krāsu reaģenta “1” un labi samaisa. Tad pievieno  $4,00 \pm 0,05$  mL krāsu reaģenta “2” un labi samaisa.

PIEZĪME: Pēc šīs pievienošanas šķīduma pH jābūt  $12,6 \pm 0,1$ . Parauga pārāk liels skābums vai sārmainība var izraisīt novirzi.

Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei. Rūpīgi sakrata kolbu un ievieto ūdens vannā, uzturot  $25 \pm 1$  °C temperatūru vismaz 60 minūtes.

### ***Spektrofotometriskie mērījumi***

Ne agrāk kā pēc 60 minūtēm kolbas izņem no ūdens vannas un mēra šķīduma absorbciju pie viļņu garuma ar maksimālo absorbciju 655 nm kivetē ar piemērotu optiskā ceļa garumu (10 mm) attiecībā pret “tukšo” paraugu.

Lai mērījumus varētu veikt attiecībā pret “tukšo” paraugu, jāveic spektrofotometra “0 punkta” kalibrācija ar “tukšo” paraugu. Sagatavo “tukšo” paraugu - 40 mL dejonizēta ūdens pārnes 50 mL mērkolbā un veic darbības absorbējošā savienojuma veidošanai kā aprakstīts iepriekš. Sagatavotu “tukšo” paraugu ielej kivetē ar 10 mm optiskā ceļa garumu, ievieto spektrofotometrā. Kad iestājusies absorbcijas vērtības stabilizācija, nospiež spektrofotometra pogu “CAL”. Spektrofotometra displejā parādās absorbcijas vērtība “0,000”. Līdz ar to spektrofotometrs ir sagatavots kalibrēšanas grafika paraugu un testējamo paraugu absorbcijas mērījumiem attiecībā pret “tukšo” paraugu.

### ***Kalibrēšana***

Deviņās 50 mL mērkolbās ar pipeti ielej 1. tabulā norādītos amonija jonu slāpekļa standartšķīduma ( $\rho_N = 1 \text{ mg L}^{-1}$ ) tilpumus. Ja nepieciešams pievieno ūdeni, lai iegūtu tilpumu  $40 \pm 1$  mL. Absorbējošā savienojuma veidošanās un spektrofotometrisko mērījumu darba gaita aprakstīta iepriekš.

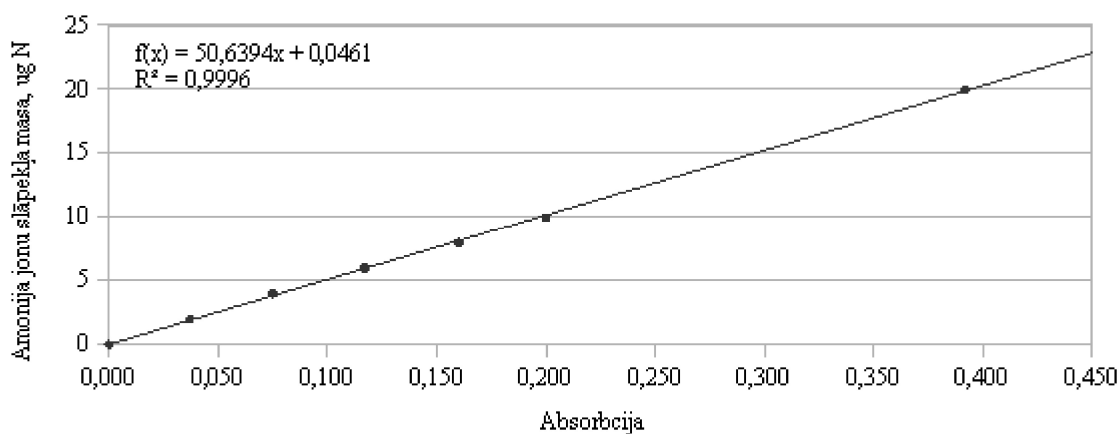


## 1. tabula. Standartšķidumu tilpumi kalibrēšanai

Standartšķiduma tilpums, mL	Amonija jonu slāpekļa masa, µg
0,00 <sup>4</sup>	0
2,00	2
4,00	4
6,00	6
8,00	8
10,00	10
20,00	20
30,00	30
40,00	40

### Kalibrēšanas grafika konstruēšana

Absorbcijas vērtības atkarību no amonija jonu slāpekļa masas, mN, attēlo grafiski (1. attēls). Šim grafikam vajadzētu būt lineāram un tam jāiet caur nulles punktu.



### 1. attēls. Kalibrēšanas grafika konstruēšana

#### Traucējošie faktori

Ja paraugi ir tik intensīvi krāsaini vai ar tik lielu sāļu saturu, ka iespējamas kļūdas absorbcijas mērījumos, vai iespējami traucējumi magnija jonu vai hlorīdjonu augstas koncentrācijas dēļ, testējamie paraugi jāgatavo destilējot.

#### Aprēķini

Amonija jonu slāpekļa masas koncentrāciju aprēķina pēc vienādojuma:

<sup>4</sup> Tukšais paraugs

$$\rho_N = \frac{m_N}{V}, \text{ kur}$$

$\rho_N$  – amonija jonu slāpekļa masas koncentrācija,  $\text{mg L}^{-1}$ ;

$m_N$  – amonija jonu slāpekļa masa, kas noteikta, izmantojot kalibrēšanas grafiku,  $\mu\text{g}$ ;

$V$  – analīzei ņemtā testējamā parauga daļas tilpums,  $\text{mL}$ .

Skatīt 2.tabulu 5  $\rho_N$ , amonjaka vai amonija jonu koncentrāciju pārrēķināšanai.

## 2. tabula. Pārrēķinu tabula

	$\rho(\text{N})$	$\rho(\text{NH}_3)$	$\rho(\text{NH}_4^+)$	$c(\text{NH}_4^+)$
	$\text{mg L}^{-1}$	$\text{mg L}^{-1}$	$\text{mg L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$
$\rho(\text{N})$	1	1,216	1,288	71,4
$\rho(\text{NH}_3)$	0,823	1	1,059	58,7
$\rho(\text{NH}_4^+)$	0,777	0,944	1	55,4
$c(\text{NH}_4^+)$	0,014	0,017	0,018	1

### Atsauces

1. LVS ISO 7150/1:1984. 1998. Ūdens kvalitāte. Amonija jonu noteikšana. 1. daļa: Spektrofotometriskā metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 16 lpp.

### Nitrātjonu noteikšana

Metodika	Macherey-nagel Visocolor ECO Nitrate
Metodes princips	Spektrofotometrija
Darbības lauks	Vairumam neapstrādātu ūdeņu, kas nav pārāk krāsaini vai sāļi
Rekomendētais mērīšanas diapazons	1-120 $\text{mg NO}_3\text{- L}^{-1}$
Metodes noteikšanas robeža	

### Princips

Nitrātjoni tiek reducēti par nitrītajiem skābā vidē. Nitrītajiem reaģējot ar atbilstošiem aromātiskajiem amīniem, veidojas oranži dzeltens azo- savienojums. Metodes pamatā ir šī kompleksa absorbcijas mērīšana, lai noteiktu esošo nitrātjonu koncentrāciju.

## Iekārtas, trauki

1. Spektrofotometrs, kas piemērots mērīšanai pie viļņu garuma 470 nm;
2. Kivete ar 40 mm optiskā ceļa garumu;
3. Pipetors;
4. Mēģenes, 20 mL, mēģeņu turētājs;
5. Mērkolbas, 1000 mL;
6. Mērkolbas, 50 mL;
7. Mora pipetes, 10 mL, 100 mL;
8. Mērpipetes, 1 mL; 5 mL; 10 mL.

## Reaģenti

1. Macherey-nagel Visocolor ECO reaģents NO<sub>3</sub>-1;
2. Macherey-nagel Visocolor ECO reaģents NO<sub>3</sub>-2;
3. Nitrātjonu standartšķīdums,  $\rho\text{NO}_3^- = 1000 \text{ mg L}^{-1}$ ;
4. Dejonizēts ūdens.

## Paraugs

Ja paraugs satur suspendētas daļiņas, pirms analīžu veikšanas paraugs tiek filtrēts caur stikla šķiedras membrānas filtru ar aptuveno poru izmēru 0,45  $\mu\text{m}$ .

Analīzes laikā testējamā parauga temperatūrai jābūt 18-30 °C temperatūrā.

## Darba gaita

### *Nitrātjonu standartšķīduma ( $\rho(\text{NO}_3^-) = 100 \text{ mg L}^{-1}$ ) pagatavošana*

100,0 mL nitrātjonu standartšķīduma ( $\rho\text{NO}_3^- = 1000 \text{ mg L}^{-1}$ ) ar Mora pipeti pārnes 1000 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

### *Testējamā parauga daļa*

Testējamā parauga daļas tilpums ir 10 mL. Ja testējamā parauga absorbcijas nolasījums pārsniedz maksimālo absorbcijas nolasījumu kalibrēšanas grafikā, paraugs tiek atšķaidīts pēc vajadzības. Atšķaidīšanas faktors tiek atzīmēts protokolā un ņemts vērā veicot aprēķinus.

### *Absorbējošā savienojuma (krāsas) veidošanās un spektrofotometriskie mērījumi, kalibrēšana*

- Ieslēdz spektrofotometru, ieregulē viļņu garumu 470 nm;
- Ar mērpipeti 50 mL mērkolbās ielej 0,5 mL, 1,0 mL, 2,0 mL, 3,0 mL, 5,0 mL, 10,0 mL, 20,0 mL un 30,0 mL nitrātjonu standartšķīduma ( $\rho\text{NO}_3^- = 100 \text{ mg L}^{-1}$ ) un atšķaida līdz 50 mL mērkolbas atzīmei. Šo kalibrēšanas šķīdumu absorbcijas mērījumi tiks izmantoti kalibrēšanas grafika konstruēšanai.

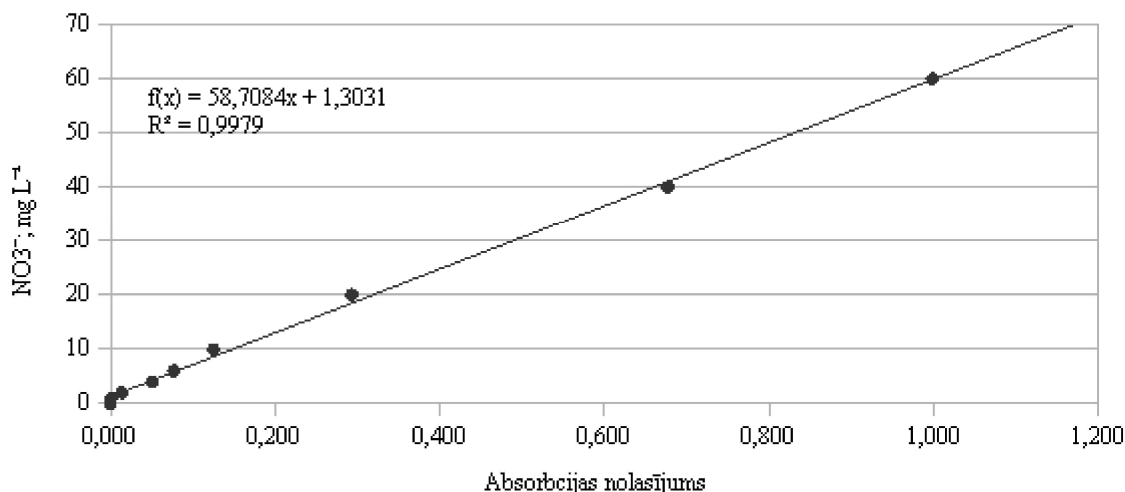
- Veic spektrofotometra “0 punkta” kalibrāciju ar “tukšo” paraugu (dejonizēts ūdens + Macherey-nagel Visocolor ECO reaģenti). Sagatavo “tukšo” paraugu - ņem 10 mL dejonizēta ūdens, pievieno 10 pilienus Macherey-nagel Visocolor ECO reaģenta NO<sub>3</sub>-1, paraugu samaisa. Pievieno 2 Macherey-nagel Visocolor ECO karotītes reaģenta NO<sub>3</sub>-2, paraugu sakrata. Pēc 5 min “tukšo” paraugu ielej kivetē ar 40 mm optiskā ceļa garumu, ievieto spektrofotometrā. Kad iestājusies absorbcijas vērtības stabilizācija, nospiež spektrofotometra pogu “CAL”. Spektrofotometra displejā parādās absorbcijas vērtība “0,000”. Līdz ar to spektrofotometrs ir sagatavots kalibrēšanas šķīdumu absorbcijas mērījumiem attiecībā pret “tukšo” paraugu.
- Ņem 10 mL no katra sagatavotā kalibrēšanas šķīduma un pārnes mēģenēs, pievieno Macherey-nagel Visocolor ECO reaģentus absorbējošā savienojuma (krāsas) veidošanai kā aprakstīts iepriekš un veic spektrofotometriskos mērījumus pret “tukšo” paraugu pie viļņu garuma 470 nm. Absorbcijas nolasījumus atzīmē protokolā.
- Veic spektrofotometra “0 punkta” kalibrāciju ar dejonizētu ūdeni. Dejonizētu ūdeni ielej kivetē ar 40 mm optiskā ceļa garumu, ievieto spektrofotometrā. Kad iestājusies absorbcijas vērtības stabilizācija, nospiež spektrofotometra pogu “CAL”. Spektrofotometra displejā parādās absorbcijas vērtība “0,000”. Līdz ar to spektrofotometrs ir sagatavots paraugu absorbcijas mērījumiem attiecībā pret dejonizētu ūdeni.
- Ar Mora pipeti 10 mL testējamā parauga ielej mēģenē (mēģenes tilpums ~ 20 mL). Veic parauga absorbcijas mērījumu pie 470 nm viļņu garuma attiecībā pret dejonizētu ūdeni. Pēc absorbcijas mērījuma veikšanas, testējamo paraugu rūpīgi pārnes atpakaļ mēģenē. Absorbcijas nolasījumus atzīmē protokolā.
- Veic spektrofotometra “0 punkta” kalibrāciju ar “tukšo” paraugu (dejonizēts ūdens + Macherey-nagel Visocolor ECO reaģenti). Sagatavo “tukšo” paraugu - ņem 10 mL dejonizēta ūdens, pievieno 10 pilienus Macherey-nagel Visocolor ECO reaģenta NO<sub>3</sub>-1, paraugu samaisa. Pievieno 2 Macherey-nagel Visocolor ECO karotītes reaģenta NO<sub>3</sub>-2, paraugu sakrata. Pēc 5 min “tukšo” paraugu ielej kivetē ar 40 mm optiskā ceļa garumu, ievieto spektrofotometrā. Kad iestājusies absorbcijas vērtības stabilizācija, nospiež spektrofotometra pogu “CAL”. Spektrofotometra displejā parādās absorbcijas vērtība “0,000”. Līdz ar to spektrofotometrs ir sagatavots testējamo paraugu absorbcijas mērījumiem attiecībā pret “tukšo” paraugu.
- Testējamiem paraugam pievieno 10 pilienus Macherey-nagel Visocolor ECO reaģenta NO<sub>3</sub>-1, paraugu samaisa. Pievieno 2 Macherey-nagel Visocolor ECO karotītes reaģenta NO<sub>3</sub>-2, paraugu sakrata. Pēc 5 min veic absorbcijas mērījums pret “tukšo” paraugu. Absorbcijas nolasījumus atzīmē protokolā.

PIEZĪME: Pirms katra nākamā parauga absorbcijas mērījuma kiveti skalo ar dejonizētu ūdeni.

PIEZĪME: Testējamo paraugu analīzi veic 2 atkārtojumos.

### ***Kalibrēšanas grafika konstruēšana***

Nitrātjonu saturu (kā y-asi) kalibrēšanas šķīdumos atkarībā no absorbcijas (kā x-asi) vērtības attēlo grafiski (2. attēls). Absorbcijas un nitrātjonu koncentrācijas attiecība ir lineāra.



## 2. attēls. Kalibrēšanas grafika konstruēšanas piemērs

### Aprēķini

Nitrātu jonu koncentrāciju aprēķina pēc vienādojuma:

$$\rho(\text{NO}_3^-) = ((A_{\text{paraugs}} - A_{\text{tukšais paraugs}}) \times a) + b) \times f, \text{ kur}$$

$\rho(\text{NO}_3^-)$  – nitrātu masas koncentrācija paraugā,  $\text{mg L}^{-1}$ ;

Aparaugs – testējamā parauga daļas absorbcijas nolasījums pret “tukšo” paraugu pēc absorbējošā savienojuma (krāsas) veidojošo reaģentu pievienošanas;

Atukšais paraugs – testējamā parauga daļas absorbcijas nolasījums pret dejonizētu ūdeni pirms absorbējošā savienojuma (krāsas) veidojošo reaģentu pievienošanas;

a – kalibrēšanas taisnes slīpuma koeficients;

b – kalibrēšanas taisnes vienādojuma brīvais loceklis (y vērtība pie nosacījuma, ka  $x=0$ );

f – atšķaidīšanas faktors.

Skatīt 3. tabulu nitrātu jonu koncentrāciju pārrēķināšanai.

### 3. tabula. Pārrēķinu tabula

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	mmol m <sup>-3</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> jūras ūdenī, mg L <sup>-1</sup>
1	0,2	16	1
3	0,7	48	3
5	1,1	81	5
10	2,3	160	12
20	4,5	320	25
30	6,8	480	40
50	11	810	65
70	16	1130	95

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg L <sup>-1</sup>	mmol m <sup>-3</sup>	NO <sub>3</sub> - jūras ūdenī, mg L <sup>-1</sup>
90	20	1450	120
120	27	1940	160

### Atsauces

1. Macherey-nagel GmbH & Co.KG. Visicolor ECO Nitrate. Germany.  
www.mn-net.com

### Fosfātu noteikšana

Metodika	LVS EN ISO 6878 (2005)
Metodes princips	Spektrofotometrija
Darbības lauks	Visu veidu ūdeņiem
Metodes noteikšanas robeža	

### Princips

Ortofosfātu reakcija ar skābes šķīdumu, kas satur molibdāta un antimona jonus, veidojot antimona fosformolibdāta kompleksu.

Kompleksa reducēšana ar askorbīnskābi, veidojot spēcīgi krāsotu molibdēnzilā kompleksu. Šī kompleksa absorbcijas mērīšana, lai noteiktu esošo ortofosfātu koncentrāciju.

### Iekārtas, trauki

1. Spektrofotometrs, kas piemērots mērīšanai pie viļņu garuma 880 nm;
2. Kivete ar 10 mm optiskā ceļa garumu;
3. Pipetors;
4. Automātiskā pipete, 5 mL;
5. Mērkolbas, 1000 mL;
6. Mērkolbas, 500 mL;
7. Mērkolbas, 100 mL;
8. Mērkolbas, 50 mL;
9. Mērpipetes vai Mora pipetes, 2 mL, 10 mL, 20 mL, 40 mL.

### Reaģenti

1. Sērskābe (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), koncentrēta,  $\rho = 1,84 \text{ g mL}^{-1}$ , 75±1 mL;
2. Askorbīnskābe (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>), 10,0±0,5 g;
3. Amonija heptamolibdāta tetrahidrāts ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O), 6,5±0,1 g;

4. Antimona kālija tartrāta hemihidrāts ( $(\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O})$ ),  $0,175 \pm 0,025$  g;
5. Fosfātjonu standartšķīdums,  $\rho_{\text{PO}_4^{3-}} = 1000$  mg  $\text{L}^{-1}$ ;
6. Dejonizēts ūdens.

### **Paraugs**

Laboratorijas paraugus ņem polietilēna, polivinilhlorīda vai, vislabāk, stikla pudelēs. Ja paraugs satur suspendētas daļiņas, pirms analīžu veikšanas paraugs tiek filtrēts caur stikla šķiedras membrānas filtru ar aptuveno poru izmēru  $0,45 \mu\text{m}$ .

### **Darba gaita**

#### ***Askorbīnskābes šķīduma ( $\rho = 100$ g $\text{L}^{-1}$ ) pagatavošana***

$10,0 \pm 0,5$  g askorbīnskābes ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) izšķīdina 100 mL dejonizēta ūdens.

PIEZĪME: Šķīdums stabils 2 nedēļas, ja to glabā ledusskapī tumša stikla pudelē, un to var izmantot tik ilgi, kamēr tas saglabājas bezkrāsains.

#### ***Skābā molibdāta I šķīduma pagatavošana***

1000 mL mērkolbā ielej  $75 \pm 1$  mL dejonizēta ūdens. Nepārtraukti maisot un dzesējot, uzmanīgi pievieno  $75 \pm 1$  mL koncentrētas sērskābes,  $\rho = 1,84$  g  $\text{mL}^{-1}$ . Labi samaisa un šķīdumam ļauj atdzist līdz istabas temperatūrai.

50 mL dejonizēta ūdens izšķīdina  $6,5 \pm 0,1$  g amonija heptamolibdāta tetrahidrāts ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ).

50 mL dejonizēta ūdens izšķīdina  $0,175 \pm 0,025$  g antimona kālija tartrāta hemihidrāts ( $(\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O})$ ).

Nepārtraukti maisot, molibdāta šķīdumu pievieno iepriekš pagatavotam sērskābes šķīdumam. Pēc tam pievieno tartrāta šķīdumu un labi samaisa.

PIEZĪME: Reāģents ir stabils ne mazāk kā 2 mēnešus, uzglabājot tumša stikla pudelē.

#### ***Fosfātjonu standartšķīduma ( $\rho_{\text{P}} = 2$ mg $\text{L}^{-1}$ ) pagatavošana***

$6,13$  mL fosfātjonu standartšķīduma ( $\rho_{\text{PO}_4^{3-}} = 1000$  mg  $\text{L}^{-1}$ ) ar pipeti pārnes 1000 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

500 mL fosfātjonu standartšķīduma ( $\rho_{\text{P}} = 2$  mg  $\text{L}^{-1}$ ) pagatavošanai  $3,07$  mL fosfātjonu standartšķīduma ( $\rho_{\text{PO}_4^{3-}} = 1000$  mg  $\text{L}^{-1}$ ) ar pipeti pārnes 500 mL mērkolbā. Atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

1 mL šī standartšķīduma satur  $2 \mu\text{g P}$ .

#### ***Testējamā parauga daļa***

Testējamā parauga daļas tilpumu ņem ne lielāku par 40 mL. Maksimālais tilpums ir piemērots fosfātjonu koncentrāciju noteikšanai līdz  $\rho_{\text{P}} = 0,8$  mg  $\text{L}^{-1}$ , ja lieto kivetu ar 10 mm optiskā ceļa garumu.

Mazākas testējamā parauga daļas jālieto atbilstoši lielākām fosfātjonu koncentrācijām kā parādīts 4. tabulā. Līdzīgi mazas fosfātjonu koncentrācijas iespējams noteikt, mērot absorbciju kivetēs ar 40 mm vai 50 mm optiskā ceļa garumu.

PIEZĪME: Vēlams lai testējamā parauga absorbcijas nolāsījums ir kalibrēšanas grafika robežās.

PIEZĪME: Testējamā parauga analīzi veic vismaz 2 atkārtojumos.

#### 4. tabula. Paraugu tilpumi un koncentrācijas

Fosfātjonu koncentrācija, mg L <sup>-1</sup>	Testējamā parauga daļas tilpums, mL	Kivetes optiskā ceļa garums, mm
0,0-0,8	40,0	10
0,0-1,6	20,0	10
0,0-3,2	10,0	10
0,0-6,4	5,0	10
0,0-0,2	40,0	40 vai 50

#### *Absorbējošā savienojuma (krāsas) veidošanās*

Noteikta tilpuma testējamā parauga daļu ar pipeti iepilda 50 mL mērkolbā un, ja nepieciešams, atšķaida ar dejonizētu ūdeni līdz 40±2 mL. Protokolā atzīmē testējamā parauga tilpumu, kas ņemts analīzei.

Maisot katrai kolbai pievieno 1 mL askorbīnskābes šķīduma ( $\rho = 100 \text{ g L}^{-1}$ ) un 2 mL skābā molibdāta I šķīduma. Uzpilda ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei un labi samaisa.

#### *Spektrofotometriskie mērījumi*

Katra kalibrēšanas grafika un testējamā parauga šķīduma absorbciju, lietojot spektrofotometru, mēra laika periodā starp 10 min un 30 min pēc absorbējošā savienojuma (krāsas) veidojošo reaģentu pievienošanas pie 880 nm viļņu garuma attiecībā pret “tukšo” paraugu. Absorbcijas nolāsījumu atzīmē protokolā.

Lai mērījumus varētu veikt attiecībā pret “tukšo” paraugu, jāveic spektrofotometra “0 punkta” kalibrācija ar “tukšo” paraugu. Sagatavo “tukšo” paraugu – 40 mL dejonizēta ūdens pārnes 50 mL mērkolbā un veic darbības absorbējošā savienojuma (krāsas) veidošanai kā aprakstīts iepriekš. Sagatavotu “tukšo” paraugu ielej kivetē ar 10 mm optiskā ceļa garumu, ievieto spektrofotometrā. Kad iestājusies absorbcijas vērtības stabilizācija, nospiež spektrofotometra pogu “CAL”. Spektrofotometra displejā parādās absorbcijas vērtība “0,000”. Līdz ar to spektrofotometrs ir sagatavots kalibrēšanas grafika paraugu un testējamo paraugu absorbcijas mērījumiem attiecībā pret “tukšo” paraugu.

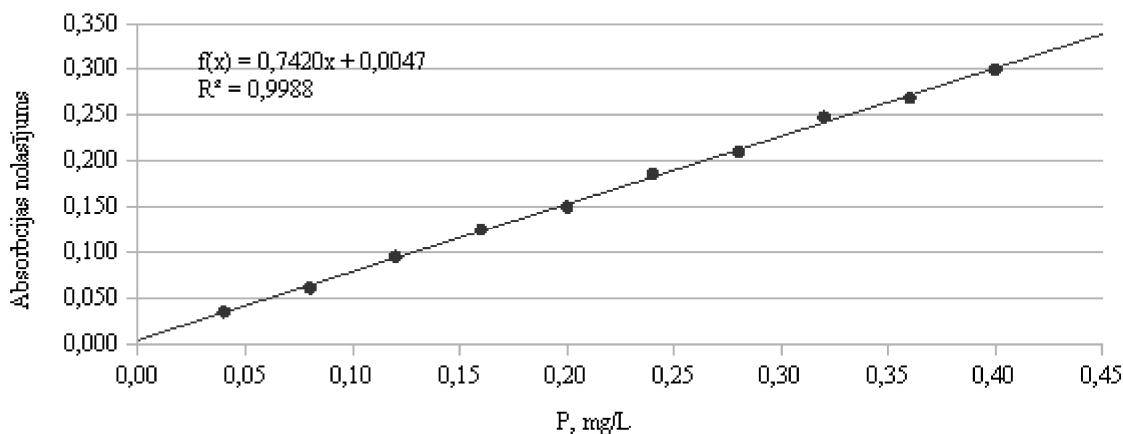
#### *Kalibrēšana*

Ar mērpipeti 50 mL mērkolbās ielej atbilstošus tilpumus fosfātjonu standartšķīduma ( $\rho_P = 2 \text{ mg L}^{-1}$ ), piemēram, 1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL; 4,0 mL; 5,0 mL; 6,0 mL; 7,0 mL; 8,0 mL; 9,0 mL un 10,0 mL. Atšķaida ar ūdeni līdz apmēram 40 mL. Šie šķīdumi atbilst fosfātjonu koncentrācijām no  $\rho_P = 0,04 \text{ mg L}^{-1}$  līdz  $0,4 \text{ mg L}^{-1}$ . Absorbējošā savienojuma veidošanās un spektrofotometrisko mērījumu darba gaita aprakstīta iepriekš.



## Kalibrēšanas grafika konstruēšana

Absorbcijas (kā y-asi) vērtību atkarībā no fosfora satura (kā x-asi) kalibrēšanas šķīdumos, fosfora miligrami litrā, attēlo grafiski (3. attēls). Absorbcijas un koncentrācijas attiecība ir lineāra. Nosaka taisnes slīpumu.



3. attēls. Kalibrēšanas grafika konstruēšanas piemērs

### Traucējošie faktori

Par traucējošiem faktoriem tiek uzskatīti sekojoši savienojumi: silikāti (netraucē silikātjonu koncentrācijas līdz  $5 \text{ mg L}^{-1}$ ), arsenāti; sērūdeņradis (pieļaujamās sērūdeņraža koncentrācijas līdz  $2 \text{ mg S L}^{-1}$ ), fluorīdioni (pieļaujamās fluorīdjonu koncentrācijas līdz  $70 \text{ mg F L}^{-1}$ ); pārejas metāli (Fe, Cr, Cu), jūras ūdens, nitrāti (ja nitrātu koncentrācija pārsniedz  $3,29 \text{ mg L}^{-1}$ , iespējama krāsas izbalēšana).

### Aprēķini

Fosfātu koncentrāciju aprēķina pēc vienādojuma:

$$\rho_P = \frac{A \times V_{\max}}{f \times V_S}, \text{ kur}$$

$\rho_P$  – fosfātu fosfora masas koncentrācija,  $\text{mg L}^{-1}$ ;

A – testējamā parauga daļas absorbcijas nolasījums;

$V_{\max}$  – mērkolbas tilpums (50 mL), mL;

f – kalibrēšanas taisnes slīpuma koeficients,  $\text{L mg}^{-1}$ ;

$V_S$  – analīzei ņemtā testējamā parauga daļas tilpums, mL.

### Atsauces

1. LVS EN ISO 6878. 2005. Ūdens kvalitāte. Fosfora noteikšana. Amonija molibdāta spektrofotometriskā metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 33 lpp.

## Izšķīdušā K, Ca, Mg, Na noteikšana

Metodika	LVS EN ISO 7980 (2000) LVS ISO 9964-3:2000 (2000)
Metodes princips	Liesmas atomu absorbcijas spektrofotometrija
Darbības lauks	Izšķīdušo metālu satura noteikšana visu veidu ūdeņos
Metodes noteikšanas robeža	

### Princips

Liesmas atomabsorbciija ir ir viena no visizplatītākajām analīzes metodēm. Tā ir relatīvi lēta un vienkārša ekspluatācijā. Ar to var noteikt elementu daudzumu līdz dažiem mg L<sup>-1</sup> un mazāku. Taču atomabsorbciometrijas metodes trūkums ir tas, ka tā ir vienelementa analīzes metode un katram elementam ir nepieciešama atsevišķa lampa kā starojuma avots. Kā atomizātoru liesmas atomabsorbciometrijas metodē izmanto liesmu, ko veido deggāze un oksidējošā gāze.

Parasti praksē izmanto liesmu, kur oksidējošā gāze ir gaiss un deggāze – acetilēns. Maksimālā temperatūra, ko var sasniegt ar šādu liesmu ir 2400 oC. Lai paaugstinātu temperatūru līdz 3200 oC, gaisa vietā izmanto slāpekļa(I) oksīdu (N<sub>2</sub>O), kas gan jūtami sadārdzina analīzes izmaksas.

Izšķīdušais kalcijs, magnijs un nātrijs tiek noteikts atomabsorbciijas mērīšanas režīmā, bet izšķīdušais kālijs – emisijas mērīšanas režīmā.

### Iekārtas, trauki

1. Atomu absorbcijas spektrofotometrs (AAS), kas apgādāts ar attiecīgo metālu dobām katoda lampām, kompresoru un gaisa sausinātāju;
2. Mērkolba, 1000 mL;
3. Mērpipetes vai Mora pipetes, 1 mL, 2 mL, 5 mL;
4. Mēģeņu statīvs ar mēģenēm, 20 mL.

### Reāģenti

1. Acetilēns (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), 10-20 L (16-20 darba h);
2. Kālija jonu standartšķīdums, 1000 mg L<sup>-1</sup>;
3. Kalcija jonu standartšķīdums, 1000 mg L<sup>-1</sup>;
4. Nātrija jonu standartšķīdums, 1000 mg L<sup>-1</sup>;
5. Magnija jonu standartšķīdums, 1000 mg L<sup>-1</sup>;
6. Dejonizēts ūdens.

## Paraugs

Paraugus ņem polietilēna vai polipropilēna pudelēs. Paraugi jāanalizē iespējami drīz pēc paraugu ņemšanas.

Ja paraugus uzglabā ilgāku laiku, tie iespējami drīz jāpaskābina ar 8 mL sālsskābi (HCl) uz 1000 mL parauga, lai samazinātu parauga pH vērtību un novērstu kalcija karbonāta izgulsnēšanos.

Ja paraugs satur suspendētas daļiņas, pirms analīžu veikšanas paraugs tiek filtrēts caur stikla šķiedras membrānas filtru ar aptuveno poru izmēru 0,45 μm, lai novērst izsmidzinātāja un degļa sistēmas aizsērēšanu.

## Darba gaita

### *Multistandartu pagatavošana*

Atomu absorbcijas spektrofotometra kalibrēšanas multistandarti tiek pagatavoti atbilstoši 5. tabulai. Multistandarti tiek uzglabāti 1000 mL polietilēna pudelēs.

#### 5. tabula. AAS kalibrēšanas multistandartu pagatavošana

Elementu koncentrācijas multistandartā	1000 mL multistandarta pagatavošanai ņemtais attiecīgā elementa standartšķīduma (1000 mg L <sup>-1</sup> ) tilpums, mL			
	K	Ca	Mg	Na
1 mg L <sup>-1</sup>	1	1	1	1
2 mg L <sup>-1</sup>	2	2	2	2
3 mg L <sup>-1</sup>	3	3	3	3
4 mg L <sup>-1</sup>	4	4	4	4

### *Testējamā parauga daļa*

Lai veiktu K, Ca, Na un Mg testēšanu 2 atkārtojumos ir nepieciešami ~50 mL testējamā parauga. Ja attiecīgo elementu masas koncentrācijas testējamā paraugā pārsniedz maksimālo elementu koncentrāciju kalibrēšanas multistandartā, paraugu atšķaida ar dejonizētu ūdeni pēc vajadzības. Atšķaidīšanas faktoru atzīmē protokolā un tas tiek ņemts vērā veicot aprēķinus.

Sagatavotos testējamus paraugus salej 20 mL mēģenēs, kas ievietotas mēģeņu statīvā.

### *Atomu absorbcijas spektrofotometra kalibrēšana un noteikšana*

Atomu absorbcijas spektrofotometra kalibrēšana tiek veikta atbilstoši ražotāja rekomendācijām un 6. tabulā norādītajiem AAS darba pamatparametriem (iestatījumiem).

6. tabula. AAS darba pamatparametri (iestatījumi)

Elements	Mērīšanas režīms	Viļņa garums, nm	Optimālais nosakāmo koncentrāciju intervāls, mg L <sup>-1</sup>	Slit, mm	Gaisa plūsma, L min-1	Acetilēna plūsma, L min-1	Kalibrēšanas grafika funkcija	Linearitātes robeža, mg L <sup>-1</sup>
Ca	Absorbcijas	422,67	3-50	2,7/0,6	10	3,02	Nelineāra, caur 0 punkta	5,0
Mg	Absorbcijas	285,21	0,9-5	2,7/1,05	10	2,5	Nelineāra, caur 0 punkta	0,50
K	Emisijas	766,49	-	1,8/0,6	10	2,5	Nelineāra, caur 0 punkta	-
Na	Absorbcijas	589,00	-	1,8/0,6	10	2,5	Nelineāra, caur 0 punkta	1,0

### Traucējošie faktori

Izmantojot gaisa/acetilēna liesmu, fosfātu, sulfātu, alumīnija vai silīciju saturošu savienojumu traucējošā ietekme tiek samazināta, pievienojot paraugam lantāna hlorīdu (LaCl<sub>3</sub>).

### Aprēķini

Metālu koncentrācijas testējamajos paraugos aprēķina pēc vienādojuma:

$$\rho_{Me} = A \times f, \text{ kur}$$

$\rho_{Me}$  – attiecīgā metāla masas koncentrācija, mg L<sup>-1</sup>;

A – nolasījums no atomu absorbcijas spektrofotometra, mg L<sup>-1</sup>;

f – atšķaidīšanas faktors.

### Atsauces

1. LVS EN ISO 7980. 2000. Ūdens kvalitāte. Kalcija un magnija satura noteikšana. Atomu absorbcijas spektrofotometrijas metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 10 lpp.
2. LVS ISO 9964-3:2000. 2000. Ūdens kvalitāte. Nātrija un kālija noteikšana – 3. daļa: Nātrija un kālija noteikšana ar liesmas emisijas spektrofotometriju. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 9 lpp.

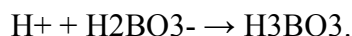
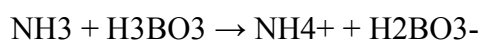
## Kopējā slāpekļa noteikšana

Metodika	LVS ISO 11261 (2002)
Metodes princips	Modificēta Kjeldāla metode
Darbības lauks	Neapstrādātiem visa veida ūdens paraugiem
Metodes noteikšanas robeža	-

### **Princips**

Kopējais slāpeklis (amonija jonu N, nitrātjonu N, nitrītjonu N un organisko savienojumu N) tiek noteikts izmantojot modificētu Kjeldāla metodi. Slāpekli, kas saistīts ar N–N saitēm, N–O saitēm un dažos heterocikliskos savienojumos (īpaši piridīnā), nosaka tikai daļēji. Metodes pamatā ir paraugu mineralizēšana mineralizācijas iekārtā, selēna vietā par katalizatoru lieto titāna dioksīdu (TiO<sub>2</sub>), jo tas ir ekotoksiski mazāk bīstams kā selēns.

Paraugi tiek apstrādāti ar koncentrētas sērskābes un salicilskābes maisījumu. Sērskābe noārda organisko matēriju un slāpekli pārveido amonija jonu veidā. Nitrātjoni un nitrītjoni sākotnēji izveido saiti ar salicilskābi, bet pēc tam izveidojies savienojums tiek reducēts ar nātrija tiosulfātu. Mineralizācija tiek paātrināta lietojot katalizatoru, kas sastāv no kālija sulfāta, vara (II) sulfāta un titāna dioksīda. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> kvantitatīvi tiek noteikts izmantojot amonjaka tvaika destilāciju borskābē un titrēšanas metodi:



### **Iekārtas, trauki**

1. Kjeldāla mineralizācijas iekārta, kas aprīkota ar mineralizācijas mēģenēm (tilpums 250 mL);
2. Tvaika destilators;
3. Potenciometriskais titrators, kas aprīkots ar magnētisko maisītāju un stikla kombinēto elektrodu;
4. Automātiskā pipete, 5 mL;
5. Koniskās kolbas, 250 mL;
6. Mērkolba, 1000 mL;
7. Vārglāze, 2000 mL.

### **Reaģenti**

1. Salicilskābe (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(COOH)(OH)), 25 g;
2. Sērskābe (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), koncentrēta, ρ = 1,84 g cm<sup>-3</sup>, 1000 mL;
3. Sērskābes šķīdums (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 0,01 M, pagatavots no fiksānāla;
4. Kālija sulfāts (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 200 g;
5. Vara (II) sulfāta pentahidrāts (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O), 6 g;

6. Titāna dioksīda (TiO<sub>2</sub>), 6 g;
7. Nātrija tiosulfāta pentanhidrāts (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O);
8. Nātrija hidroksīda (NaOH) šķīdums, 35%;
9. Borskābes šķīdums (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), ρ= 20 g L<sup>-1</sup>;
10. Standarta buferšķīdums pH 4,00±0,02;
11. Standarta buferšķīdums pH 7,00±0,02;
12. Dejonizēts ūdens.

## **Darba gaita**

### ***Salicilskābes/sērskābes maisījuma pagatavošana***

Vienā litrā koncentrētas sērskābes (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; ρ = 1,84 g cm<sup>-3</sup>) izšķīdina 25 g salicilskābes (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(COOH)(OH)). Gatavojot skābju maisījumu stingri jāievēro darba drošības noteikumi.

### ***35% nātrija hidroksīda (NaOH) šķīduma pagatavošana***

1300±5 mL dejonizēta ūdens izšķīdina 700±5 g nātrija hidroksīda (NaOH).

### ***Katalizatora maisījuma pagatavošana***

Rūpīgi sajauc 200 g kālija sulfāta (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 6 g vara (II) sulfāta pentahidrāts (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) un 6 g titāna dioksīda (TiO<sub>2</sub>).

### ***Parauga mineralizācija***

Ar Mora pipeti 10 mL neapstrādāta ūdens parauga ievieto mineralizācijas kolbās. Ja paraugs satur lielu daudzumu suspendētās daļiņas, paraugu ņem ar cilindru. Pievieno 4,0 mL koncentrētas sērskābes un salicilskābes maisījumu (pagatavošana aprakstīta iepriekš) un kolbu saskalina. Maisījumam ļauj stāvēt dažas stundas. Pievieno 0,5 g nātrija tiosulfāta pentahidrātu un maisījumu mineralizācijas iekārtā karsē 30 minūtes 125 oC temperatūrā. Kolbu atdzesē, pievieno 1,1 g katalizatoru maisījuma (pagatavošana aprakstīta iepriekš) un maisījumu mineralizācijas iekārtā karsē 30 minūtes 270 oC temperatūrā un 120 minūtes 400 oC temperatūrā.

### ***Amonija jonu tvaika destilācija***

Kad pabeigta mineralizācija, kolbai ļauj atdzist, un, lēnām sakratot, pielej apmēram 20 mL dejonizēta ūdens. Kolbu saskalina, lai visi nešķīstošie materiāli veidotu suspensiju, un pārnes kolbu destilācijas aparātā. 250 mL koniskajā kolbā ielej 25,0 mL borskābes šķīdumu (ρ = 20,0 g L<sup>-1</sup>) un kolbu novieto zem destilācijas aparāta dzesētāja tā, lai dzesētāja gals būtu iemērķts borskābes šķīdumā. Mineralizācijas kolbā ielej 20,0 mL 35% nātrija hidroksīdu un pārdestilē apmēram 100 mL kondensāta, noskalo dzesinātāja galu. Pievieno dejonizētu ūdeni, lai kopējais destilāta tilpums ir 150 mL.

**PIEZĪME:** Pieņemams tvaika destilēšanas ātrums ir līdz 25 mL min<sup>-1</sup>.

### ***Destilāta titrēšana līdz šķīduma pH 4,7***

Atbilstoši ražotāja norādījumiem veic potenciometriskā titratora kalibrēšanu, izmantojot standarta buferšķīdumus ar pH 4,00±0,02 un 7,00±0,02.

Destilātu titrē ar 0,01 M sērskābi līdz šķīduma pH 4,7. Titrēšanā patērētās sērskābes tilpumu pieraksta protokolā.

PIEZĪME: Paralēli testējamiem paraugiem tiek veikta “tukšā” analīze, kur testējamā parauga vietā ņem 10 mL dejonizēta ūdens.

### ***Aprēķini***

Kopējo slāpekļa masas koncentrāciju aprēķina:

$$W_N = \frac{((V_1 - V_0) \times c(H^+) \times M_N)}{V_2} \times 1000, \text{ kur}$$

$W_n$  – kopējā slāpekļa masas koncentrācija, mg L<sup>-1</sup>;

$V_1$  – titrēšanā patērētais sērskābes tilpums, mL;

$V_0$  – “tukšās” analīzes titrēšanā patērētais sērskābes tilpums, mL;

$c(H^+)$  - H<sup>+</sup> koncentrācija titrēšanai izmantotajā sērskābē, 0,02 mol L<sup>-1</sup>;

$M_N$  – slāpekļa molmasa, 14 g mol<sup>-1</sup>;

$V_2$  – analīzei ņemtais testējamā parauga tilpums, mL.

### **Atsauce**

1. ISO 11261. 1995. Soil Quality – Determination of total nitrogen – Modified Kjeldahl method. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 4p. (available at [www.iso.ch](http://www.iso.ch))
2. LVS ISO 11261. 2002. Augsnes kvalitāte: Kopējā slāpekļa noteikšana. Modificēta Kjeldāla metode. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, Latvija. 8 lpp.
3. Van Ranst E., Verloo M., Demeyer A., Pauwels J. M. 1999. Manual for the Soil Chemistry and Fertility Laboratory. Ghent University, Faculty Agricultural. 243 p.