

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”



**Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana,
izmantojot pārmērītos meža statistiskās
inventarizācijas datus**

Līgums 5.5.-5.1/000t/101/11/13

Starpatskaite I
(2.etaps)

Projekta vadītājs: J.Donis

Pārējie galvenie izpildītāji: G.Šņepsts, L.Zdors, R.Šēnhofs

Salaspils

2012

Kopsavilkums

Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana, izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas datus. Projekta vadītājs. J.Donis. Pārējie galvenie izpildītāji - G.Šņepsts, L.Zdors, R.Šēnhofs.

Atbilstoši metodikai 2.etapā paredzēti sekojoši darba uzdevumi:

1. Augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde.

1.1. MSI datu atlase, ievade nepieciešamajā formātā un apstrāde.

1.2. Augstuma, caurmēra, šķērslaukuma, koku skaita augšanas gaitas prognožu modeļu precizēšana.

1.3. Vienādojumu koeficientu vērtību aprēķināšana un ticamības izvērtējums.

2. Vienkārši pielietojamu koksnes pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu precizēšana pa koku sugām un bonitātēm.

3. MSI datu izmantošanas iespēju novērtējums ticamu augšanas gaitas modeļu iegūšanā koku sugām priede, egles, bērzs, apse, melnalksnis, baltalksnis.

4. literatūras analīze par pieauguma modeļiem un augšanas gaitas modeļiem saliktās audzēs.

5. Urbuma skaidu ieguve 360 parauglaukumos MSI 2012.g. (n=3600).

6. Lauku datu ieguve 14 objektos ugunsgrēka ietekmes uz priedes koku skaita izmaiņām modeļu aproksimācijai un izstrādāto regresijas modeļu kvalitātes un ticamības novērtējumam.

7. Gadskārtu platuma mērījumi MSI laukumos 2011.g. iegūtajām urbumu skaidām (apm. 3000).

8. Vienādojumu izstrāde pieauguma modeļiem pēc pārmērīto pētniecisko parauglaukumu datiem.

9. Vienādojumu izstrāde augšanas gaitas modeļiem pēc pārmērītu pētniecisko parauglaukumu datiem.

10. Starpatskaites iesniegšana.

Precizēti šķērslaukuma, augstuma, caurmēra augšanas gaitas un pieauguma noteikšanas modeļi.

Vienādojumu izstrādei izmantoti 2207 atkārtoti pārmērītu MSI parauglaukumu dati un aprēķināti visu meža elementu taksācijas rādītāji, kā arī atmiruma krāja.

Pieaugumi un to statistiskie parametri aprēķināti I stāva valdošajai sugai – P, E, B, A, M, Ba, kas pēc tam analizēti sadalījumā pa vecuma grupām un bonitātēm.

Aprēķināti sekojoši pieaugumu veidi:

- Tekošā periodiskā diference;
- Tekošais pilnais periodiskais pieaugums;
- Tekošais faktiskais periodiskais pieaugums;
- Faktiskās (audzes) tekošais potenciālais vidēji periodiskais pieaugums.

Ņemot vērā, ka nocirsto un atmirušo koku pieaugums netiek noteikts, krājas tekošais faktiskais periodiskais pieaugums ir pieņemts identisks krājas tekošais pilnajam periodiskajam pieaugumam.

Pēc pārmērījumu datiem aprēķinātie faktiskās audzes krājas reducētā tekošā potenciālā periodiskā pieauguma lielumi salīdzināti ar I. Liepas (2008., 2009.) izstrādātajiem vienādojumiem. Gan P, E, B, A, M, Ba konstatēta cieša lineāra pozitīva korelācija starp abiem rādītājiem, bet konstatēta sistemātiskas atšķirības starp dažādām bonitātēm. Izveidots jauns vienādojums faktiskās audzes reducētā tekošā vidēji periodiskā pieauguma aprēķināšanai, kas tiks precizēts turpmākā darba gaitā.

Aproksimētas reducētā dabiskā atmiruma ($m^3 m^{-2} g^{-1}$) sakarības. Pašreizējais datu paraugkopas apjoms pagaidām ir nepietiekams galīgo koeficientu aprēķināšanai, jo ir relatīvi liels parauglaukumu skaits, kuros 5 gadu laikā nav pirmajā stāvā dabiski atmiruši koki.

Krājas vidējo periodisko diferenci tiek piedāvāts aprēķināt kā aproksimēto faktiskā vidēji periodiskā pieauguma un vidējā periodiskā atmiruma krājas starpību.

Aprēķinātas precizētās koeficientu vērtības, lai aprakstītu sakarību starp vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu, virsaugstumu un valdaudzes augstumu.

Caurmēra pieauguma aproksimācijai precizēti iepriekš izstrādāto vienādojumu koeficienti un piedāvāts jauns vienādojums.

Aproksimētas koku skaita izmaiņas parauglaukumos, kuros nav konstatēta koku ciršana vai masveida koku bojāeja (atmirums < 20%). Kā koku maksimālā koku skaita, tā arī pašizretināšanās un caurmēra pieauguma pārbaudītie modeļi ir statistiski būtiski, bet atsevišķu regresijas vienādojumu koeficientu vērtības ir statistiski nebūtiskas, tādēļ nepieciešams palielināt datu apjomu vai pilnveidot modeli.

Salīdzinot ar ilglaicīgajos parauglaukumos konstatētajām taksācijas rādītāju izmaiņām, konstatēts, ka 5 gadu periodam vienādojumi „strādā” relatīvi labi, taču 20 gadu prognozēs konstatējama augstuma pieauguma un atmiršanas pakāpes nenovērtēšana, savukārt caurmēra un šķērslaukuma pieaugums tiek pārvērtēts.

Rekomendācijas

Tiek piedāvāts modelēt virsaugstuma izmaiņas P, E, B, A, M, Ba, kas aproksimētas kā bāzes vecuma neatkarīgas, proti, zinot vecumu un augstumu var prognozēt augstuma augšanas gaitu. Atbilstoši šai metodei aproksimētas arī J. Matuzāņa izstrādātas virsaugstuma bonitātes P, E, B, A, tās iekļaujot vienotā sistēmā. Pašreiz tiek ieteikts izmantot J. Matuzāņa virsaugstuma bonitāšu skalu, lai arī tās nav polimorfiskas, taču pašreiz, tās rada mazāku iespēju pārvērtēt pieauguma potenciālu.

Caurmēra, koku skaita izmaiņu modeļu vienādojumu parametru aproksimācijai vēl joprojām nepieciešams palielināt parauglaukumu skaitu, jo ir liels parauglaukumu skaits, kuros 5 gadu laikā koku skaits nav samazinājies, kā rezultātā ilgtermiņa prognozēs koku skaits tiek pārvērtēts. Nepieciešams arī pārbaudīt izvēlētos modeļus uz citiem neatkarīgu parauglaukumu datiem.

Saturs

KOPSAVILKUMS	2
IEVADS	5
DEFINĪCIJAS UN TERMINI	7
1.AUGŠANAS GAITAS PROGNOŽU MODEĻU IZSTRĀDE	9
1.1. MEŽA STATISTISKĀS INVENTARIZĀCIJAS (MSI) DATU ATLASE UN APSTRĀDE (1.1.D.UZD.).....	9
1.2. AUGSTUMA, CAURMĒRA, ŠĶĒRSLAUKUMA, KOKU SKAITA AUGŠANAS GAITAS PROGNOŽU MODEĻU PRECIZĒŠANA (1.2. D.UZD.)	10
1.2.1. Augstuma augšanas gaitas modeļa precizēšana (sakarība starp vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu).....	10
1.2.2. Augstuma augšanas gaitas modeļa precizēšana (virsaugstuma un vidējā augstuma augšanas gaita)	11
1.2.3. Caurmēra augšanas gaitas modeļa precizēšana	13
1.2.4. Kokaudzes koku skaita modeļa precizēšana	13
1.2.5. Šķērslaukuma augšanas gaitas modeļa precizēšana	14
1.3. AUGSTUMA, CAURMĒRA, ŠĶĒRSLAUKUMA, KOKU SKAITA AUGŠANAS GAITAS VIENĀDOJUMU VĒRTĪBU APRĒĶINĀŠANA UN TICAMĪBAS IZVĒRTĒJUMS (1.3.D.UZD.)	17
1.3.1. Sakarība starp vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu.....	17
1.3.2. Virsaugstuma un vidējā augstuma augšanas gaita.....	18
1.3.3. Caurmēra augšanas gaita	23
1.3.4. Kokaudzes koku skaita izmaiņas.....	28
1.3.5. Šķērslaukuma augšanas gaita.....	29
2. VIENKĀRŠOTA PIELIETOJUMA KOKSNES PIEAUGUMA, ATMIRUMA UN KRĀJAS DIFERENCES PROGNOŽU MODEĻU PRECIZĒŠANA PA KOKU SUGĀM UN BONITĀTĒM (2.D.UZD.)	32
2.1.VISPĀRĒJĀS PIEAUGUMU APRĒĶINĀŠANAS LIKUMSAKARĪBAS	32
2.2.FAKTISKĀS AUDZES TEKOŠĀ PIEAUGUMA MODELIS	40
2.3. ATMIRUMA MODELIS	46
2.4. KRĀJAS DIFERENCES MODELIS	47
3. MSI DATU IZMANTOŠANAS IESPĒJU NOVĒRTĒJUMS TICAMU AUGŠANAS GAITAS MODEĻU IEGŪŠANĀ KOKU SUGĀM PRIEDE, EGLE, BĒRZS, APSE, MELNALKSNIS, BALTALKSNIS (3.D.UZD.)	48
4.LITERATŪRAS ANALĪZE PAR PIEAUGUMU MODEĻIEM UN AUGŠANAS GAITAS MODEĻIEM SALIKTĀS AUDZĒS (4.D.UZD.) (L.ZDORS, J.DONIS)	80
5. URBUMA SKAIDU IEGUVE 360 MSI PARAUGLAUKUMOS (5.D.UZD.)	84
6.LAUKU DATU IEGUVE 14 OBJEKTOS UGUNSGRĒKA IETEKMES UZ PRIEDES KOKU SKAITA IZMAIŅĀM MODEĻU APROKSIMĀCIJAI UN IZSTRĀDĀTO REGRESIJAS MODEĻU KVALITĀTES UN TICAMĪBAS NOVĒRTĒJUMAM (6.D.UZD.) (R.ŠĒNHOFŠ, L.ZDORS, G.ŠŅEPŠTS, J.DONIS)	85
7. RADIĀLĀ PIEAUGUMA MĒRĪJUMI (7.D.UZD.)	95
8.VIENĀDOJUMU IZSTRĀDE PIEAUGUMA MODEĻIEM PĒC PĀRMĒRĪTO PĒTNIECISKO PARAUGLAUKUMU DATIEM (8.D.UZD.)	97
9.VIENĀDOJUMU IZSTRĀDE AUGŠANAS GAITAS MODEĻIEM PĒC PĀRMĒRĪTU PĒTNIECISKO PARAUGLAUKUMU DATIEM (9.D.UZD.) L.ZDORS, J.DONIS	98
SECINĀJUMI	108
LITERATŪRA	109

Ievads

Adekvātas augšanas gaitas prognozes ir būtiska mežsaimnieciskās darbības seku prognozēšanai un lēmumu pieņemšanai plānojot mežsaimnieciskās darbības. Līdz šim Latvijā izmantotie pieaugumu noteikšanas modeļi (Liepa, 1996, Матузанис, 1988) lielā mērā ir balstīti uz 1960.-tajos un 70.gados vienreiz uzmērītu parauglaukumu datiem, kuros tekošais pieaugums noteikts pēc urbumu metodes. Ar šo metodi nav iespējams iegūt ticamu informāciju par atmirumu (koku skaita izmaiņām) un augšanas gaitu kopumā. Arī augšanas gaitas tabulas (Ozols, 1926; Sarma, 1948; Sacenieks, Matuzānis, 1964), neatspoguļo reālu audžu augšanas gaitu, bet gan dažādu vecumu „normālo audžu” statiku. Ir konstatēts, ka pēdējos gadu desmitos koku augšanas gaita Eiropā ir mainījusies (Spiecker, 1999, Pretzsch, 2009), tādējādi agrāk izstrādātie modeļi varētu arī neatbilst mūsdienu situācijai. 2004. gadā Latvijā tika uzsākta meža statistiskā inventarizācija, kuras pirmā cikla (2004.-2008.) laikā Latvijas teritorijā regulārā tīklā iekārtoti vairāki tūkstoši parauglaukumu. Daļu no šiem parauglaukumiem plānots atkārtoti pārmērīt ik pa 5 gadiem, tādējādi iegūstot arī informāciju par dimensiju izmaiņām, skaita izmaiņām laika gaitā - atmiršanu, kā nociršanu. Tas sniedz ievades informāciju, lai izstrādātu jaunus modeļus, kuri atspoguļo augšanas gaitu konkrētā laika periodā.

Projekta gaitā plānots izveidot matemātiskos modeļus:

- Koksnes pieaugumu prognožu modeļi – tekošais pieaugums, atmirums, krājas difference pa sugām, bonitātēm, vecuma klasēm;
- Augšanas gaitas prognožu modeļi – šķērslaukums vai koku skaits, caurmērs, vidējais augstums pa valdošajām sugām, bonitātēm, vecuma klasēm.

Izstrādātie modeļi būs izmantojami audžu attīstības dažādu mežsaimniecisko darbību alternatīvu ietekmē modelēšanai.

2.etapam definēti sekojoši darba uzdevumi:

1.1. MSI datu atlase, ievade nepieciešamajā formātā un apstrāde.

1.2. Augstuma, caurmēra, šķērslaukuma, koku skaita augšanas gaitas prognožu modeļu precizēšana.

1.3. Vienādojumu koeficientu vērtību aprēķināšana un ticamības izvērtējums.

Nosacījumi

(a) modeļus izstrādāt, balstoties uz MSI 2 gadu pārmērījuma datiem 6 sugām - priede, egle, bērzs, apse, melnalksnis, baltalksnis, atbilstoši metodikai, izmantojot meža statistiskās inventarizācijas datus un nelineāro daudzfaktoru regresijas analīžu metodes;

(b) augstuma, caurmēra, šķērslaukuma, koku skaita augšanas gaitas modeļus veidot, lai no jebkuras loģiski iespējamās šķērslaukuma vērtības būtu iespējams modelēt augšanas gaitu pa koku sugām un bonitātēm;

(c) augstuma augšanas gaitas modeļus veidot gan vidējam augstumam, gan virsaugstumam pa koku sugām un bonitātēm;

(d) kokaudzes augstuma, caurmēra, šķērslaukuma, koku skaita augšanas gaitas modeļus matemātiski sasaistīt pa koku sugām un bonitātēm;

(e) augšanas gaitu aproksimēt arī piemistrojuma sugām.

2. Vienkārši pielietojamu koksnes pieauguma, atmiruma un krājas difference prognožu modeļu precizēšana pa koku sugām un bonitātēm.

3. MSI datu izmantošanas iespēju novērtējums ticamu augšanas gaitas modeļu iegūšanā koku sugām - priede, egle, bērzs, apse, melnalksnis, baltalksnis.

4. Literatūras analīze par pieauguma modeļiem un augšanas gaitas modeļiem saliktās audzēs.

5. Urbuma skaidu ieguve 360 parauglaukumos MSI 2012.g. (n=3600).

6. Lauku datu ieguve 14 objektos ugunsgrēka ietekmes uz priedes koku skaita izmaiņām modeļu aproksimācijai un izstrādāto regresijas modeļu kvalitātes un ticamības novērtējumam.

7. Gadskārtu platuma mērījumi MSI laukumos 2011.g. iegūtajām urbumu skaidām (apm. 3000).

8. Vienādojumu izstrāde pieauguma modeļiem pēc pārmērīto pētniecisko parauglūkumu datiem.
9. Vienādojumu izstrāde augšanas gaitas modeļiem pēc pārmērītu pētniecisko parauglūkumu datiem.
10. Starpatskaites iesniegšana.

Definīcijas un termini

Zemāk apkopotas tās definīcijas un termini, kas izmantoti vienādojumu izstrādē (N.B! Tie var atšķirties no normatīvajos aktos noteiktajiem).

Vispārējie termini un definīcijas

Koks – daudzgadīgs augs, kas parasti veido vienu pārkoksnējušos stumbru un skaidri noteiktu vainagu. Koks sastāv no sekojošām daļām: stumbrs, laterālā daļa -zari, lapotne, saknes un sīksaknes.

Stumbrs (angļu val. stem) – koka galvenā dzinuma virszemes daļa ar apikālo dominanci. Stumbrs tiek iedalīts: celma daļa (stump), stumbra vidusdaļa (bole), galotnes daļa (stem top).

Miza – koka stumbra un laterālās daļas, kā arī pazemes daļas audi, kas atrodas starp ksilēmu (koksni) un fellēmas (korķa kārtas) epidermu.

Kokaudze (audze) ir mežaudzes koku kopa.

Kokaudzes veids – vienkārša vai salikta:

- vienkārša audze – audze, kuras koki izvietoti vienā stāvā (augstuma atšķirība no vidējā nepārsniedz 20%);
- salikta audze – audze, kuras koki izvietoti divos vai vairāk stāvos.

Kokaudzes sastāvs – tīras (tīraudzis) un mistrotas (mistraudzis):

- tīraudze – audze, kuras valdošās sugas krāja veido vairāk par 95% no kopējās krājas;
- mistraudze – audze, kuras valdošās sugas krāja veido 95% vai mazāk.

Valdošā koku suga - koku suga, kurai mežaudzes I stāvā ir vislielākā koksnes krāja.

Valdaudze - kokaudzes koki ar lielāko koksnes krāju, kuru augstums neatšķiras vairāk par 10 procentiem no to vidējā augstuma.

Mežaudze - meža platība ar viendabīgiem meža augšanas apstākļiem, līdzīgu koku sugu sastāvu un vecumu struktūru, kas ievērojami atšķiras no blakus esoša meža platībām

Meža elements – vienādos augšanas apstākļos augšanā un attīstībā savstarpēji mijiedarbojušos vienas sugas, vienas paaudzes, vienādas izcelsmes un vienlīdz attīstītu koku kopums. Pie vienas paaudzes pieskaita kokus, kuru vecums atšķiras ne vairāk kā par 2 vecumklasēm. Vienvecuma tīraudze ir speciāls meža elementa gadījums.

Kokaudzes biežība - faktiskā koku skaita attiecība pret normālo koku skaitu vai faktiskā šķērslaukuma attiecība pret normālo šķērslaukumu.

Kokaudzes biežums – koku skaits uz ha.

Normālas biežības audze – tāda audze, kuras šķērslaukums ir vienāds ar normālo šķērslaukumu.

Šķērslaukums - viena hektāra platībā augošu koku stumbru šķērslaukumu summa (kvadrātmetros) 1,3 metru augstumā no sakņu kakla.

Bonitāte - iedalījuma vienība mežaudzes ražīguma raksturošanai, ko nosaka pēc koku augstuma noteiktā vecumā.

Virsaugstuma bonitāte - iedalījuma vienība mežaudzes ražīguma raksturošanai, ko nosaka pēc I stāva valdošās koku sugas virsaugstuma noteiktā vecumā.

Mežaudzes stāvs - koku kopa, kuras augstumu atšķirības no koku vidējā augstuma nepārsniedz 20 %. Meža inventarizācijā otro stāvu izdala, ja tā koku vidējais augstums ir vismaz par 21 % mazāks nekā pirmā stāva koku vidējais augstums, bet nav mazāks par sešiem metriem.

Koku klasifikācija **Krafta klasēs** (Kraft, 1884 citēts pēc *Skudra, Dreimanis, 1993*):

I klase - virsvaldkoki – audzes garākie un resnākie koki, kam ir labi attīstīts vainags un kuru galotnes paceļas virs kopējā vainagu klāja;

II klase- valdkoki - veido galveno audzes vainaga klāju, to stumbriem ir nedaudz mazākas dimensijas nekā I klases kokiem;

III klase - līdzvaldkoki – koku vainagi relatīvi vājāk attīstīti, šaurāki, iespiesti starp I un II klases koku vainagiem un atrodas kopējā vainagu klāja apakšējā daļā;

IV klase - nomāktie koki – vainagi ir īsāki un šaurāki nekā III klases kokiem. Ar galotnēm tie iesniedzas galvenā vainagu klāja apakšējā daļā. Koki pēc izmēriem ievērojami atpaliek no I-III klases kokiem. Kokus iedala 2 apakšklasēs: IV a apakšklase – koki ar šauriem, bet vienmērīgi veidotiem vainagiem un brīvu logu audzes vainaga klājā; IV b apakšklase - koki, kam vienpusīgs vainags vai kas atrodas zem audzes vainagu klāja un kuriem vainaga apakšējā daļa ir stipri noēnota vai atmirusi;

V klase -stipri nomāktie koki – atrodas zem valdošā audzes vainagu klāja. Va klasē ieskaita kokus ar nelielu atmirstošu vainagu, bet Vb klasē – īpatņus, kam vainagi atmiruši.

Audzes (meža elementa) krūšaugstuma caurmēra definīcijas

d – atsevišķa koka caurmērs 1.3 virs sakņu kakla (bāzes punkta);

D_{vid} - **vidējais aritmētiskais caurmērs** vidējam aritmētiskajam diametram atbilstoša koka caurmērs

$$(D_{vid} = \bar{d} = \frac{\sum d}{n})$$

D_g - **vidējais kvadrātiskais caurmērs** (vidējam šķērslaukumam atbilstoša koka caurmērs), kur vidējais

$$\text{šķērslaukums } (\bar{g}) = \frac{\sum g}{n} = \frac{G}{N};$$

D_{vald} - **valdaudzes koku vidējais kvadrātiskais caurmērs**;

D_{dom} – **kokaudzes I stāva valdošās koku sugas 100 resnāko koku uz ha koku vidējais kvadrātiskais caurmērs**;

Audzes (meža elementa) vai to daļu augstuma definīcijas

Analīzē izmantotie saīsinājumi un to termini un definīcijas:

H_g – I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

H_{vald} – valdaudzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

H_{dom} – virsaugstums, kas aprēķināts kā 100 resnāko koku ha^{-1} vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums.

Audzes (meža elementa) vecuma definīcijas

A - **bioloģiskais jeb hronoloģiskais vecums** – laiks no sēklas dīgšanas vai atvašu pumpura saplaukšanas.

$A_{1.3}$ - **krūšaugstuma vecums** - laiks no brīža, kad tika sasniegts augstums 1.3 m virs sakņu kakla vai augsnes virsmas.

1. Augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde

1.1. Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) datu atlase un apstrāde (1.1.d.uzd.)

No meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumu datu bāzes atlasīti parauglaukumi, kuros ir tikai 1 sektors. Zemes kategorija - mežs, iznīkusi audze, degums, vējgāze, izcirtums vai mežs lauksaimniecības zemē.

Datorprogrammā MS Excel 2007 ievadīti dati par 2207 MSI 2009. (481 parauglaukumi), 2010. (694) un 2011. (1032) gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem:

- priežu audzēs – 771 (2009.g. – 196; 2010.g. – 235; 2011.g. - 340);
- egļu audzēs – 407 (2009.g. – 96; 2010.g. – 127; 2011.g. - 184);
- bērzu audzēs – 602 (2009.g. – 117; 2010.g. – 200; 2011.g. - 285);
- melnalkšņu audzēs – 95 (2009.g. – 16; 2010.g. – 32; 2011.g. - 47);
- apšu audzēs – 148 (2009.g. – 25; 2010.g. – 48; 2011.g. - 75);
- baltalkšņu audzēs – 131 (2009.g. – 17; 2010.g. – 42; 2011.g. - 72);
- citās audzēs – 35 (2009.g. – 8; 2010.g. – 3; 2011.g. - 24);
- izcirtumi – 18 (2009.g. – 6; 2010.g. – 7; 2011.g. - 5).

Aprēķināti šo parauglaukumu katra meža elementa gan pirmās uzmērīšanas, gan otrās uzmērīšanas reizes taksācijas rādītāji pa meža elementiem, pa stāviem un kopējais, kā arī atmiruma krāja. Taču atšķirībā no MSI metodikas, kuras izmantošanas mērķis ir iegūt statistiski ticamu informāciju par meža resursu stāvokli valstī, lai saglabātu sakarības parauglaukuma līmeni, pieņemts, ka koki saglabā savu reprezentativitāti (cik kokus reprezentē uz ha), piederību stāvam utt., atbilstoši tam, kāds definēts pirmajā uzmērīšanas ciklā.

Parauglaukumu sadalījums pa valdošajām sugām, meža tipi, bonitātēm un vecuma desmitgadēm atspoguļots 1.1.-1.3. tabulās.

1.1. tabula

Parauglaukumu sadalījums pa I stāva valdošajām koku sugām un bonitātēm atkarībā no 2. cikla uzmērīšanas gada

Bonitāte	Mežaudzes																								Izcirtumi			Kopā												
	Priede				Egļe				Bērzs				Melnalksnis				Apse				Baltalksnis										Citas									
	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā				
Ia	25	28	53	106	24	35	61	120	59	109	167	335	8	19	26	53	15	36	51	102	14	32	49	95	1	1	3	4												
I	59	63	95	217	33	42	67	142	28	53	86	167	7	10	16	33	10	11	22	43	2	5	17	24	3	1	9	13	4	6	4	14	146	191	316	653				
II	51	65	73	189	25	25	35	85	21	31	21	73									2	2	4	4	4	1	6	11	1		1	2	102	126	143	371				
III	35	33	48	116	12	17	16	45	4	5	9	18	1	1	1	3					1	2	1	4					3	3			54	60	78	192				
IV	11	22	32	65	1	8	5	14	5	2	2	9																	1	3	4		17	33	43	93				
V	6	17	21	44				1																	1	1							7	17	22	46				
Va	9	7	18	34																					1	2	3						9	8	20	37				
Kopā	196	235	340	771	96	127	184	407	117	200	285	602	16	32	47	95	25	48	75	148	17	42	72	131	8	3	24	35	6	7	5	18	481	694	1032	2207				

1.2. tabula

Parauglaukumu sadalījums pa I stāva valdošajām koku sugām un vecuma desmitgadēm atkarībā no 2. cikla uzmērīšanas gada

A.LO-gade	Mežaudzes																								Izcirtumi			Kopā								
	Priede				Egļe				Bērzs				Melnalksnis				Apse				Baltalksnis										Citas					
	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā	2009	2010	2011	Kopā				
1	7	3	9	19		2	16	18	8	11	35	54	1		4	5	9	12	24	45		8	16	24			2	2					25	36	106	167
2	3	4	13	20	3	3	9	15	7	14	19	40	1	2	1	4	1	3	3	7	2	9	13	24	1		2	3					18	35	60	113
3	5	9	7	21	11	18	28	57	9	14	20	43	1	5	2	8	1	5	5	11	5	14	14	33	1		3	4					33	65	79	177
4	9	6	16	31	19	32	26	77	17	33	34	84		5	9	14	3	10	13	26	8	10	14	32	1	2	3	6					54	91	112	257
5	13	19	26	58	11	10	25	46	23	43	65	131	5	10	13	28	4	8	8	20	2	1	12	15	1		1	2					59	91	150	300
6	24	30	30	84	11	13	14	38	19	45	57	121	1	8	9	18	5	5	16	26			3	3	1	1	3	5					61	102	132	295
7	29	39	60	128	10	9	18	37	23	26	24	73	5	1	6	12	3	7	7	17					2		2	4					72	82	117	271
8	22	31	42	95	10	18	14	42	7	12	18	37	2	1	3	6	1	3	2	6									1	1			42	65	80	187
9	20	27	48	95	10	4	20	34	2	1	11	14						2	2	2									3	3			32	34	82	148
10	21	21	27	69	1	5	6	12	1	1	2	4																	1	1			23	27	36	86
11	20	16	20	56	3	6	3	12	1			1																	1	1	2		25	22	24	71
12	10	17	15	42	4	2	2	8									1			1													15	19	17	51
13	4	6	13	23	2	1		3																					1	1			6	7	14	27
14	6	2	5	13		2	1	3																					1	1			6	4	7	17
15	2	2	6	10																													2	2	6	10
16	1	1	2	4		1		1																									1	2	2	5
17	1	1	1	2		1	2	3																									0	2	3	5
>17					1	1		1																									1	1	0	2
Kopā	196	235	340	771	96	127	184	407	117	200	285	602	16	32	47	95	25	48	75	148	17	42	72	131	8	3	24	35	6	7	5	18	481	694	1032	2207

Analīzē veikts reālo (pārmērīto) augstumu salīdzinājums ar aprēķinātajām vērtībām pēc iepriekšējos gados izstrādātajiem vienādojumiem (Donis et al., 2010):

$$H_g = a_1 H_{dom}^{a_2} N^{a_3} \text{ jeb } H_{dom} = \left(\frac{H_g}{a_1 N^{a_3}} \right)^{\frac{1}{a_2}} \quad (1.1)$$

H_g – audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošais augstums, m;

H_{dom} – audzes virsaugstums (100 uz hektāra lielāko koku augstums), m;

N – valdošās koku sugas I stāva koku skaits uz hektāra.

$$H_{vald} = a_1 H_{dom}^{a_2} N^{a_3} \text{ jeb } H_{dom} = \left(\frac{H_{vald}}{a_1 N^{a_3}} \right)^{\frac{1}{a_2}} \quad (1.2)$$

H_{vald} – audzes valdaudzes augstums, m;

H_{dom} – audzes virsaugstums (100 uz hektāra lielāko koku augstums), m;

N – valdošās koku sugas I stāva koku skaits uz hektāra.

Vienādojumu atbilstība pārbaudīta izmantojot sakarības 1.11.-1.17.

1.2.2. Augstuma augšanas gaitas modeļa precizēšana (virsaugstuma un vidējā augstuma augšanas gaita)

Koku dimensiju izmaiņas jeb augšanu nosaka konkrēto augu genotipa determinētā augšanas un attīstības izpausme konkrētajos vides un apsaimniekošanas režīma apstākļos. Tādēļ augšana var identiskos apstākļos izpausties atšķirīgi pat vienas sugas pārstāvjiem, un pat ģenētiski identiski īpatņi dažādas ontogēnes attīstības stadijās līdzīgos apstākļos var reaģēt atšķirīgi. Tādēļ augšanas gaitas aproksimācijai tīri objektīvi ir raksturīga augsta nenoteiktība. Vietas kvalitātes (labuma) novērtējumam visbiežāk izmanto netiešos rādītājus piem., bonitāti, virsaugstuma bonitāti, vai meža tipu. Visbiežāk vienvecuma audzēm par vietas kvalitātes indeksu izvēlas virsaugstuma bonitāti – piem., Zviedrija, Somija, ASV, Kanāda u.c. valstis. Dažādvecuma audzēm, koku augšanu sākotnēji var ietekmēt iepriekšējo paaudžu koki, tādēļ šādu audžu augšanas gaitas raksturošanai biežāk izvēlas vai nu meža tipu (Somijā T. Pukkala, 2011), vai valdaudzes koku augstumu (Vācijā H. Pretzsch, 2009). Arī Latvijā virsaugstuma bonitāšu skalas priedei, eglei, bērzam un apsei mežzinātnes institūtā ir izstrādātas jau pagājušā gadsimta 60. -70.tajos gados (Tauriņš, 1968; Matuzānis, Tauriņš, 1970; Matuzānis, 1973; J. Bisenieks, 1975; Ģērķis, Matuzānis, 1978; J., Rubenis, 1979), bet baltalksnim šī gadsimta sākumā (Bisenieks et al., 2010). Tomēr praksē un mežsaimniecību reglamentējošajos normatīvos kopš pagājušā gadsimta 80. gadu vidus vēl joprojām lietotas 1911. gadā Krievijas impērijas vajadzībām prof. Morozova izstrādātās bonitāšu skalas sēklaudžiem un atvasājiem (pirms tam Latvijā tika izmantotas papildinātās 1924. gada pagaidu augšanas gaitas tabulas (Sacenieks, Matuzānis, 1964). Uz Orlova tabulu nepilnībām, proti, tās neatspoguļo reālo augšanas gaitu, norādījuši virkne pētnieku (Zeide, 1978, Bisenieks, 2002). Pašreizējās pieejas gadījumā, kad mežsaimniecisko darbu plānošana, piem., sugu izvēle meža atjaunošanā vai saglabājamo sugu izvēli kopšanas cirtēs, nosaka atbilstoši meža tipam, šādas bonitāšu skalu neatbilstības nav tik svarīgas, lai arī bonitāte ir rādītājs, kas reglamentē galvenās cirtes vecumu, un caurmēru. Tomēr modelējot audžu attīstību ilgtermiņā, izmantojot neatbilstošas bonitāšu skalas var rasties ievērojamas sistemātiskas kļūdas. Bez tam Zeide (Zeide, 1978) norādījis, ka nav iespējams prognozēt meža elementa augšanu augstumā zinot tā augstumu tikai vienā vecumā. Lai prognozētu augstuma pieaugumu nepieciešams zināt augstumus vismaz divos vecumos, kas atšķirīgi no 0, un ne vairāk kā divos. Taču nav paskaidrots kādos vecumos šie augstumi būtu mērāmi. Savukārt Zagrejevs (Zagrejev, 1978) uzskata, ka audzes augšanu par prognozēt zinot augstumu 3 bāzes vecumos (skujkokiem un cietajiem lapu kokiem – 50, 100 un 150 gados, mīkstajiem lapu kokiem 20, 50 un 80 gados.

Pašreiz izstrādātajām virsaugstuma bonitāšu skalām (Tauriņš, 1968; Matuzānis, Tauriņš, 1970; Matuzānis, 1973; J. Bisenieks, 1975; Ģērķis, Matuzānis, 1978; J., Rubenis, 1979; Bisenieks et al., 2010) par iespējamo trūkumu varētu uzskatīt, ka tās ir veidotas kā anamorfiskas, proti, visos vecumos tiek saglabāta viena un tā pati proporcija starp bonitāšu klasēm, kaut gan pētījumi liecina, ka augstuma pieaugumi kulminācija var notikt dažādos vecumos (Antanaitis, Zagrejevs, 1980). Otrs iespējams

trūkums, ir tas, ka šīs bonitāšu skalas veidotas uz paraugkokiem, kas iegūti pagājušā gadsimta vidū, izņemot baltalksni, (proti, iespējamo klimata izmaiņu dēļ koki var augt straujāk nekā to paredz agrāk izstrādātie modeļi), tādējādi tiek nenovērtēts vai pārvērtēts augšanas potenciāls.

Šī projekta ietvaros augstuma pieaugums aprēķināts kā starpība starp pirmā cikla aprēķināto augstumu un 2.cikla aprēķināto augstumu 1.stāva valdošajai sugai. Augstuma pieaugums aprēķināts vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam, kā arī dominējošo koku aritmētiskajam vidējā caurmēram atbilstošā koka augstumam.

Modelim izvirzītas sekojošas prasības:

- Tam jābūt polimorfiskam, t.i., augstumu atšķirībām starp bonitātēm nav jābūt proporcionālām visos vecumos.
- Sigmoidāla augšanas forma ar pārliekuma punktu.
- Horizontāla asimptota lielā vecumā.
- Augstumam 0 gados jābūt 0.
- Vēlams, lai tas būtu neatkarīgs no bāzes vecuma.

Chapman-Richard's (C_R) funkcija, kas izmantota mūsu iepriekšējos pētījumos (Donis et al., 2011), ir viena no tām, kas šādām prasībām atbilst.

Lai atspoguļotu augstuma augšanas gaitu pa bonitātēm C_R vienādojumiem jāietver sevī arī faktori, kas saistīti ar augstumu konkrētā vecumā. Tādēļ aprēķinos izmantota bāzes vecuma neatkarīga augstumlīknes algebriskās starpības aprēķināšanas metode (Czieszewski, Bailey 2000).

Izmantota sekojoša sakarība (Dieuez-Aranda, et al., 2005):

$$H_2 = 1.3 + (H_1 - 1.3) \left(\frac{1 - \exp(-b_1 A_2)}{1 - \exp(-b_1 A_1)} \right)^{\left(b_2 + \frac{b_3}{2 \left[(\ln H_1 - b_2) + \sqrt{(\ln H_1 - b_2 \ln[1 - \exp(-b_1 A_1)])^2 - 4b_3 \ln[1 - \exp(-b_1 A_1)]} \right]} \right)} \quad \text{kur} \quad (1.3)$$

Kur A_1 – vecums pirmajā uzmērīšanas reizē,

A_2 – vecums otrajā uzmērīšanas reizē,

H_1 - augstums pirmajā uzmērīšanas reizē,

H_2 - augstums otrajā uzmērīšanas reizē.

Pētījumā modelētas gan vidēja kvadrātiskā, gan valdaudzes, gan virsaugstuma koku augstumu pieaugumi. Neapsaimniekotu audžu gadījumā šādām sakarībām būtu jāatbilst gan vidējā, gan arī virsaugstuma izmaiņām, taču kopšanas ciršu rezultātā audzes vidējais caurmērs visbiežāk palielinās (tradicionāli Latvijā tiek veikta kopšana no apakšas). Tādēļ kā stabilāks rādītājs augšanas gaitas modelēšanā izmantojams virsaugstuma pieaugums, bet vidējā kvadrātiskā koka augstums vai valdaudzes augstums tiek aprēķināts izmantojot izstrādātos vienādojumus 1.1 vai 1.2.

Augšanas gaitas modelēšanā darbības veicamas sekojoši:

- 1) No augstumlīknes aprēķina vidējā kvadrātiskā koka augstumu vai ņem jau aprēķināto H_g 1.periodā;
- 2) Pēc sakarības 1.1. aprēķina virsaugstumus H_{dom} ;
- 3) Modelē H_{dom} pieaugumu kā atbilstošo augstumu starpības starp vecumu A_1 un A_2 ;
- 4) Aproximē vecuma A_2 atbilstošo H_g .

Modelējot piemistrojuma (I stāva) meža elementu augšanas gaitu var pieņemt, ka aprēķināma konkrētās sugas augšanas gaita atbilstoši šī meža elementa modelētajam virsaugstumam un vecumam. Turpmākajos pētījumos vajadzētu noskaidrot šī pieņēmuma atbilstību realitātei.

Otrā stāvā esošo meža elementu augstuma pieaugumus var modelēt atbilstoši I stāva valdošās sugas virsaugstuma bonitātei, izmantojot multiplikatīvu vai aditīvu redukcijas koeficientu, kas ir

proporcionāls I stāva šķērslaukumam un augstuma starpībām starp I stāva valdošās sugas virsaugstumu un aprēķināmā II stāvā esošo meža elementa augstumu. Šāda pieeja nodrošina sakarību, ka, jo augstuma starpība mazāka, jo mazāka ietekme uz II stāva augstuma pieaugumu ir I stāva kokiem. Šī pieņēmuma bioloģiskā jēga un empīriskā pārbaude veicama nākamajos pētījumu posmos.

Vienādojumu atbilstība pārbaudīta izmantojot sakarības 1.11.-1.17.

1.2.3. Caurmēra augšanas gaitas modeļa precizēšana

Iepriekšējos gados caurmēra augšana tika modelēta netieši, balstoties uz šķērslaukuma pieaugumu un pēc tam izrēķinot atbilstošo caurmēra pieaugumu (Donis et al., 2011). Tomēr vienādojumos tika iekļauti rādītāji, kas netiek tieši mērīti vispārējā meža inventarizācijā – vainaga proporcija un relatīvais biežības indekss (skat., sadaļu 1.2.5.), tādēļ pēc literatūras datiem tika atrasti vienādojumi, kuri atspoguļo caurmēra pieaugumu izmantojot taksācijā vispārpieņemtus rādītājus.

Caurmēra augšanas gaitas aproksimācijai izmantots jauns vienādojums (Czieszewski, Bailey 2000):

$$D_2 = 1.3 + (D_1 - 1.3) \left(\frac{1 - \exp(-b_1 A_2)}{1 - \exp(-b_1 A_1)} \right)^{\left(b_2 + \frac{b_3}{X_0} \right)} \quad (1.4.1)$$

$$\text{kur} \quad X_0 = \frac{1}{2} \left[(\ln D_1 - b_2 L_0) + \sqrt{(\ln D_1 - b_2 L_0)^2 - 4b_3 L_0} \right] \quad (1.4.2)$$

$$\text{kur} \quad L_0 = \ln[1 - \exp(-b_1 A_1)] \quad (1.4.3)$$

D_1 ; D_2 – audze) vidējais kvadrātiskais caurmērs attiecīgi 1. un 2. uzmērīšanas reizē, cm

A_1 ; A_2 – audzes vecums attiecīgi 1. un 2. uzmērīšanas reizē, gadi

b_1 ; b_2 ; b_3 – koeficienti

Tā kā pieauguma modeļiem izvirzīta prasība, ka tiem jāatspoguļo mijiedarbība starp dažādām koku sugām (augšanas gaita jāaproksimē arī piemistrojuma un II stāva sugām) caurmēra pieauguma modelim pārbaudīts arī sekojošs vienādojums:

$$i_d = a_1 \cdot \exp(a_2 + a_3 BAL_{CITI} + a_4 BAL_{Egle} + a_5 \ln(G) + a_6 d^{0.5} + a_7 d^2 + a_8 Bon) \quad 1.5$$

i_d – Meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra 5 gadu tekošais periodiskais pieaugums, cm;

BAL_{Egle} – I stāva meža elementa, kuru veido egle, šķērslaukums, ja tās vidējais augstums H_g ir lielāks par konkrētā meža elementa H_g , $m^2 ha^{-1}$;

BAL_{CITI} – Citu meža elementu, kuru H_g lielāks par konkrēto meža elementa H_g , šķērslaukumu summa, $m^2 ha^{-1}$;

G – kokaudzes šķērslaukums $m^2 ha^{-1}$;

Bon – I stāva valdošās koku sugas bonitāte (atbilstoši Orlova bonitāšu skalai 0-6);

d – meža elementa vidējais kvadrātiskais caurmērs;

1.5. vienādojums modificēts pēc Pukkala, et al., 2012. Tas oriģinālajā variantā paredzēts atsevišķu koku augšanas gaitas modelēšanai. Taču mēs to pielāgojām tam, lai varētu aprēķināt koeficientus atbilstošā meža elementa rādītāju aprēķiniem.

Vienādojumu atbilstība pārbaudīta izmantojot sakarības 1.11.-1.17.

1.2.4. Kokaudzes koku skaita modeļa precizēšana

Koku skaita izmaiņas nosaka 2 procesi – koku atmiršana un jaunu koku ieaugšanās. Koku atmiršana ir stohastisks (nejaušs) un epizodisks pēc savas būtības, tādēļ no modelēšanas viedokļa ir svarīgi nodalīt atmiršanu, kas saistīta ar pašizretināšanos konkurences rezultātā vai novecojot jeb t.s. regulāro

atmiršanu, no tās atmiršanas, kas saistīta ar traucējumiem (insekti, slimības, uguns, sniegs, vējš u.c.) jeb t.s. neregulāro atmiršanu (Weiskittel et al., 2011). Bez tam koku skaita izmaiņas, protams, ietekmē arī saimnieciskā darbība (koku ciršana). Pētījumos mēdz nodalīt dabisko atmirumu, kas sevī neietver krājas zudumus, kuru cēlonis ir dabiskie traucējumi (vējgāzes, ugunsgrēki utt.) vai cilvēka darbība (Liepa, 2009). Taču jāatzīst, ka nodalīt dabisko traucējumu radītos zudumus no dabiskā atmiruma ne vienmēr ir iespējams. Tādēļ pašreiz uzskaitīti visi dabiskie zudumi kopā.

Audzēs līmeņa atmiršanas modeļos, kas raksturo pašizretināšanos uzsvars tiek likts uz skaita uz hektāru un vidējā audzes koka krūšaugstuma caurmēra D_g sakarībām. Pētījumi liecina, ka koku skaitu atbilstošā vecumā ietekmē arī vietas auglība, kuru var izteikt ar bonitāti.

Dabiskā atmiršanas modelī koku skaita izmaiņai jāatbilst sekojošām prasībām:

- Asimptotiska tiekšanās uz 0, palielinoties meža elementa koku vecumam;
- Koku skaits pie konkrēta D_g nevar pārsniegt pašizretināšanās robežu.

Tiek pieņemts, ka ieaugšanās ir neievērojama un koku skaita samazināšanās notiek pakāpeniski.

Analīzē pašizretināšanās lielums modelēts I stāva kokiem izmantojot sekojošus vienādojumus:

$$N_2 = \left[N_1^a + \left(b + \frac{c}{SI} \right) \left(\left(\frac{t_2}{10} \right)^d - \left(\frac{t_1}{10} \right)^d \right) \right]^{\frac{1}{a}} \quad (1.6)$$

N_1 un N_2 – koku skaits ha^{-1} attiecīgi vecumā t_1 un t_2 ;

SI – virsaugstuma bonitāte (P;E 100 gados; B;M;A 50 gados; Ba 20 gados), m ;

$a; b; c; d$ – empīriskie koeficienti.

Vienādojumu atbilstība pārbaudīta izmantojot sakarības 1.11.-1.17.

1.2.5. Šķērslaukuma augšanas gaitas modeļa precizēšana

Maksimāli iespējamā (normālā) šķērslaukuma noteikšana veicama:

- Vienvecuma tīraudzē, mistraudzē,
- Saliktā audzē,
- Saliktā mistraudzē.

Pieeja 1. Nākošā perioda audzes I stāva vidējā kvadrātiskā caurmēra un I stāva koku skaita aprēķināšanas modeļu aproksimācija aprakstīta iepriekšējās nodaļās.

Prognozētais šķērslaukums ir aprēķināms kā vidējā caurmēra koka šķērslaukuma un koku skaita reizinājumu.

Vienvecuma tīraudzēs par pamatu var ņemt:

- 1) Tretjakova 1933.gada standarta tabulas (iekļautas arī LV normatīvajos aktos). Pēc Moisejeva pētījumiem (Moisejev, 1970), šī tabula ir piemērota vidējās taigas zonas ziemeļu daļai, taču taigas zonas dienvidu daļai (kurā ietilpst arī Latvija), G_{norm} ir par 7-11% lielāks. Arī mūsu iepriekšējie pētījumi (Donis et al., 2009) liecina, ka audžu šķērslaukumi MSI parauglaukumos var būt arī lielāki par normatīvi noteiktajiem.
- 2) Pieņemt Moisejeva izstrādāto G_{norm} tabulu un to aproksimēt analogi Tretjakova standarta tabulai.
- 3) Izstrādāt G_{norm} tabulu un tās aproksimāciju balstot uz MSI parauglaukumu datiem.

Šajā gadījumā, ja pieņem, ka maksimālais iespējams šķērslaukums ir atkarīgs no koku vidējā augstuma, tad maksimāli iespējamais koku skaits ir atkarīgs no vidējā koka caurmēra.

Mistraudžu modelēšanā tiek izmantotas divas pieejas:

- 1) G_{norm} tiek noteikts pēc valdošās koku sugas (šādu pieeju izmanto Latvijā);
- 2) G_{norm} tiek noteikts kā sastāvā ietilpstošo koku G_{norm} relatīvais īpatsvars (Pretzsch, 2009).

1. stāva valdošās koku sugas šķērslaukuma izmaiņas aprēķinātas:

- 1) kā starpība starp divu periodu rādītājiem, kas aprēķināti no koku skaita un to vidējā caurmēra;
- 2) aproksimējot pirmās uzmērīšanas reizes šķērslaukumu un tā prognozi otrai uzmērīšanas reizei.

Saliktā audzē

II stāva šķērslaukuma pieaugums atbilstoši modelētajām D un N izmaiņām.

Salikta mistraudze

Kombinējot mistraudzēs un saliktās audzēs izmantotās sakarības.

Savukārt realizētais šķērslaukuma pieaugums var tikt aproksimēts pēc sekojošas sakarībām 1.7. vai 1.9 :

$$\ln(z_g) = a_1 + a_2 \ln(H_{100}) + a_3 \frac{1}{H_{dom}} + a_4 \frac{1}{H_{dom}^2} + a_5 \ln(D_g) + a_6 D_g^2 + a_7 \frac{1}{(D_g + 0.1)} + a_8 \ln(cr) + a_9 RDF + a_{10} Thin_{0-5}, \text{ kur (1.7)}$$

z_g – vidējā kvadrātiskā caurmēra 5 gadu tekošais periodiskais šķērslaukuma pieaugums, cm^2 ;

H_{100} – I stāva valdošās koku sugas virsaugstuma bonitāte, m;

H_{dom} – I stāva valdošās koku sugas virsaugstums, m;

D_g – I stāva valdošās koku sugas vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm;

cr – vidējā kvadrātiskā caurmēra koka vainaga proporcija;

RDF – relatīvā biežības faktors;

$Thin_{0-5}$ – fiktīvais mainīgais, ja 0-5 gadu periodā veikta kopšana;

a_1 - a_{10} – koeficienti.

Relatīvās biežības faktors tiek aprēķināts kā parauglaukumā esošo dzīvo koku minimālās augšanas telpas summa, kur koka minimālo augšanas telpu aprēķina pēc sekojoša vienādojuma:

$$ga_i = \frac{D_i^{-\beta_1}}{\beta_0} \quad (1.7.1)$$

ga_i – koka minimālā augšanas telpa;

D_i – koka krūšaugstuma caurmērs, cm;

$\beta_0; \beta_1$ – koeficienti atkarībā no sugas.

Koeficientu vērtības 1.7.1. vienādojumam izmanto no iepriekšējos pētījumos izstrādātajiem vienādojumiem (Donis, 2009):

$$N_{max} = \beta_0 D_g^{\beta_1} \quad (1.7.2.)$$

N_{max} – maksimālais I stāva koku skaits, ha^{-1} ;

D_g – I stāva valdošās koku sugas vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm;

$\beta_0; \beta_1$ – koeficienti atkarībā no sugas.

Audzēs I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra 5 gadu tekošais periodiskais pieaugums aprēķināts pēc sekojoša vienādojuma (Liepa, 1996):

$$z_D = \frac{2z_g}{\pi D} \quad (1.8.)$$

z_D – I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra 5 gadu tekošais periodiskais pieaugums, cm;

z_g - I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka šķērslaukuma 5 gadu tekošais periodiskais pieaugums, cm^2 ;

D - I stāva valdošās koku sugas vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm .

Audzes šķērslaukuma izmaiņas aproksimē programmā SPSS 14.0 for Windows izmantojot vienādojumu:

$$G_2 = G_1 N_2^{1-a_1 H_2^{a_2}} N_1^{a_1 H_2^{a_2} - 1} \left[\frac{H_2}{H_1} \right]^{a_3} \quad (1.9.)$$

G_2 – audzes šķērslaukums perioda beigās, $m^2 ha^{-1}$;

G_1 – audzes šķērslaukums perioda sākumā, $m^2 ha^{-1}$;

N_2 – audzes koku skaits perioda beigās, ha^{-1} ;

N_1 – audzes koku skaits perioda sākumā, ha^{-1} ;

H_2 – audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstums perioda beigās, m ;

H_1 – audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstums perioda sākumā, m ;

$a_1; a_2; a_3; a_4$ – koeficienti atkarībā no valdošās koku sugas.

Vienādojuma (1.7. un 1.9.) statistiskie rādītāji aprēķināti atbilstoši 1.11.- 1. 17. vienādojumam.

1.3. Augstuma, caurmēra, šķērslaukuma, koku skaita augšanas gaitas vienādojumu vērtību aprēķināšana un ticamības izvērtējums (1.3.d.uzd.)

Vienādojumu atbilstības izvērtēšanai izmantoti sekojoši statistiskie rādītāji:

- Vidējā novirze (MRES) $MRES = \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)}{n};$ (1.11)
- Vidējā absolūtā novirze (AMRES) $ARMS = \frac{\sum|y_i - \hat{y}_i|}{n};$ (1.12)
- Standartklūda (RMSE) $RMSE = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1-p}};$ (1.13)
- Vidējā kvadrātiskā kļūda (MSE) $MSE = \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p};$ (1.14)
- Modeļa efektivitāte (MEF) $MEF = \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2};$ (1.15)
- Dispersijas attiecība (VR) $VR = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2};$ (1.16)
- Determinācijas indekss (R^2) $R^2 = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}$ (1.17).

Formulās 1.11. – 1.17. izmantotie apzīmējumi:

y_i - uzmērītais rādītājs; \hat{y}_i - aprēķinātais rādītājs; \bar{y} - aritmētiski vidējais uzmērītais rādītājs; $\bar{\hat{y}}$ - aritmētiski vidējais aprēķinātais rādītājs; p – vienādojuma parametru skaits.

1.3.1. Sakarība starp vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu

Materiāls un metodika

Analīzē izmantoti dati par 1292 MSI parauglaukumiem, kuros valdošā koku suga ir priede (539 parauglaukumi), egļe (262), bērzs (331), melnalksnis (55), apse (48) un baltalksnis (57), un kuros valdošās koku sugas I stāva koku skaits ir vismaz 100 koki uz hektāra.

Analīzē pieņem:

- audzes vidējais augstums ir parauglaukuma vidējā kvadrātiskā caurmēram atbilstošā valdošās koku sugas koka augstums;
- audzes virsaugstums ir parauglaukumā esošo 100 uz hektāra pēc krājas lielāko valdošās koku sugas koku aritmētiski vidējais augstums;
- audzes valdaudzes augstums ir aritmētiski vidējais augstums no parauglaukumā esošajiem valdošās koku sugas kokiem, kuru aprēķinātais augstums (pēc R. Ozoliņa augstumlīknes) neatšķiras vairāk nekā par 10% no to vidējās vērtības.

Abiem iepriekšminētajiem vienādojumiem (1.1. un 1.2. vienādojums), balstoties uz lielāku datu apjomu, aprēķinātas jaunas koeficientu vērtības, pie tam šajā gadā 1.2. vienādojumā valdošās koku sugas valdaudzes koku skaits aizstāts ar valdošās koku sugas I stāva koku skaitu. Vienādojumu koeficientu vērtības aproksimētas balstoties uz 2. uzmērīšanas datiem.

Rezultāti

Audzes vidējā augstuma un valdaudzes augstuma aprēķināšanai atkarībā no audzes virsaugstuma vienādojumu koeficienti un lietošanas ierobežojumi

Suga	$Hg=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$					$Hvald=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$				
	a1	a2	a3	Hdom	N	a1	a2	a3	Hdom	N
Priede	1,05843	1,04739	-0,04739	2...40	140...∞	1,26920	0,97014	-0,03142	2...40	100...∞
Egle	1,18403	1,02751	-0,06054	2...40	110...∞	1,32608	0,96484	-0,03539	2...40	100...∞
Bērzs	1,49377	0,97974	-0,07323	2...40	150...∞	1,27145	0,96184	-0,02669	2...40	100...∞
Melnalksnis	1,18919	1,00242	-0,04072	2...40	110...∞	1,30792	0,94105	-0,02062	2...40	100...∞
Apse	1,65007	0,95341	-0,07088	2...40	350...∞	1,24838	0,97277	-0,02757	2...40	100...∞
Baltalksnis	0,93385	1,07758	-0,03920	2...40	200...∞	1,50893	0,92678	-0,03628	2...40	100...∞

Hg - vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošais augstums

Hvald - valdaudzes augstums

Hdom - virsaugstums

N - valdošās koku sugas I stāva koku skaits

a1;a2;a3 - koeficienti

Audzes vidējā augstuma un valdaudzes augstuma aprēķināšanai atkarībā no audzes virsaugstuma vienādojumu statistiskie rādītāji

Suga	Vienādojums	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	N
P	$Hg=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,014	0,609	0,798	0,635	0,015	1,000	0,985	539
	$Hvald=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,008	0,281	0,401	0,160	0,004	0,986	0,996	539
E	$Hg=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,020	0,721	0,902	0,810	0,026	0,984	0,974	262
	$Hvald=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,010	0,434	0,727	0,527	0,018	0,985	0,982	262
B	$Hg=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,025	0,765	0,982	0,961	0,035	0,959	0,965	331
	$Hvald=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,007	0,355	0,487	0,236	0,010	0,984	0,990	331
M	$Hg=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,010	0,618	0,826	0,669	0,042	1,001	0,958	55
	$Hvald=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,006	0,317	0,425	0,178	0,012	0,976	0,988	55
A	$Hg=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,052	0,814	1,030	1,038	0,017	0,944	0,983	48
	$Hvald=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,015	0,410	0,887	0,769	0,014	0,974	0,986	48
Ba	$Hg=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,033	0,766	0,948	0,882	0,062	0,945	0,938	57
	$Hvald=a_1Hdom^{a2}N^{a3}$	0,007	0,348	0,502	0,247	0,021	0,983	0,979	57

MRES - vidējā novirze

AMRES - vidējā absolūtā novirze

RMSE - standartkļūda

MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda

MEF - modeļa efektivitātes indekss

VR - dispersijas attiecība

R - korelācijas koeficients

N - parauglūkumu skaits

1.3.2. Virsaugstuma un vidējā augstuma augšanas gaita

Materiāls un metodika

Analīzē izmantoti dati par 1292 MSI parauglūkumiem, kuros valdošā koku suga ir priede (497 parauglūkumi), egle (234), bērzs (331), melnalksnis (59), apse (49) un baltalksnis (59), un kuros valdošās koku sugas I stāva koku skaits ir vismaz 100 koki uz hektāra.

Analīzē pieņem:

- audzes vidējais augstums ir parauglūkuma vidējā kvadrātiskā caurmēram atbilstošā valdošās koku sugas koka augstums;
- audzes virsaugstums ir parauglūkumā esošo 100 uz hektāra pēc krājas lielāko valdošās koku sugas koku aritmētiski vidējais augstums;
- audzes valdaudzes augstums ir aritmētiski vidējais augstums no parauglūkumā esošajiem valdošās koku sugas kokiem, kuru aprēķinātais augstums (pēc R. Ozoliņa augstumlīknes) neatšķiras vairāk nekā par 10% no to vidējās vērtības.

Virsaugstuma vērtības aprēķinātas 2 variantos – pēc Petersona augstumlīknes katram konkrētajam parauglaukumam specifiskiem parametriem un vispārinātā sakarība (1.1. vienādojums).

Rezultāti

Vidēja kvadrātiskā, valdaudzes koku, virsaugstuma koku augstuma pieaugumi 5 gadu laikā pēc MSI datiem atspoguļoti 1.3.3. attēlā.-1.3.5.attēlos. Aproximētās 1.3. vienādojuma koeficienti un vienādojumu statistiskie rādītāji atspoguļoti 1.3.4. tabulā.

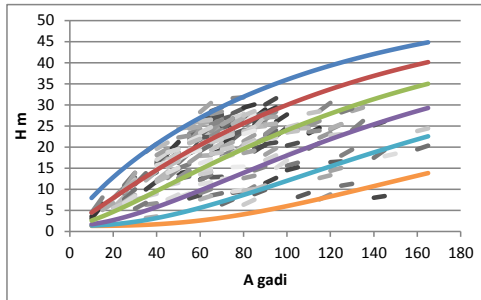
1.3.4.tabula

Pēc MSI datiem apmēroto vienādojumu koeficienti un statistiskie rādītāji (1.3 formula)

	Suga	Koeficienti			Vienādojuma statistiskie rādītāji								
		b1	b2	b3	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R ²	R ² adj	N
H _{lg}	Priede	0,009	-33,415	138,152	0,008	0,562	0,696	0,484	0,011	0,993	0,989	0,989	497
	Egle	0,023	-52,243	193,546	0,043	0,668	0,844	0,709	0,020	1,005	0,980	0,980	234
	Bērzs	0,027	-12,365	50,896	0,032	0,855	1,035	1,068	0,030	0,995	0,970	0,970	331
	Melnalksnis	0,020	-78,247	292,836	-0,010	0,701	0,889	0,776	0,045	0,976	0,955	0,954	59
	Apse	0,041	-30,924	122,539	0,048	0,745	0,969	0,919	0,013	1,001	0,987	0,987	49
	Baltalksnis	0,067	-201,641	654,491	0,026	0,808	1,028	1,039	0,054	0,953	0,946	0,945	59
H _{vaid}	Priede	0,009	-32,658	133,153	0,000	0,542	0,671	0,449	0,011	0,991	0,989	0,989	497
	Egle	0,025	-81,021	296,970	0,018	0,681	0,861	0,739	0,021	1,001	0,979	0,979	233
	Bērzs	0,030	-15,157	60,947	0,035	0,883	1,076	1,154	0,033	0,993	0,967	0,967	328
	Melnalksnis	0,021	-37,383	140,193	0,004	0,679	0,862	0,730	0,046	0,974	0,954	0,953	59
	Apse	0,050	-296,417	1092,582	0,035	0,801	1,046	1,070	0,015	1,006	0,985	0,984	49
	Baltalksnis	0,062	-259,104	843,020	0,002	0,741	0,946	0,880	0,053	0,945	0,947	0,946	59
H _{dom}	Priede	0,009	-30,899	127,285	0,015	0,573	0,712	0,506	0,011	0,992	0,989	0,989	494
	Egle	0,028	-62,594	231,399	0,022	0,740	0,937	0,874	0,024	0,996	0,976	0,976	232
	Bērzs	0,032	-16,914	68,347	0,037	0,950	1,157	1,334	0,035	0,991	0,965	0,965	326
	Melnalksnis	0,021	-22,128	86,267	0,020	0,752	0,957	0,900	0,048	0,974	0,952	0,951	59
	Apse	0,050	-80,912	308,843	0,062	0,882	1,131	1,251	0,018	1,001	0,982	0,982	49
	Baltalksnis	0,065	-322,461	1065,357	0,008	0,796	1,022	1,026	0,051	0,947	0,949	0,948	58

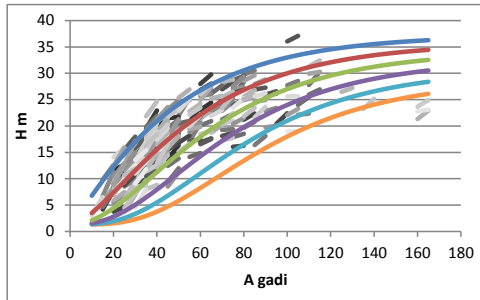
MRES - vidējā novirze, AMRES - vidējā absolūtā novirze, RMSE – standartkļūda. MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda. MEF - modeļa efektivitātes indekss, VR - dispersijas attiecība, R² - determinācijas indekss, N - parauglaukumu skaits

Priede



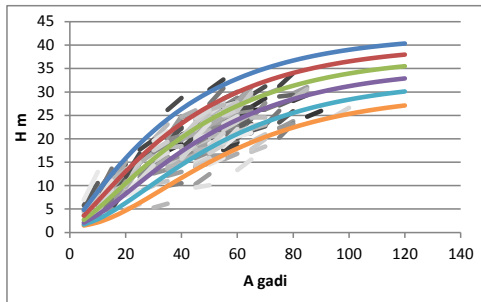
H100 6 12 18 24 30 36

Egle



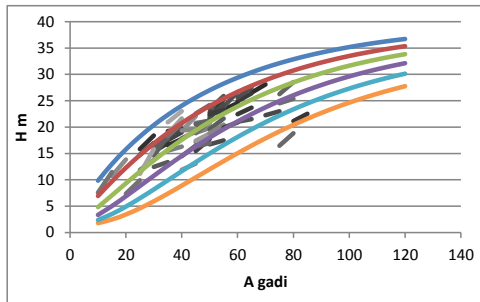
H100 18 21 24 27 30 33

Bērzs



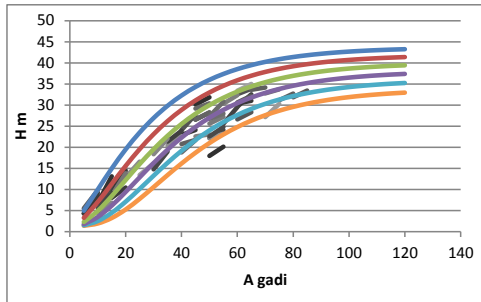
H50 15 18 21 24 27 30

Melnalksnis



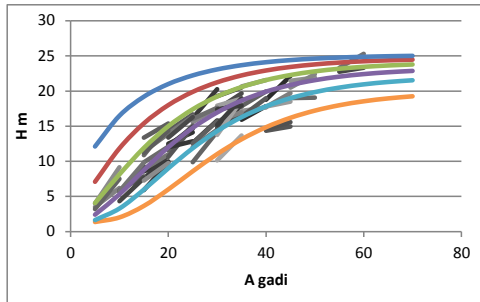
H50 12 15 18 21 24 27

Apse



H50 21 24 27 30 33 36

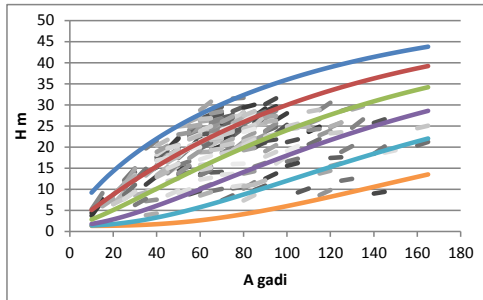
Baltalksnis



H20 6 9 12 15 18 21

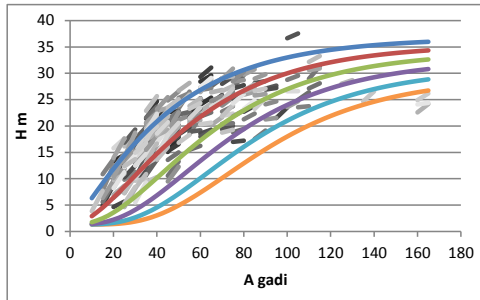
1.3.3. attēls. Aproximētais audzes valdošās koku sugas vidējais augstums un tā pieaugums H100, H50, H20 – attiecīgais vidējais augstums bāzes vecumā 100, 50 vai 20 gadi.

Priede



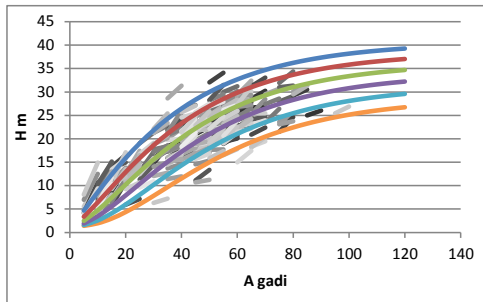
H100 6 12 18 24 30 36

Egle



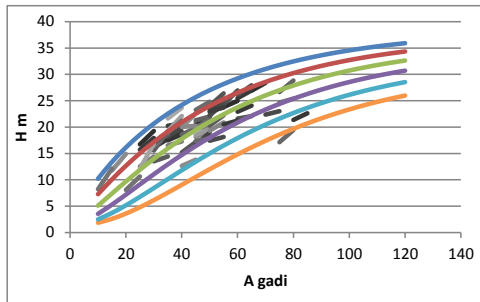
H100 18 21 24 27 30 33

Bērzs



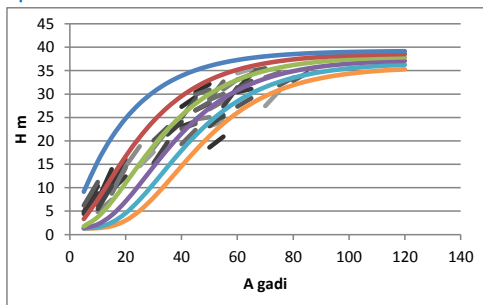
H50 15 18 21 24 27 30

Melnalksnis



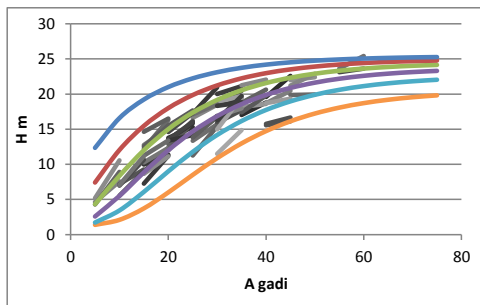
H50 12 15 18 21 24 27

Apse



H50 21 24 27 30 33 36

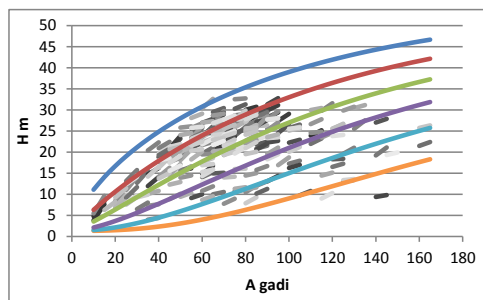
Baltalksnis



H20 6 9 12 15 18 21

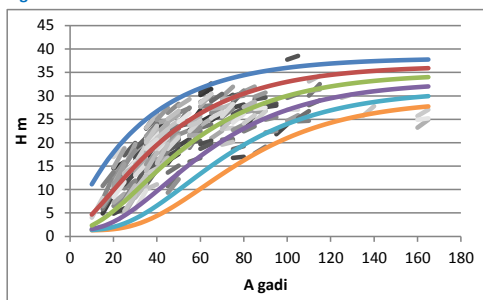
1.3.4. attēls. Aproximētais audzes valdošās koku sugas valdaudzes augstums un tā pieaugums H100, H50, H20 – attiecīgais vidējais augstums bāzes vecumā 100, 50 vai 20 gadi.

Priede



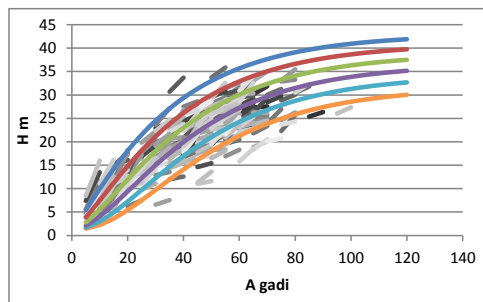
H100 9 15 21 27 33 39

Egle



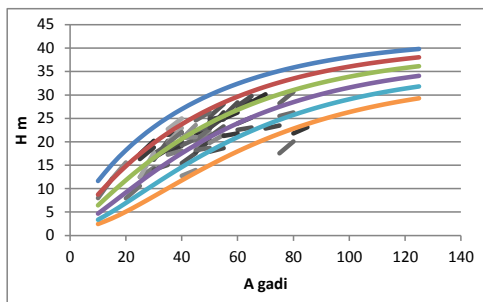
H100 21 24 27 30 33 36

Bērzs



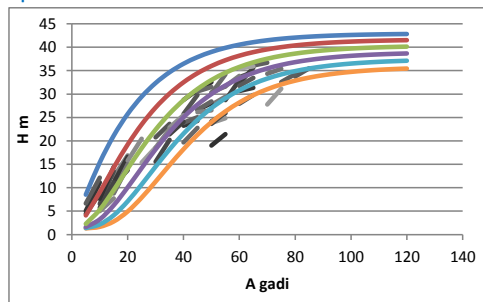
H50 18 21 24 27 30 33

Melnalksnis



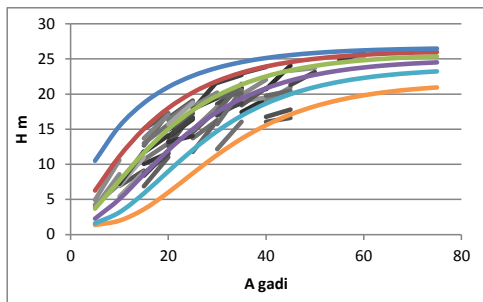
H50 15 18 21 24 27 30

Apse



H50 24 27 30 33 36 39

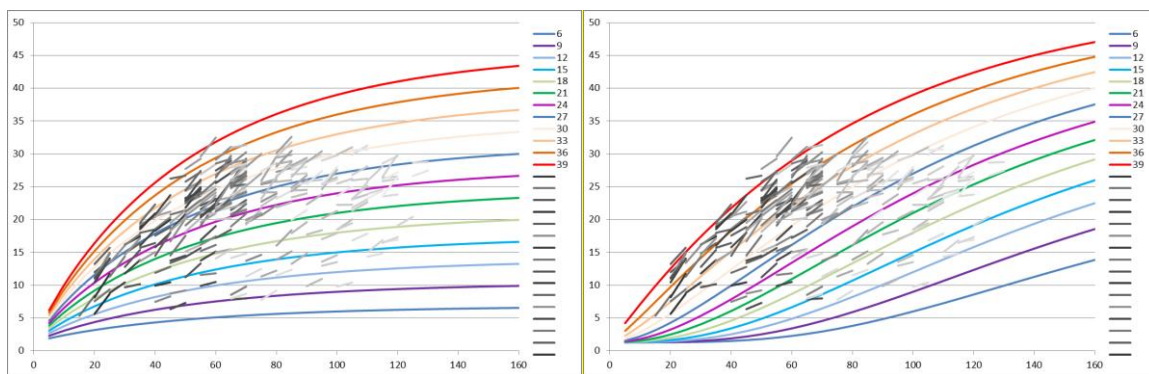
Baltalksnis



H20 6 9 12 15 18 21

1.3.5. attēls. Aproximētais audzes valdošās koku sugas virsaugstums un tā pieaugums. H100, H50, H20 – attiecīgais vidējais augstums bāzes vecumā 100, 50 vai 20 gadi.

Vispārārtzīts fakts, ka pēc relatīvi īsa laika pārmērītajiem laukumiem, ir konstatējama augsta „kļūdas – signāla” attiecība, tādēļ, pagaidām, priedei iesakām, izmantot pēc J. Matuzāņa izstrādātajiem vienādojumiem (1988) aproksimētos koeficientus, jo pēdējie uzskatāmi par konservatīvākiem un vismaz pagaidām izmantojami modelēšanā, kamēr papildinot MSI datus nebūs iegūtas precizētās koeficientu vērtības.



a) 1.3.6.attēls. Paraugkopas priežu parauglaukumu virsaugstuma Z_h atkarībā no s_{10} ; A s_{10} un bonitātes a) aproksimētais Matuzāņa (1988) virsaugstuma bonitāšu skala. b) pēc MSI datiem aprēķinātā.

1.3.5. tabula

Aproksimētās koeficientu vērtības (1.3. vienādojums)

Suga	Avots	Koeficienti			Ierobežojumi		Vienādojumu statistiskie rādītāji							
		b1	b2	b3	Bonitāte	Vecums	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R ²	N
P	Matuzānis, 1988	0.018	0.9	0	la...V	20...160	0.689	0.837	1.082	1.166	0.032	0.997	0.98	251
E	Matuzānis, 1988	0.018	0.953	0	la...V	20...120	0.69	1.008	1.291	1.652	0.044	1.102	0.97	118
B	Matuzānis, 1988	0.047	1.665	0.019	la...V	20...100	0.709	1.21	1.532	2.331	0.086	0.873	0.93	143
A	Matuzānis, 1988	0.026	0.985	0.021	la...V	20...100								
Ba	Daugavietis et al., 2011	0.041	0.222	3.346	la...V	5...40								

MRES - vidējā novirze, AMRES - vidējā absolūtā novirze, RMSE – standartkļūda. MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda. MEF - modeļa efektivitātes indekss, VR - dispersijas attiecība, R² - determinācijas indekss, N - parauglaukumu skaits

1.3.3. Caurmēra augšanas gaita

Materiāls un metodika

Datu analīzē izmanto datus par 1376 MSI 2009.-2011. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

parauglaukumā valdošā koku suga ir priežu (556 parauglaukumi), egle (266), bērzs (365), melnalksnis (61), apse (61) un baltalksnis (67);

parauglaukumā nav konstatēta koku ciršana;

parauglaukumā nav konstatēta koku masveida bojāeja dabisko traucējumu rezultātā (atmirums ≤20%);

I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. uzmērīšanas reizē ir vismaz 100 koki uz hektāra;

I stāva valdošās koku sugas īpatsvars ir vismaz 5 sastāva vienības;

I stāva valdošās koku sugas vidējais kvadrātiskais caurmērs 2. uzmērīšanas ciklā lielāks nekā

1. uzmērīšanas ciklā;

audzes vecums 1. uzmērīšanas reizē skuju kokiem ≥10 gadi, lapu kokiem ≥5 gadi.

Caurmēra augšanas gaitas aproksimācija veikta programmā SPSS 14.0 for Windows.

Caurmēra augšanas gaita aproksimēta pēc:

1) MSI pārmērījumu datiem kā otrā un pirmā cikla mērījumos pirmā stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā koku caurmēru starpība;

2) Pēc MSI parauglaukumos urbtu koku, kuru caurmērs $0.8 < D_g < 1.2$, radiālo pieaugumu mērījumiem

Rezultāti

Pēc MSI pārmērījumu datiem aproksimētie caurmēru pieaugumi

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra augšanas gaitas modelim (1.4.x vienādojums) aproksimētas koeficientu vērtības un aprēķināti vienādojuma statistiskie rādītāji (1.3.6.tabula). uzņēmīto un aprēķināto vērtību sakarības atspoguļotas 1.3.7.attēlā.

1.3.6.tabula

Vienādojuma 1.4 koeficienti, ierobežojumi un statistiskie rādītāji no MSI pārmērījumu datiem

Suga	Koeficienti			Ierobežojumi		Vienādojuma statistiskie rādītāji								
	b1	b2	b3	D	A	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R ²	N
P	0,0116363	-0,6388998	7,5118413	2,1...54	11...160	0,01	0,50	0,68	0,46	0,006	0,994	0,997	0,994	556
E	0,0154518	-14,1838856	62,5941901	2,1...52	11...160	0,04	0,77	1,04	1,08	0,018	0,999	0,991	0,982	266
B	0,0274298	0,8083998	2,9703862	2,1...48	5...100	0,03	0,69	0,95	0,90	0,016	0,977	0,992	0,984	365
M	0,0000002	0,6314793	1,7887506	6,1...38	5...80	-0,03	0,54	0,73	0,52	0,014	0,995	0,993	0,986	61
A	0,0226657	-1,2664396	11,7793942	2,1...58	5...80	-0,01	0,91	1,23	1,50	0,008	0,987	0,996	0,992	61
Ba	0,0483951	-6,5321684	25,5518945	2,1...30	5...60	0,07	0,75	1,00	0,98	0,042	0,937	0,979	0,958	67

MRES - vidējā novirze

AMRES - vidējā absolūtā novirze

RMSE - standartkļūda

MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda

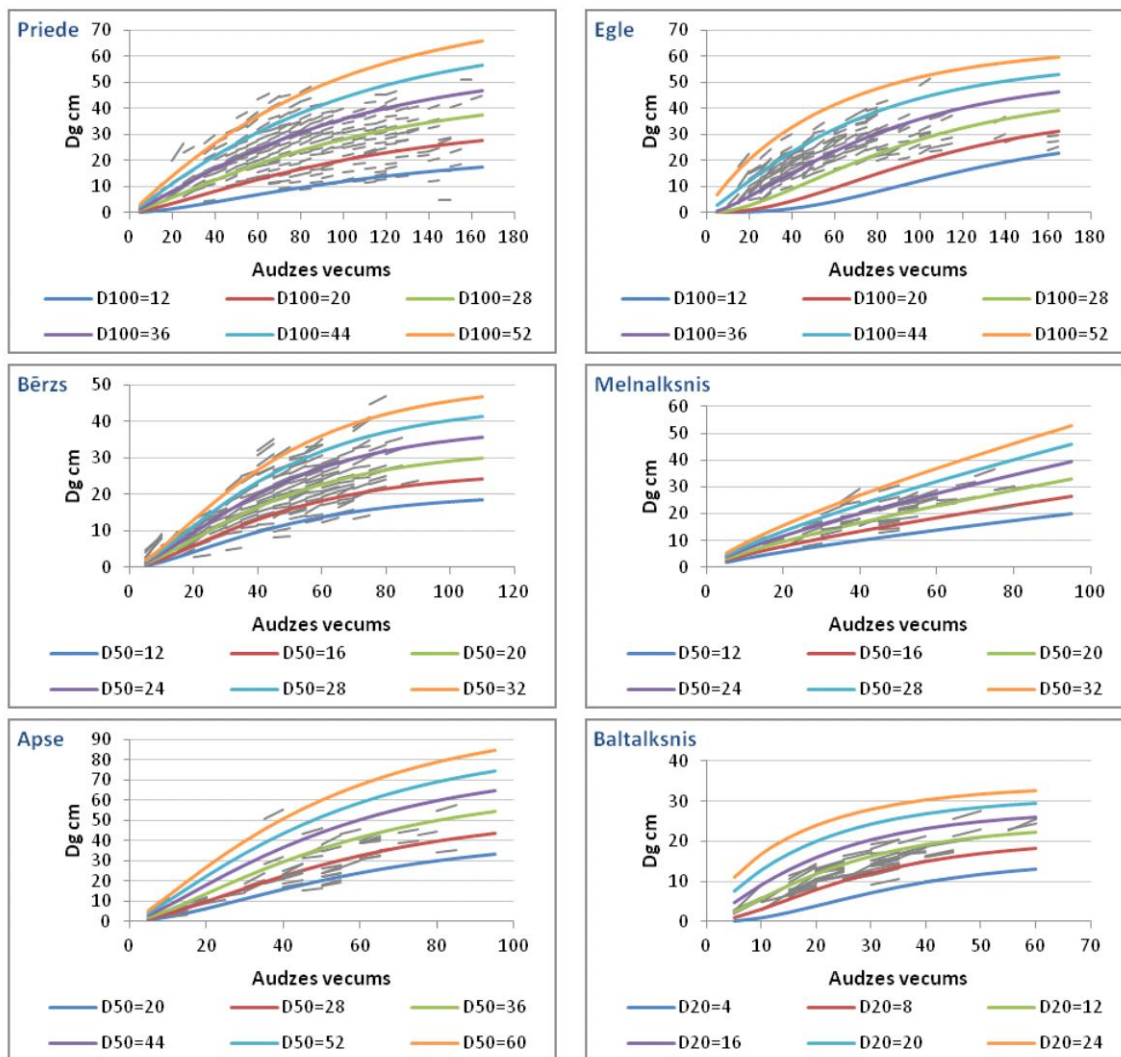
MEF - modeļa efektivitātes indekss

VR - dispersijas attiecība

R - korelācijas koeficients

R² - determinācijas indekss

N - parauglaikumu skaits



1.3.7. attēls. Aproximētais(1.4. vienādojums) un uzmērītais I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pieaugums atkarībā no audzes vecuma (pēc MSI pārņēmījumu datiem).

Pēc radiālo urbumu skaidu datiem aproksimētie caurmēra pieaugumi

1.3.7.tabula

Vienādojuma 1.4 koeficienti, ierobežojumi un statistiskie rādītāji no MSI gadskārtu platuma mērījumiem

Suga	Koeficienti			Ierobežojumi		Vienādojuma statistiskie rādītāji								
	b1	b2	b3	D	A	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R ²	N
P	0,00318	-2,28908	13,28906	2,1...54	11...160	0,00	0,49	0,65	0,42	0,007	0,994	0,996	0,993	1347
E	0,00129	-130,92538	700,67762	2,1...52	11...160	0,00	0,67	0,86	0,73	0,014	0,986	0,993	0,986	454
B	0,01289	-0,98091	7,17980	2,1...48	5...100	0,00	0,58	0,77	0,60	0,014	0,985	0,993	0,986	722
M	0,00270	-4,55811	22,47509	6,1...38	5...80	0,00	0,56	0,70	0,49	0,014	0,986	0,993	0,986	251
A	0,02119	-4,98089	25,37187	2,1...58	5...80	-0,01	0,79	1,01	1,01	0,011	0,981	0,994	0,989	166
Ba	0,02740	-10,05931	36,33538	2,1...30	5...60	0,01	0,72	0,90	0,81	0,063	0,931	0,968	0,937	179

MRES - vidējā novirze

AMRES - vidējā absolūtā novirze

RMSE - standartklūda

MSE - vidējā kvadrātiskā klūda

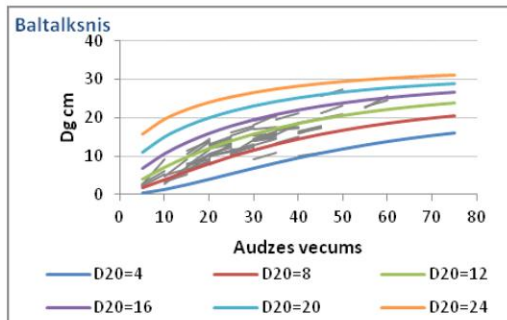
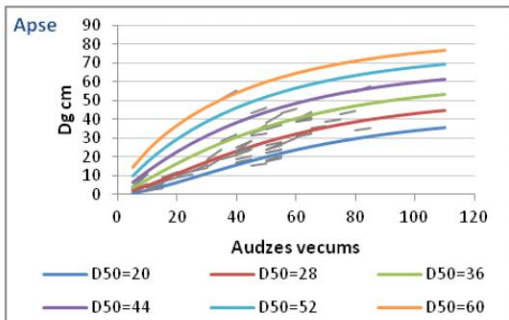
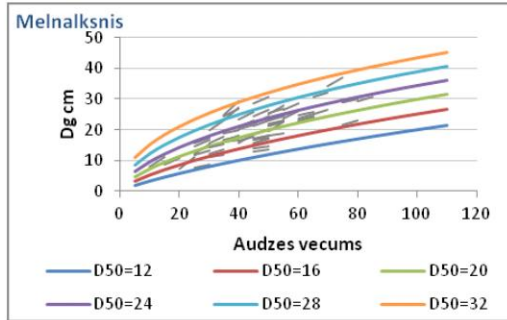
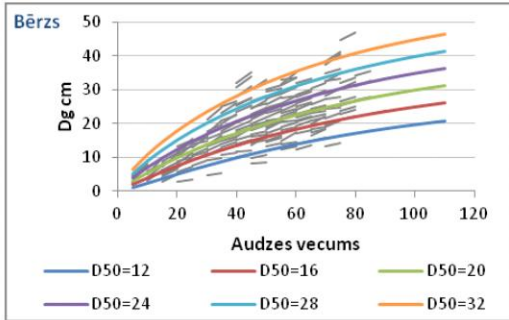
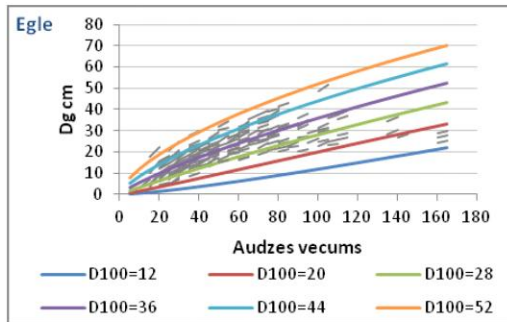
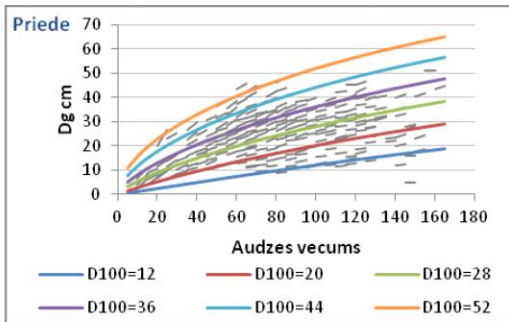
MEF - modeļa efektivitātes indekss

VR - dispersijas attiecība

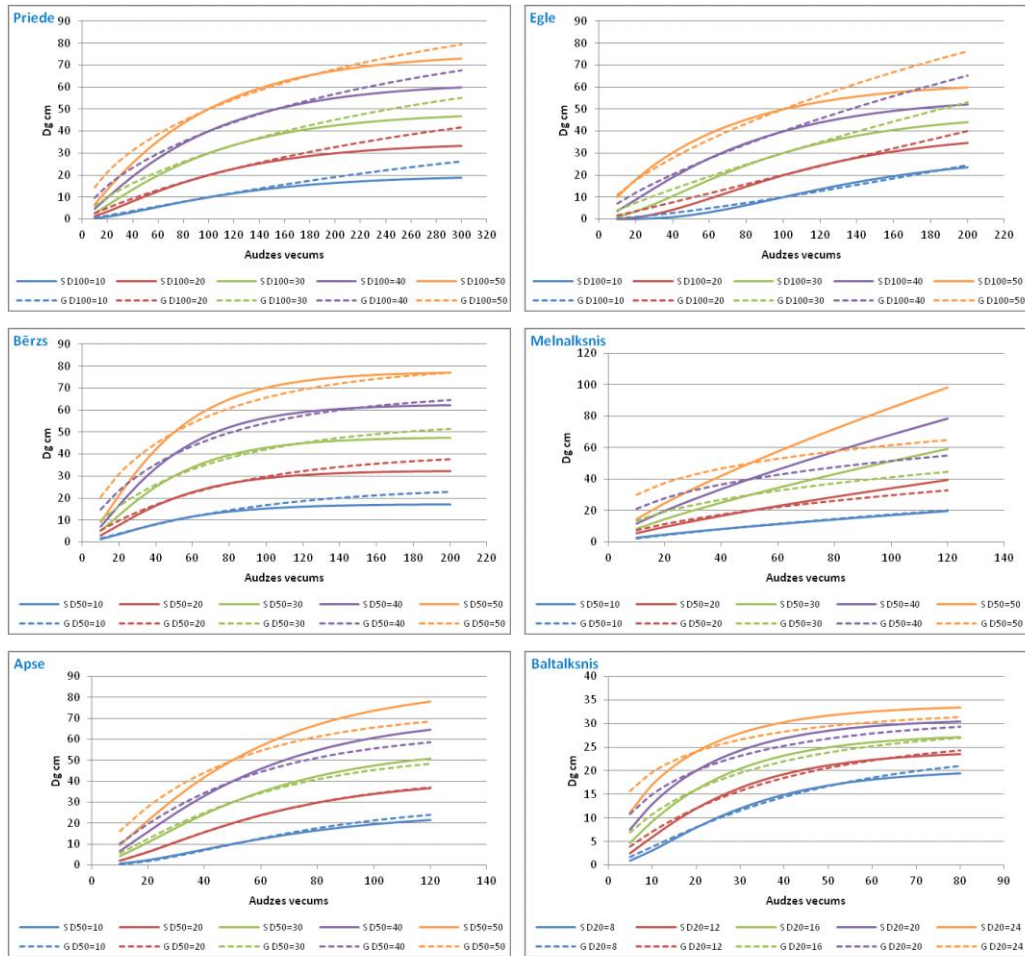
R - korelācijas koeficients

R² - determinācijas indekss

N - parauglaukumu skaits



1.3.8. attēls. Aproximētais(1.4. vienādojums) un uzmērītais I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pieaugums atkarībā no audzes vecuma (pēc MSI urbumu skaidu datiem).



1.3.9. attēls. Aproximēto (1.4. vienādojums) I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pieaugums atkarībā no audzes vecuma pēc MSI pārmērījumu datiem (S) (nepārtraukta līnija) un urbumu skaidu mērījumiem (G) (pārtraukta līnija).

Mistrotu un saliktu audžu caurmēra pieauguma aproksimācija

1.5. vienādojums teorētiski ļauj prognozēt konkrētā meža elementa diametra 5 gadu pieaugumu (ar mizu) atkarībā no audzes šķērslaukuma, piemistrotumā esošo meža elementu, kuru caurmērs vidējais augstums ir lielāks par aprēķināmās sugas augstumu, ņem vērā meža elementa vidējo caurmēru un bonitāti.

1.5. vienādojumu vērtības atspoguļotas 1.3.8.tabulā.

1.3.8.tabula.

1.5. vienādojuma koeficientu vērtības un to būtiskums dažādām koku sugām*

	c1	c2	BAL_citi	BAL_+E	ln(Gkop)	d^0.5	d^2	Bon	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R^2	R^2adj	N	R
Suga	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8										
P	1.6880	0	-0.0308	-0.0034	-0.3521	0.0635	-0.0002	-0.2503	0.199	0.543	0.865	0.748	0.816	0.197	0.184	0.183	689	0.427
E	2.0351	0	0.0021	0.0000	-0.3932	-0.0332	0.0001	-0.1192	0.219	0.712	0.981	0.960	0.759	0.247	0.241	0.239	587	0.489
B	2.0646	0	-0.0160	-0.0103	-0.4384	-0.0156	0.0002	-0.2261	0.247	0.663	0.999	0.996	0.810	0.245	0.190	0.189	745	0.435
M	1.5537	0	-0.0142	0.0012	-0.3696	0.0518	0.0001	-0.1203	0.246	0.677	0.983	0.961	0.842	0.173	0.158	0.154	193	0.392
A	1.2219	0	-0.0085	-0.0043	-0.4245	0.3159	-0.0004	-0.0727	0.376	1.212	1.651	2.709	0.899	0.166	0.101	0.096	167	0.31
Ba	1.7202	0	-0.0220	-0.0085	-0.1902	-0.2546	0.0008	0.0432	0.242	0.606	0.814	0.657	0.809	0.261	0.191	0.184	126	0.429
E 2st	2.39854	0	0.01078	-0.02735	-0.87096	0.2325	-0.00036	-0.0705	0.195	0.539	0.772	0.594	0.741	0.341	0.259	0.258	494	0.508
P (vald)	1.36408	0	-0.01449	-0.00106	-0.31283	0.09065	-0.00024	-0.23478	0.155	0.458	0.678	0.459	0.763	0.247	0.237	0.235	497	0.485
E (vald)	2.30766	0	-0.00676	0	-0.38058	-0.12947	0.00037	-0.11951	0.145	0.612	0.842	0.706	0.588	0.475	0.412	0.409	234	0.64
B (vald)	2.29158	0	-0.02391	0.02518	-0.36743	-0.1621	0.00047	-0.20376	0.157	0.543	0.768	0.588	0.698	0.318	0.302	0.3	327	0.548
M (vald)	1.56768	0	-0.00262	0.01502	-0.12655	-0.12819	0.00056	-0.28625	0.172	0.596	0.861	0.728	0.802	0.163	0.198	0.184	58	0.429
A (vald)	1.46528	0	-0.02995	0.06361	-0.57234	0.32687	-0.00037	0.0444	0.19	0.812	1.305	1.668	0.709	0.429	0.291	0.276	50	0.526
Ba (vald)	1.43573	0	-0.03225	0.02715	-0.31483	0.02204	-0.00022	0.01646	0.161	0.557	0.764	0.572	0.605	0.336	0.395	0.384	55	0.619

* (vald) nozīmē, ka aprēķins veikts valdošajai sugai.

Izmantotais vienādojums ļauj izskaidrot 10- 40% no kopējās datu izkliedes, taču, iespējams, papildinot ar jauniem datiem nākamajos periodos, vienādojumu noteiktība varētu uzlaboties.

1.3.4. Kokaudzes koku skaita izmaiņas

Materiāls un metodika

Pieņemts, ka koku skaita samazināšanās ir proporcionāla vecuma eksponenciālajai funkcijai.

Datu analīzē (1.6. un 1.7. formula) izmanto datus par MSI 2009., 2010. un 2011. gadā atkārtoti uzņēmētajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

- parauglaukumā valdošā koku suga ir priede, egļe vai bērzs, apse, melnalksnis vai baltalksnis;
- parauglaukumā nav konstatēta koku ciršana;
- parauglaukumā nav konstatēta koku masveida bojāeja dabisko traucējumu rezultātā (atmirums $\leq 20\%$);
- audzes vecums 1. uzņēmēšanas reizē ir vairāk nekā 10 gadi.

Lai izvairītos no koku skaita izmaiņas kļūdām, kas MSI metodikas dēļ rodas kokiem ieaugoties (pārsniedzot 2.0cm krūšaugstuma caurmēru) vai pārejot uz citu reprezentācijas klasi (pārsniedzot 6.0cm un 14.0cm krūšaugstuma caurmēru), analīzē izmanto tikai tos kokus, kas konstatēti 2004., 2005., vai 2006. gada uzņēmēšanā, un to reprezentācijas klases nemaina.

Datu analīzē izmanto datus par 1266 MSI 2009.-2011. gadā atkārtoti uzņēmētajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

- parauglaukumā valdošā koku suga ir priede (502 parauglaukumi), egļe (237), bērzs (349), melnalksnis (60), apse (55) un baltalksnis (63);
- parauglaukumā nav konstatēta koku ciršana;
- parauglaukumā nav konstatēta koku masveida bojāeja dabisko traucējumu rezultātā (atmirums $\leq 20\%$);
- audzes vecums 1. uzņēmēšanas reizē ir vairāk nekā 10 gadi.

Lai izvairītos no koku skaita izmaiņas kļūdām, kas MSI metodikas dēļ rodas kokiem ieaugoties (pārsniedzot 2.0cm krūšaugstuma caurmēru) vai pārejot uz citu reprezentācijas klasi (pārsniedzot 6.0cm un 14.0cm krūšaugstuma caurmēru), analīzē izmanto tikai tos kokus, kas konstatēti 2004. gada uzņēmēšanā, un to reprezentācijas klases nemaina.

Analīzē pašizretināšanās lielums modelēts I stāva kokiem programmā SPSS 14.0 for Windows izmantojot vienādojumu 1.6..

Rezultāti

Vienādojumam (1.6. formula) aproksimētas jaunas koeficientu vērtības (1.3.9. tabula), lai varētu aprēķināt koku skaita izmaiņas I stāva valdošajai koku sugai, I stāvam un audzei (visos variantos vienādojumā izmantots valdošās koku sugas vecums).

Vienādojuma koeficientu vērtības un statistiskie rādītāji

N	Suga	Koeficienti				Ierobežojumi			Vienādojuma statistiskie rādītāji								
		a	b	c	d	A1	N1	SI	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R ²	R ² adj	N
S10	P	0,0001742	0,7390406	21,7041397	-0,0000321	11...160	100...∞	6...40	-9	28	64	4115	0,019	1,017	0,981	0,981	502
	E	0,0004197	0,0949652	-4,7621665	0,0010906	11...160	100...∞	18...40	-6	26	48	2292	0,008	0,981	0,992	0,992	237
	B	-1,4299239	0,0000008	-0,0000088	2,3206483	11...100	100...∞	12...36	-5	39	97	9394	0,017	0,972	0,983	0,983	349
	M	0,0000883	0,1848249	7,6683557	-0,0000345	11...100	100...∞	12...33	-9	27	47	2168	0,011	1,005	0,989	0,989	60
	A	-1,8782520	0,7842258	-22,7872903	0,0000004	11...100	100...∞	15...36	-16	28	64	4041	0,001	1,014	0,999	0,999	55
	Ba	-1,2542347	0,0000015	-0,0000059	3,0206912	11...60	100...∞	6...21	-4	87	141	19516	0,020	0,944	0,980	0,979	63
1st	P	0,0001659	-0,0000351	0,0001759	1,0177236	11...160	100...∞	6...40	9	120	190	35957	0,040	0,987	0,960	0,960	502
	E	0,0000927	0,8664832	-14,1756201	-0,0001888	11...160	100...∞	18...40	-29	192	323	103826	0,059	1,008	0,941	0,941	237
	B	0,0001318	0,4239790	23,5590225	-0,0000757	11...100	100...∞	12...36	-34	230	428	182615	0,087	1,067	0,913	0,913	349
	M	-0,0005356	-0,0149214	0,1542222	-0,0728263	11...100	100...∞	12...33	-15	144	252	62498	0,042	0,938	0,958	0,957	60
	A	0,0000391	0,7687786	8,8968436	-0,0000140	11...100	100...∞	15...36	-124	285	480	226294	0,052	1,055	0,948	0,947	55
	Ba	1,0004075	0,9267324	0,6228879	-11,7944949	11...60	100...∞	6...21	-447	448	731	525208	0,352	1,733	0,648	0,642	60
Kopā	P	0,0005991	0,5832480	36,3761103	-0,0000780	11...160	100...∞	6...40	-11	31	66	4389	0,019	1,019	0,981	0,981	502
	E	0,0001827	-0,7270757	7,7479878	0,0001462	11...160	100...∞	18...40	4	52	92	8458	0,013	0,992	0,987	0,987	237
	B	0,0001355	0,9595911	20,4756632	-0,0000220	11...100	100...∞	12...36	-8	60	134	17995	0,024	1,022	0,976	0,976	349
	M	0,3061381	2,5190723	88,5452366	-0,0821865	11...100	100...∞	12...33	-20	39	61	3638	0,008	0,965	0,992	0,992	60
	A	-0,0000073	1,2123005	26,9136743	0,0000007	11...100	100...∞	15...36	-14	97	213	44660	0,016	1,066	0,984	0,984	55
	Ba	-1,5502284	0,0000001	-0,0000004	3,3932746	11...60	100...∞	6...21	-21	96	152	22659	0,021	0,983	0,979	0,979	63

MRES - vidējā novirze

AMRES - vidējā absolūtā novirze

RMSE - standartkļūda

MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda

MEF - modeļa efektivitātes indekss

VR - dispersijas attiecība

R² - determinācijas indekssR²adj - koriģētais determinācijas indekss

N - parauglūkumu skaits

1.3.5. Šķērslaukuma augšanas gaita

Materiāls un metodika

Datu analīzē izmanto datus par 985 MSI 2009.-2011. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglūkumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

- parauglūkumā valdošā koku suga ir priede (396 parauglūkumi), egļe (187), bērzs (265), melnalksnis (50), apse (38) un baltalksnis (49);
- parauglūkumā nav konstatēta koku ciršana;
- parauglūkumā nav konstatēta koku masveida bojāeja dabisko traucējumu rezultātā (atmirums ≤20%);
- I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. uzmērīšanas reizē ir vismaz 100 koki uz hektāra;
- I stāva valdošās koku sugas īpatsvars ir vismaz 5 sastāva vienības;
- audzes šķērslaukums 2. uzmērīšanas ciklā lielāks nekā 1. uzmērīšanas ciklā;
- audzes vecums 1. uzmērīšanas reizē skuju kokiem ≥10 gadi, lapu kokiem ≥5 gadi.

Rezultāti

Pēc 1.7. sakarības aprēķinātās sakarības aproksimētas izmantojot iepriekšējā gadā aprēķinātās vienādojumu koeficientu vērtības. Iegūtie rezultāti atspoguļoti 1.3.10. tabulā. Determinācijas indekss ir no 0.3 egļei līdz 0.5 priedei. Dati uz kuriem šie vienādojumi izstrādāti jāva prognozēt ar determinācijas indeksu egļei 0.23 un 0.58.

1.3.10. tabula

Formulas 1.7. 2011.g. aprēķināto koeficientu rezultātu uz neatkarīgu datu kopu (2011.g.) dati

1.cikl. gads	Suga	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R ²	N
Visi	P	-0,096	0,406	0,593	0,351	0,494	0,560	0,506	575
	E	0,129	0,380	0,523	0,273	0,697	0,310	0,303	289
	B	0,224	0,482	0,606	0,367	0,638	0,413	0,362	372
2006	P	-0,005	0,375	0,516	0,265	0,415	0,665	0,585	278
	E	0,171	0,419	0,605	0,363	0,769	0,263	0,231	132
	B	0,268	0,512	0,631	0,395	0,691	0,388	0,309	173

MRES - vidējā novirze

AMRES - vidējā absolūtā novirze

RMSE - standartkļūda

MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda

MEF - modeļa efektivitātes indekss

VR - dispersijas attiecība

R - korelācijas koeficients

N - parauglaikumu skaits

Balstoties uz papildinātajiem datiem aprēķinātas jaunās koeficientu vērtības (1.3.11.tabula).

1.3.11.tabula

Formulas 1.7. koeficientu vērtības balstoties uz 2005.-2006.g. (2010.,2011.g.)

Suga	Radītājs	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10
		Intercept	Ln H100	1/Hdom	1/Hdom **2	Ln Dg	Dg **2	1/Dg+0,1	Ln cr	RDF	Thin
Priede	Vērtība	-3,27774	1,29523	7,99052	-9,77325	1,15039	-0,00018	-1,21487	1,00517	-0,32535	0,61492
	Min $\alpha=0,05$	-7,97526	1,00648	-3,75873	-37,32318	-0,05722	-0,00066	-13,93308	0,11142	-0,58966	0,46723
	Max $\alpha=0,05$	1,41978	1,58398	19,73978	17,77667	2,35800	0,00030	11,50334	1,89892	-0,06104	0,76261
	p-vērtība	0,171	0,000	0,182	0,486	0,062	0,453	0,851	0,028	0,016	0,000
Egle	Vērtība	0,71563	0,55518	24,91040	-28,74768	0,32964	0,00055	-14,04457	0,83793	0,00057	0,41132
	Min $\alpha=0,05$	-5,65352	0,27106	6,20475	-94,54503	-1,28913	-0,00012	-29,06552	-0,39122	-0,35163	0,23612
	Max $\alpha=0,05$	7,08478	0,83930	43,61605	37,04967	1,94841	0,00123	0,97637	2,06708	0,35277	0,58652
	p-vērtība	0,825	0,000	0,009	0,390	0,689	0,107	0,067	0,181	0,997	0,000
Bērzs	Vērtība	-1,64317	1,43051	14,89042	10,29825	0,54825	0,00047	-10,26663	1,20213	-0,46119	0,50809
	Min $\alpha=0,05$	-7,39381	0,98457	-11,19908	-84,62104	-0,65329	-0,00016	-19,56637	-0,02958	-0,73454	0,29759
	Max $\alpha=0,05$	4,10748	1,87645	40,97992	105,21753	1,74980	0,00110	-0,96690	2,43385	-0,18784	0,71859
	p-vērtība	0,575	0,000	0,262	0,831	0,370	0,145	0,031	0,056	0,001	0,000
Meinalksnis	Vērtība	-3,30323	0,94984	-16,28525	133,94809	2,04918	-0,00059	7,13240	2,10563	-0,04577	0,38146
	Min $\alpha=0,05$	-32,23732	-0,51949	-94,90738	-226,56243	-6,29913	-0,00468	-92,64764	-2,10089	-0,99920	-0,18466
	Max $\alpha=0,05$	25,63086	2,41918	62,33687	494,45860	10,39750	0,00350	106,91244	6,31215	0,90766	0,94757
	p-vērtība	0,820	0,201	0,680	0,460	0,625	0,773	0,887	0,320	0,924	0,182
Ape	Vērtība	3,85692	-0,08645	-37,04214	210,17972	1,39202	-0,00041	1,95509	2,21089	-0,51749	0,21556
	Min $\alpha=0,05$	-11,29631	-1,46374	-140,89707	-281,19331	-1,09636	-0,00115	-17,04128	-0,19303	-1,07785	-0,25642
	Max $\alpha=0,05$	19,01014	1,29085	66,81278	701,55276	3,88039	0,00033	20,95146	4,61480	0,04288	0,68754
	p-vērtība	0,611	0,900	0,477	0,394	0,266	0,273	0,837	0,071	0,070	0,363
Baltalksnis	Vērtība	10,31148	0,80586	-18,80702	100,05205	-2,37354	0,00383	-16,20381	1,86469	-0,19350	0,38504
	Min $\alpha=0,05$	-6,51976	-0,25332	-73,91466	-114,49861	-7,23977	-0,00152	-49,40572	-0,45350	-1,00159	-0,18446
	Max $\alpha=0,05$	27,14273	1,86503	36,30062	314,60272	2,49268	0,00918	16,99811	4,18288	0,61458	0,95454
	p-vērtība	0,225	0,133	0,498	0,355	0,334	0,157	0,333	0,113	0,634	0,182

Arī šajā gadā faktiski nevienai no sugām nav būtiski visi parametri, kas liek domāt, par 1.7.formulas izmantošanas lietderību.

Šķērslaukumu atšķirības pēc pārmērījumu datiem pēc 1.9. formulas, kas balstīta uz koku skaita, augstuma izmaiņām un sākotnējā koku šķērslaukuma, aproksimētas jaunas koeficientu vērtības (1.3.12. tabula), lai varētu aprēķināt šķērslaukuma izmaiņas I stāva valdošajai koku sugai, I stāvam un audzei (visos variantos vienādojumā izmantots valdošās koku sugas vecums).

Vienādojumi aproksimēti 3 variantos: par pamatu ņemot valdošās sugas šķērslaukumu, I stāvā šķērslaukumu un kopējo šķērslaukumu

Vienādojuma d.1. koeficienti, ierobežojumi un statistiskie rādītāji

G	Suga	Koeficienti			Vienādojuma statistiskie rādītāji								
		a1	a2	a3	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R ²	N
S10	P	14,21500	-0,33523	-0,25192	0,1	0,8	1,0	1,0	0,015	1,023	0,993	0,986	396
	E	21,83874	-0,49346	0,72691	0,2	1,1	1,6	2,4	0,036	1,099	0,984	0,968	187
	B	18,91682	-1,80431	1,83204	0,1	0,9	1,4	2,0	0,051	1,143	0,978	0,957	265
	M	59,90571	-0,32744	-4,86746	0,2	0,8	1,1	1,3	0,016	1,088	0,993	0,987	50
	A	-9,03059	-0,02155	1,69201	0,4	1,1	1,5	2,1	0,019	1,077	0,992	0,984	38
	Ba	0,00000	10,01916	1,60395	0,2	1,2	1,8	3,3	0,038	1,071	0,982	0,965	49
1st	P	0,00067	2,10386	2,06162	0,1	0,8	1,1	1,2	0,013	1,048	0,994	0,987	393
	E	44,58391	-1,28162	1,40470	0,4	1,4	1,8	3,3	0,035	1,059	0,984	0,969	187
	B	9,98540	-0,55008	0,34324	0,2	1,2	1,6	2,6	0,043	1,091	0,981	0,962	264
	M	3,65485	-0,21747	0,12188	0,2	1,0	1,3	1,7	0,020	1,077	0,991	0,983	50
	A	14,07117	-0,69299	1,34038	0,3	1,3	1,8	3,1	0,025	1,115	0,990	0,980	38
	Ba	768,63978	-6896,06842	1,08561	0,4	1,6	2,2	4,7	0,051	1,223	0,983	0,966	45
Kopā	P	5,55440	-0,15401	0,56482	0,1	1,1	1,4	1,9	0,014	1,023	0,993	0,986	397
	E	2,14018	-0,69677	1,87112	0,4	1,7	2,2	4,9	0,041	1,170	0,985	0,970	174
	B	39,15157	-0,51681	-1,59196	0,3	1,6	2,1	4,3	0,038	1,097	0,983	0,967	265
	M	2,94869	-15,28538	1,26506	0,3	1,4	2,0	4,0	0,038	1,136	0,985	0,970	49
	A	37,18896	-0,69122	0,63626	0,4	1,7	2,4	5,7	0,028	1,125	0,989	0,978	37
	Ba	0,00000	4,29827	1,54421	0,2	1,7	2,2	4,6	0,039	1,125	0,983	0,967	48

MRES - vidējā novirze

AMRES - vidējā absolūtā novirze

RMSE - standartkļūda

MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda

MEF - modeļa efektivitātes indekss

VR - dispersijas attiecība

R - korelācijas koeficients

R² - determinācijas indekss

N - parauglaikumu skaits

2. Vienkāršota pielietojuma koksnes pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu precizēšana pa koku sugām un bonitātēm (2.d.uzd.)

2.1. Vispārējās pieaugumu aprēķināšanas likumsakarības

Analīzē izmantoti dati par 1180 MSI 2009., 2010. un 2011. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem. Analīzē izmanto datus tikai par tiem parauglaukumiem, kuriem:

- abās uzmērīšanas reizēs sakrīt I stāva valdošā koku suga;
- I stāva valdošā koku suga ir priede, egle, bērzs, apse, melnalksnis, un baltalksnis;
- I stāva valdošās koku sugas vecums 1. uzmērīšanas reizē ir lielāks par 10 gadiem;
- I stāva valdošās koku sugas koku skaits ir vismaz 100 koki uz hektāra;
- uzmērīto I stāva un/vai kopējais koku skaits ir vismaz 10 koki;
- caurmēra pieaugums ir pozitīvs;
- augstuma starpība ir pozitīva un nav lielāka par pieciem (audzēs līdz 100 gadiem) vai trīs (audzēs virs 100 gadiem) metriem;
- dabiskais atmirums nav lielāks par 20% no 1. uzmērīšanas reizē konstatētās krājas;
- starpuzmērīšanas periodā nav konstatēta koku ciršana (2. uzmērīšanas reizē nav konstatēti cirsti koki);
- tekošais faktiskais vidēji periodiskais pieaugums ir pozitīvs un neatšķiras vairāk kā trīs standartnovirzes no atbilstošās vecuma desmitgades aritmētiski vidējās vērtības.

Lai izvairītos no krājas izmaiņas kļūdām, kas MSI metodikas dēļ rodas kokiem ieaugoties (pārsniedzot 2.0cm krūšaugstuma caurmēru) vai pārejot uz citu reprezentācijas klasi (pārsniedzot 6.0cm un 14.0cm krūšaugstuma caurmēru), analīzē izmanto tikai tos kokus, kas konstatēti pirmajā uzmērīšanas reizē 2004., 2005. gadā vai 2006. gadā, un to reprezentācijas klases nemaina.

Analīzē aprēķināts un salīdzināts I stāva valdošās koku sugas un I stāva krājas pieaugums, sadalījumā pa vecuma grupām un bonitātēm. Tālāk tekstā, lai pielāgotos vispārējai terminoloģijai, uz parauglaukumu pamata aprēķinātie lielumi tiek dēvēti par „audzes” attiecīgajiem lielumiem, piem., parauglaukuma krāja tiek dēvēta par audzes krāju.

Parauglaukumiem aprēķināti sekojoši krājas (stumburu tilpumu) pieaugumi:

Tekošā periodiskā diference

$$\Delta_M^p = M_A - M_{A-n}, \quad (2.1)$$

M_A - audzes krāja vecumā A (augošo koku krāja);

M_{A-n} - audzes krāja pirms n gadiem (pirms n gadiem augošo koku krāja).

Tekošā vidēji periodiskā diference

$$\Delta_M^{vp} = \frac{M_A - M_{A-n}}{n} \quad (2.2)$$

Tekošais pilnais periodiskais pieaugums

$$Z_{Mp}^p = M_A - M_{A-n} + M_n^a \quad (2.3)$$

M_n^a - atmiruma krāja (n gadu laikā atmirušo koku krāja perioda beigās).

Tekošais pilnais vidēji periodiskais pieaugums

$$Z_{Mp}^{vp} = \frac{M_A - M_{A-n} + M_n^a}{n} \quad (2.4)$$

Tekošais faktiskais periodiskais pieaugums

$$Z_{Mf}^p = M_A - m_{A-n} \quad (2.5)$$

m_{A-n} – intervāla n beigās audzē augošo koku krāja $A-n$ gadu vecumā.

Tekošais faktiskais vidēji periodiskais pieaugums

$$Z_{Mf}^{vp} = \frac{M_A - m_{A-n}}{n} \quad (2.6)$$

Rezultāti

Tekošā vidēji periodiskā krājas diference

Parauglaukumos aritmētiski vidējais I stāva valdošās koku sugas tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums ir $+6,8 \pm 0,2 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$, bet aritmētiski vidējais I stāva tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums ir $+6,3 \pm 0,2 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ (2.3. tabula).

Parauglaukumos priežu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audzes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $+4,8 \pm 0,2 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ un $+5,2 \pm 0,2 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Priežu audzēs konstatēta cieša lineāri negatīva korelācija starp audzes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,890$) un audzes ($R=-0,807$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls). Audzes bonitātei konstatēta cieša lineāri negatīva korelācija ar I stāva ($R=-0,943$) un ar audzes ($R=-0,937$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.4. attēls).

Parauglaukumos egļu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audzes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $7,8 \pm 0,4 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ un $+7,7 \pm 0,5 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Egļu audzēs konstatēta vidēji cieša lineāri negatīva korelācija starp audzes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,643$) un audzes ($R=-0,544$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls). Audzes bonitātei konstatēta cieša lineāri negatīva korelācija ar I stāva ($R=-0,941$) un ar audzes tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu ($R=-0,964$).

Parauglaukumos bērzu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audzes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $+6,4 \pm 0,3 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ un $+7,4 \pm 0,3 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Bērzu audzēs konstatēta vidēji cieša lineāri negatīva korelācija starp audzes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,799$) un audzes ($R=-0,662$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls). Audzes bonitātei konstatēta cieša lineāri negatīva korelācija ar I stāva ($R=-0,952$) un ar audzes tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu ($R=-0,970$).

Parauglaukumos melnalkšņu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audzes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $+7,7 \pm 0,9 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ un $+8,0 \pm 0,9 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Melnalkšņu audzēs konstatēta vāja lineāri negatīva korelācija starp audzes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,315$) un audzes ($R=-0,384$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls). Audzes bonitātei konstatēta cieša lineāri negatīva korelācija ar I stāva ($R=-0,996$) un ar audzes tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu ($R=-0,991$).

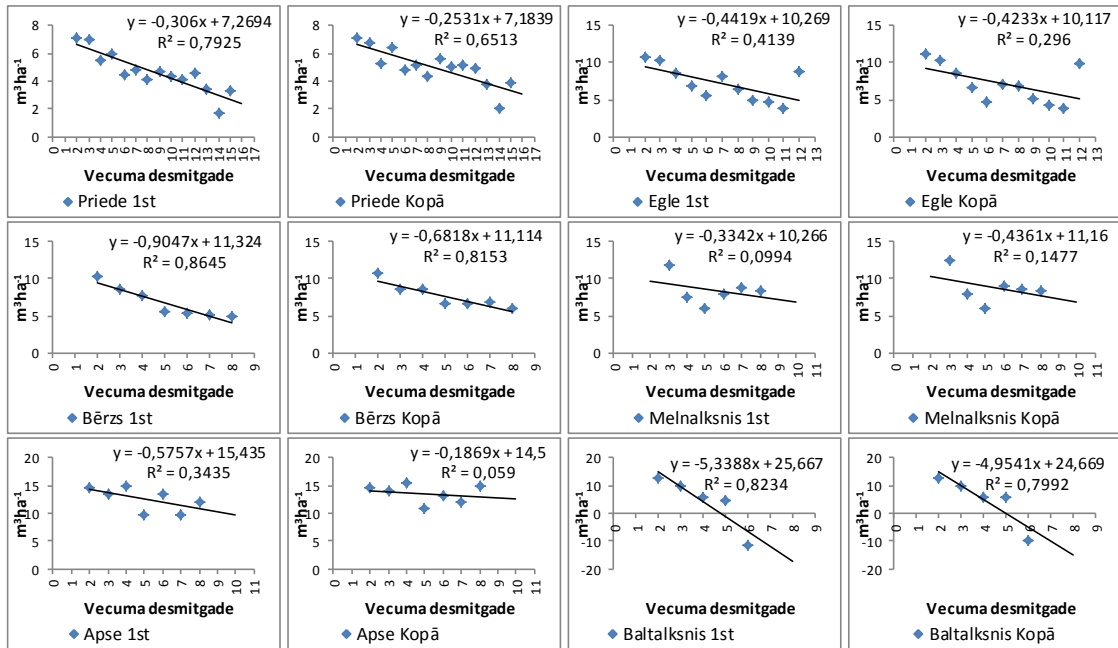
Parauglaukumos apšu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audzes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $+12,4 \pm 0,8 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ un $+13,4 \pm 0,8 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Apšu audzēs konstatēta vāja lineāri negatīva korelācija starp audzes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,243$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu un vāja lineāri negatīva korelācija starp audzes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un audzes ($R=-0,243$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls).

Parauglaukumos baltalkšņu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audzes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $+8,2 \pm 0,9 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ un $+8,4 \pm 0,9 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Baltalkšņu audzēs konstatēta cieša lineāri negatīva korelācija starp audzes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,907$) un audzes ($R=-0,894$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls).

2.1. tabula

Tekošā vidēji periodiskā krājas diference atkarībā no audzes vecuma, m³ha⁻¹ gadā

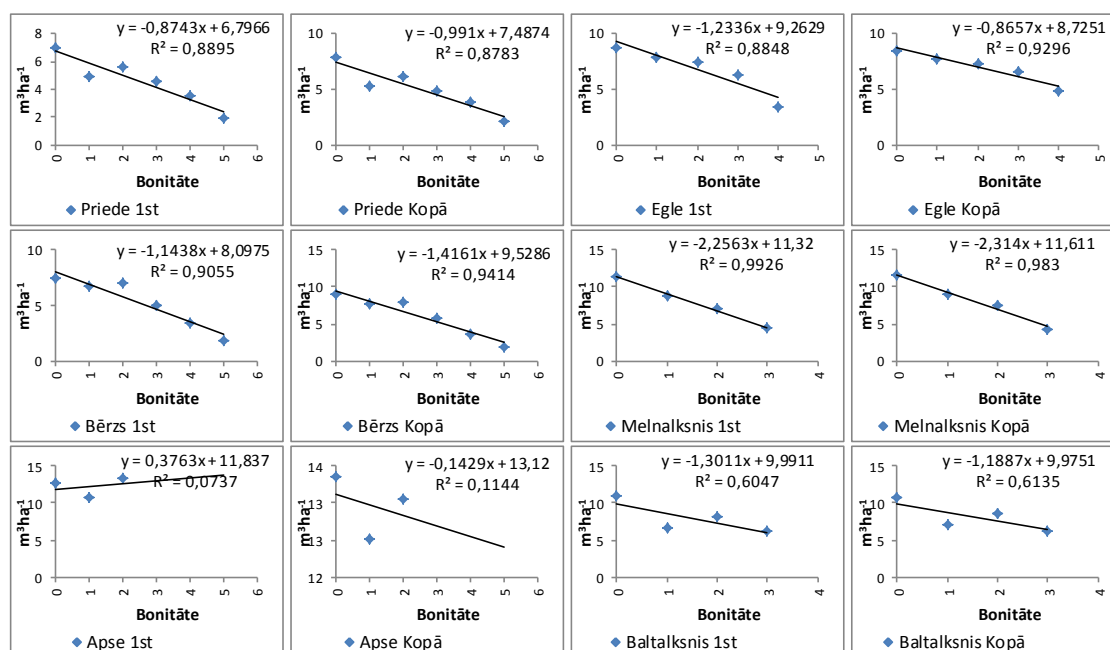
Suga	Audzes elements	Rādītāji	Vecuma desmitgade														Kopā		
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16	
Priede	I stāvs	Aritm.vid.	7,1	7,0	5,5	6,0	4,5	4,8	4,2	4,7	4,3	4,1	4,6	3,4	1,7	3,3	4,1	4,8	
		Standartkļūda	0,9	1,4	1,0	0,8	0,8	0,5	0,6	0,5	0,8	0,8	0,5	1,0	0,7	1,8	1,3	0,2	
		PL skaits	13	17	28	45	58	92	63	63	34	30	26	14	5	5	3	496	
	Kopā	Aritm.vid.	7,1	6,8	5,3	6,5	4,8	5,1	4,3	5,7	5,1	5,1	5,0	3,7	2,1	3,9	3,9	5,2	
		Standartkļūda	0,9	1,4	1,2	0,8	0,9	0,8	0,9	0,6	0,9	0,8	0,7	1,0	0,8	1,9	1,2	0,3	
		PL skaits	13	17	28	45	58	92	63	63	34	30	26	14	5	5	3	496	
Egle	I stāvs	Aritm.vid.	11,0	10,3	8,6	6,8	5,6	8,1	6,5	5,0	4,8	3,9	8,9				4,8	7,8	
		Standartkļūda	1,7	1,3	0,8	1,2	1,6	1,4	1,0	1,1	0,8	2,7	3,9					0,8	0,4
		PL skaits	8	39	60	31	21	21	19	13	9	4	4			1		3	233
	Kopā	Aritm.vid.	11,7	10,4	8,5	6,7	4,7	7,1	6,9	5,1	4,2	3,9	9,9			9,4		6,5	7,7
		Standartkļūda	1,7	1,4	1,0	1,3	1,5	1,6	1,3	1,3	0,8	2,5	3,8					1,3	0,5
		PL skaits	8	39	60	31	21	21	19	13	9	4	4			1		3	233
Bērzs	I stāvs	Aritm.vid.	10,0	8,5	7,8	5,5	5,4	5,0	5,0	6,4									6,4
		Standartkļūda	0,9	0,9	0,8	0,4	0,6	0,6	0,8	0,1									0,3
		PL skaits	22	29	50	71	72	35	17	3									299
	Kopā	Aritm.vid.	10,4	8,5	8,5	6,6	6,7	6,8	6,1	8,2									7,4
		Standartkļūda	0,9	0,9	0,8	0,5	0,7	0,8	0,9	0,8									0,3
		PL skaits	22	29	50	71	72	35	17	3									299
Melņalksnis	I stāvs	Aritm.vid.	8,4	11,9	7,5	5,9	8,0	8,8	8,4										7,7
		Standartkļūda	6,1	2,2	1,0	1,9	2,7	3,3	4,2										0,9
		PL skaits	2	6	13	20	8	4	3										56
	Kopā	Aritm.vid.	8,1	12,5	8,0	6,0	9,0	8,6	8,5										8,0
		Standartkļūda	5,7	1,5	0,9	1,9	2,8	2,9	5,1										0,9
		PL skaits	2	6	13	20	8	4	3										56
Apse	I stāvs	Aritm.vid.	17,8	13,3	15,0	9,7	13,4	9,8	12,1										12,4
		Standartkļūda	2,4	1,6	1,2	1,1	2,8	2,5	1,5										0,8
		PL skaits	4	3	6	11	7	6	3										40
	Kopā	Aritm.vid.	18,0	13,9	15,5	10,9	13,1	12,0	15,0										13,4
		Standartkļūda	2,5	1,9	0,7	1,3	2,9	2,5	1,3										0,8
		PL skaits	4	3	6	11	7	6	3										40
Baltalksnis	I stāvs	Aritm.vid.	12,9	9,7	5,8	4,5	-11,2												8,2
		Standartkļūda	1,4	1,0	1,3	0,8	4,5												0,9
		PL skaits	13	17	12	5	2												49
	Kopā	Aritm.vid.	12,9	9,6	6,0	5,7	-9,9												8,4
		Standartkļūda	1,4	1,1	1,3	1,2	4,7												0,9
		PL skaits	13	17	12	5	2												49
Kopā	I stāvs	Aritm.vid.	10,6	9,4	7,8	6,1	5,4	5,6	5,1	4,8	4,4	4,1	5,2	3,4	2,9	3,3	4,5	6,3	
		Standartkļūda	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,6	0,8	0,7	1,0	1,3	1,8	0,7	0,2	
		PL skaits	62	111	169	183	168	158	105	79	43	34	30	14	6	5	6	1173	
	Kopā	Aritm.vid.	10,8	9,4	8,0	6,7	6,0	6,1	5,5	5,7	4,9	5,0	5,6	3,7	3,3	3,9	5,2	6,8	
		Standartkļūda	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,8	0,8	0,8	1,0	1,4	1,9	1,0	0,2	
		PL skaits	62	111	169	183	168	158	105	79	43	34	30	14	6	5	6	1173	



2.1. attēls. Tekošā vidēji periodiskā krājas diference atkarībā no audzes vecuma desmitgades

Tekošā vidēji periodiskā krājas diference atkarībā no audzes bonitātes, $m^3 ha^{-1}$ gadā

Suga	Audzes elements	Rādītāji	Vecuma desmitgade						Kopā
			la	I	II	III	IV	V	
Priede	I stāvs	Aritm.vid.	7,0	5,0	5,6	4,5	3,5	2,0	4,8
		Standartklūda	0,7	0,6	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2
		PL skaits	54	125	137	71	43	66	496
	Kopā	Aritm.vid.	7,9	5,3	6,1	4,8	3,9	2,0	5,2
		Standartklūda	0,9	0,8	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3
		PL skaits	54	125	137	71	43	66	496
Egle	I stāvs	Aritm.vid.	8,8	7,9	7,4	6,3	3,5	6,8	7,8
		Standartklūda	0,8	0,8	1,0	0,8	0,6		0,4
		PL skaits	75	74	48	27	9	1	234
	Kopā	Aritm.vid.	8,5	7,8	7,4	6,5	4,8	6,8	7,7
		Standartklūda	0,8	1,0	1,1	0,9	1,0		0,5
		PL skaits	75	74	48	27	9	1	234
Bērzs	I stāvs	Aritm.vid.	7,5	6,7	7,0	5,0	3,4	1,8	6,5
		Standartklūda	0,6	0,5	0,6	0,5	0,7	0,5	0,3
		PL skaits	71	93	75	50	11	4	304
	Kopā	Aritm.vid.	9,0	7,7	7,8	5,7	3,7	2,0	7,5
		Standartklūda	0,7	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5	0,3
		PL skaits	71	93	75	50	11	4	304
Melnalknis	I stāvs	Aritm.vid.	11,5	8,7	7,0	4,5	4,6		7,7
		Standartklūda	3,4	1,5	1,2	3,2	0,1		0,9
		PL skaits	3	26	18	7	2		56
	Kopā	Aritm.vid.	11,6	9,1	7,6	4,4	4,5		8,0
		Standartklūda	2,6	1,5	1,1	3,1	0,4		0,9
		PL skaits	3	26	18	7	2		56
Ape	I stāvs	Aritm.vid.	12,6	10,7	13,4				12,3
		Standartklūda	0,9	1,8	3,1				0,8
		PL skaits	30	9	4				43
	Kopā	Aritm.vid.	13,3	12,5	13,1				13,1
		Standartklūda	0,9	1,8	3,3				0,8
		PL skaits	30	9	4				43
Baltalknis	I stāvs	Aritm.vid.	11,1	6,7	8,1	6,3	14,3		8,2
		Standartklūda	1,5	1,8	1,6	1,6			0,9
		PL skaits	11	20	13	4	1		49
	Kopā	Aritm.vid.	10,7	7,1	8,7	6,2	13,3		8,4
		Standartklūda	1,5	1,8	1,6	1,6			0,9
		PL skaits	11	20	13	4	1		49
Kopā	I stāvs	Aritm.vid.	8,6	6,6	6,6	5,0	3,7	2,0	6,4
		Standartklūda	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
		PL skaits	244	347	295	159	66	71	1182
	Kopā	Aritm.vid.	9,3	7,1	7,1	5,4	4,1	2,1	6,8
		Standartklūda	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
		PL skaits	244	347	295	159	66	71	1182



2.2. attēls. Tekošā vidēji periodiskā krājas diference atkarībā no audzes bonitātes

Tekošais vidēji periodiskais krājas pilnais pieaugums

Audztes tekošais vidēji periodiskais krājas pilnais pieaugums aprēķināts balstoties uz pieņēmumu, ka atmirušo koku krāja 2. uzmērīšanas reizē ir tāda pati kā 1. uzmērīšanas reizē, jo:

- dabiski atmirušie koki (kritālas, stubeņi) metodikas specifikas dēļ tiek uzmērīti atšķirīgi no dzīvajiem kokiem;
- nocirstajiem kokiem nav zināms to pieaugums no to uzmērīšanas brīža 1. ciklā līdz to nociršanai.

Šī pieņēmuma dēļ audztes tekošais vidēji periodiskais krājas pilnais pieaugums praktiski ir vienāds ar audztes tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu. Līdz ar to analizēts tiek tikai audztes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums, jo šis krājas pieaugums nav atkarīgs no atmirušo (nocirsto) koku krājas pieauguma.

Tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums

Parauglaukumos aritmētiski vidējais I stāva valdošās koku sugas tekošā vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums ir $+9,5 \pm 0,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, bet aritmētiski vidējais I stāva tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums ir $+8,4 \pm 0,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (2.3. tabula).

Parauglaukumos priežu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audztes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $+6,6 \pm 0,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un $+7,6 \pm 0,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Priežu audzēs konstatēta cieša vai vidēji cieša lineāri negatīva korelācija starp audztes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,835$) un audztes ($R=-0,732$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls). Audztes bonitātei konstatēta cieša lineāri negatīva korelācija ar I stāva ($R=-0,996$) un ar audztes ($R=-0,999$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.4. attēls).

Parauglaukumos egļu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audztes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $10,3 \pm 0,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un $+11,1 \pm 0,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Egļu audzēs konstatēta vāja lineāri negatīva korelācija starp audztes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,488$) un audztes ($R=-0,451$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls). Audztes bonitātei konstatēta cieša lineāri negatīva korelācija ar I stāva ($R=-0,985$) un ar audztes tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu ($R=-0,986$).

Parauglaukumos bērzu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audztes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $+8,0 \pm 0,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un $+9,8 \pm 0,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Bērzu audzēs konstatēta cieša vai vidēji cieša lineāri negatīva korelācija starp audztes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,852$) un audztes ($R=-0,555$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls). Audztes bonitātei konstatēta cieša lineāri negatīva korelācija ar I stāva ($R=-0,979$) un ar audztes tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu ($R=-0,988$).

Parauglaukumos melnalkšņu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audztes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $+10,1 \pm 0,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un $+11,1 \pm 0,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Melnalkšņu audzēs konstatēta vāja lineāri negatīva korelācija starp audztes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,358$) un audztes ($R=-0,332$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls). Audztes bonitātei konstatēta cieša lineāri negatīva korelācija ar I stāva ($R=-0,962$) un ar audztes tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu ($R=-0,981$).

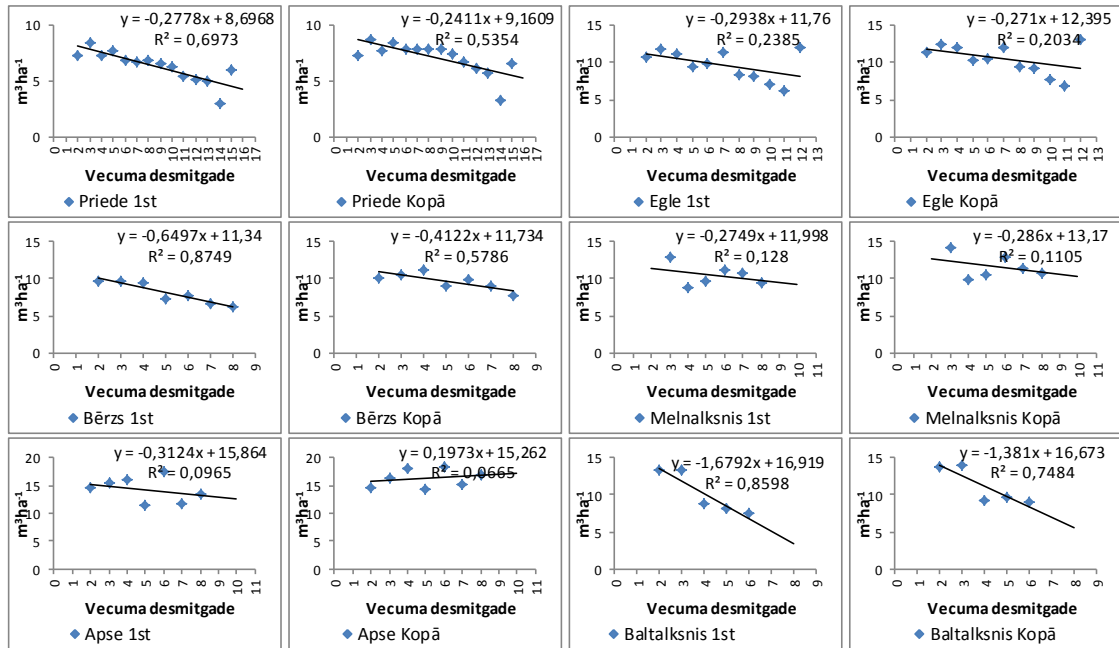
Parauglaukumos apšu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audztes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $+14,0 \pm 0,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un $+16,0 \pm 0,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Apšu audzēs konstatēta vāja lineāri negatīva korelācija starp audztes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,311$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu un vāja lineāri pozitīva korelācija starp audztes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi audztes ($R=+0,258$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls).

Parauglaukumos baltalkšņu audzēs aritmētiski vidējais I stāva un audztes tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums attiecīgi ir $+11,4 \pm 0,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un $+12,1 \pm 0,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Baltalkšņu audzēs konstatēta cieša lineāri negatīva korelācija starp audztes valdošās koku sugas vecuma desmitgadi un I stāva ($R=-0,927$) un audztes ($R=-0,867$) tekošo vidēji periodisko krājas faktisko pieaugumu (2.3. attēls).

2.3. tabula

Tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums atkarībā no audzes vecuma, m³ha⁻¹ gadā

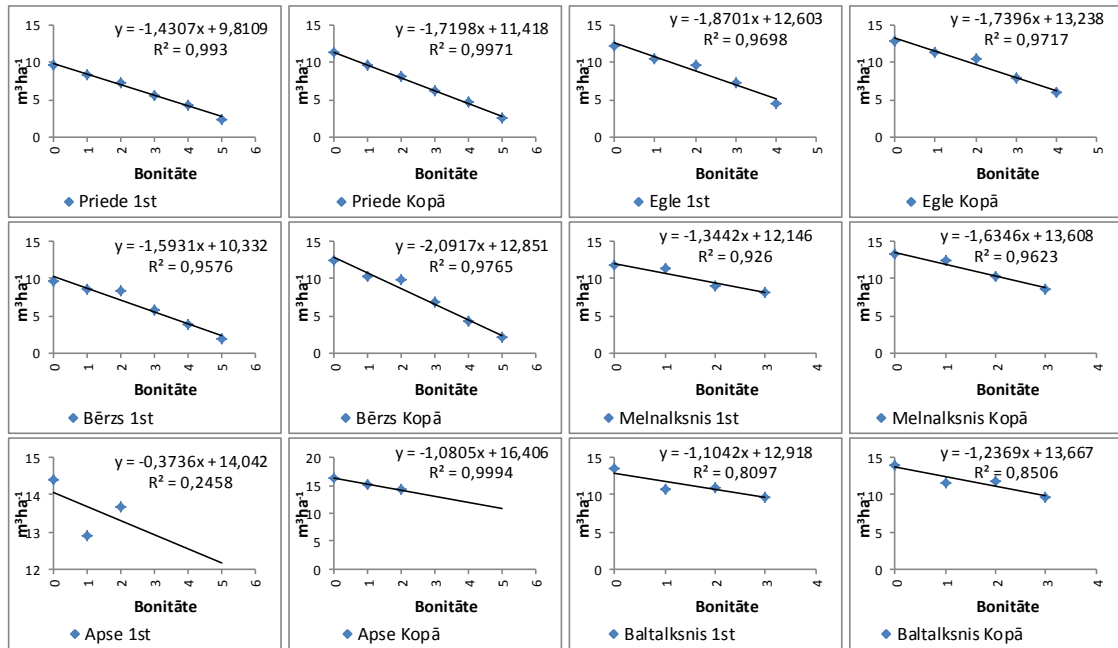
Suga	Audzes elements	Rādītāji	Vecuma desmitgade														Kopā	
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16
Priede	I stāvs	Aritm.vid.	7,4	8,5	7,3	7,7	6,9	6,8	6,8	6,5	6,3	5,4	5,1	5,0	2,9	6,0	4,1	6,6
		Standartklūda	0,9	1,1	0,6	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,9	1,0	2,1	1,3	0,2
		PL skaits	13	17	28	45	58	92	63	63	34	30	26	14	5	5	3	496
	Kopā	Aritm.vid.	7,4	8,7	7,7	8,5	7,8	7,8	7,9	7,8	7,5	6,7	6,1	5,8	3,3	6,6	4,1	7,6
		Standartklūda	0,9	1,1	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,8	0,6	0,7	0,9	1,2	2,0	1,3	0,2
		PL skaits	13	17	28	45	58	92	63	63	34	30	26	14	5	5	3	496
Egle	I stāvs	Aritm.vid.	10,7	11,9	11,2	9,5	10,0	11,5	8,4	8,1	7,1	6,3	12,1		11,2		5,5	10,3
		Standartklūda	1,6	1,0	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	1,3	5,0				1,4	0,3
		PL skaits	9	39	60	31	21	21	19	13	9	4	4		1		3	234
	Kopā	Aritm.vid.	11,4	12,4	12,1	10,3	10,6	12,1	9,5	9,3	7,7	6,9	13,1		11,8		7,4	11,1
		Standartklūda	1,6	1,0	0,6	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	0,7	1,3	5,0				1,9	0,3
		PL skaits	9	39	60	31	21	21	19	13	9	4	4		1		3	234
Bērzs	I stāvs	Aritm.vid.	9,7	9,6	9,5	7,2	7,7	6,7	6,2	7,4								8,0
		Standartklūda	0,9	0,8	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6	0,9								0,2
		PL skaits	27	29	50	71	72	35	17	3								304
	Kopā	Aritm.vid.	10,1	10,6	11,2	9,0	10,0	9,1	7,7	10,0								9,8
		Standartklūda	0,9	0,9	0,7	0,5	0,5	0,8	0,8	1,2								0,3
		PL skaits	27	29	50	71	72	35	17	3								304
Melnalksnis	I stāvs	Aritm.vid.	8,6	12,9	8,8	9,8	11,2	10,8	9,5									10,1
		Standartklūda	6,1	2,4	1,0	0,8	1,9	2,5	3,6									0,6
		PL skaits	2	6	13	20	8	4	3									56
	Kopā	Aritm.vid.	9,2	14,2	9,8	10,6	12,8	11,4	10,8									11,1
		Standartklūda	6,6	1,8	1,1	0,8	2,0	2,3	4,2									0,6
		PL skaits	2	6	13	20	8	4	3									56
Apse	I stāvs	Aritm.vid.	14,5	15,4	16,0	11,5	17,4	11,9	13,5									14,0
		Standartklūda	2,5	1,1	1,3	1,0	2,3	1,5	0,3									0,7
		PL skaits	7	3	6	11	7	6	3									43
	Kopā	Aritm.vid.	14,6	16,2	18,0	14,2	18,5	15,3	16,9									16,0
		Standartklūda	2,6	1,5	0,8	0,9	2,4	1,4	0,9									0,7
		PL skaits	7	3	6	11	7	6	3									43
Baltalksnis	I stāvs	Aritm.vid.	13,3	13,3	8,9	8,1	7,5											11,4
		Standartklūda	1,6	1,0	1,1	1,7	1,8											0,7
		PL skaits	13	17	12	5	2											49
	Kopā	Aritm.vid.	13,8	14,0	9,2	9,7	9,0											12,1
		Standartklūda	1,5	1,1	1,1	1,3	1,5											0,7
		PL skaits	13	17	12	5	2											49
Kopā	I stāvs	Aritm.vid.	10,5	11,2	9,9	8,3	8,3	7,7	7,3	6,8	6,5	5,5	6,0	5,0	4,3	6,0	4,8	8,4
		Standartklūda	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,9	0,9	1,6	2,1	0,9	0,1
		PL skaits	71	111	169	183	168	158	105	79	43	34	30	14	6	5	6	1182
	Kopā	Aritm.vid.	10,9	11,8	11,0	9,6	9,8	9,0	8,5	8,2	7,5	6,7	7,0	5,8	4,7	6,6	5,8	9,5
		Standartklūda	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,9	0,9	1,7	2,0	1,2	0,1
		PL skaits	71	111	169	183	168	158	105	79	43	34	30	14	6	5	6	1182



2.3. attēls. Tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums atkarībā no audzes vecuma desmitgades

2.4. tabula
Tekošais vidēji periodiskais krājas faktiskais pieaugums atkarībā no audzes vecuma, m³ha⁻¹ gadā

Suga	Audzes elements	Rādītāji	Vecuma desmitgade						Kopā
			Ia	I	II	III	IV	V	
Priede	I stāvs	Aritm.vid.	9,6	8,3	7,3	5,6	4,2	2,4	6,6
		Standartklūda	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
		PL skaits	54	125	137	71	43	66	496
	Kopā	Aritm.vid.	11,3	9,6	8,3	6,3	4,6	2,6	7,6
		Standartklūda	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
		PL skaits	54	125	137	71	43	66	496
Egļe	I stāvs	Aritm.vid.	12,3	10,5	9,6	7,3	4,6	6,5	10,3
		Standartklūda	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7		0,3
		PL skaits	75	74	48	27	9	1	234
	Kopā	Aritm.vid.	12,9	11,4	10,6	8,0	5,9	6,5	11,1
		Standartklūda	0,5	0,6	0,7	0,8	1,1		0,3
		PL skaits	75	74	48	27	9	1	234
Bērzs	I stāvs	Aritm.vid.	9,7	8,6	8,3	5,7	3,8	1,9	8,0
		Standartklūda	0,4	0,4	0,5	0,4	0,7	0,5	0,2
		PL skaits	71	93	75	50	11	4	304
	Kopā	Aritm.vid.	12,4	10,4	9,8	6,8	4,3	2,1	9,8
		Standartklūda	0,5	0,4	0,6	0,5	0,7	0,5	0,3
		PL skaits	71	93	75	50	11	4	304
Melnalksnis	I stāvs	Aritm.vid.	11,8	11,5	9,1	8,1	5,5		10,1
		Standartklūda	3,5	0,9	0,8	1,9	0,5		0,6
		PL skaits	3	26	18	7	2		56
	Kopā	Aritm.vid.	13,2	12,6	10,2	8,6	6,1		11,1
		Standartklūda	3,5	0,9	0,8	1,9	0,6		0,6
		PL skaits	3	26	18	7	2		56
Apse	I stāvs	Aritm.vid.	14,4	12,9	13,7				14,0
		Standartklūda	0,8	1,5	3,6				0,7
		PL skaits	30	9	4				43
	Kopā	Aritm.vid.	16,4	15,3	14,3				16,0
		Standartklūda	0,8	1,1	4,0				0,7
		PL skaits	30	9	4				43
Baltalksnis	I stāvs	Aritm.vid.	13,5	10,8	11,0	9,8	14,3		11,4
		Standartklūda	1,5	1,0	1,6	1,7			0,7
		PL skaits	11	20	13	4	1		49
	Kopā	Aritm.vid.	14,0	11,6	11,9	9,8	15,2		12,1
		Standartklūda	1,6	1,0	1,5	1,7			0,7
		PL skaits	11	20	13	4	1		49
Kopā	I stāvs	Aritm.vid.	11,3	9,4	8,3	6,1	4,4	2,4	8,4
		Standartklūda	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1
		PL skaits	244	347	295	159	66	71	1182
	Kopā	Aritm.vid.	12,9	10,7	9,4	6,9	5,0	2,7	9,5
		Standartklūda	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1
		PL skaits	244	347	295	159	66	71	1182



2.4. attēls. Tekošā vidēji periodiskā krājas diference atkarībā no audzes bonitātes

2.2. Faktiskās audzes tekošā pieauguma modelis

Faktiskās (audzes) tekošo potenciālo vidēji periodisko pieaugumu aprēķina atbilstoši 6.formulai un I. Liepas (1996) izstrādātajai formulai (skat. 7.formulu). Šajā gadījumā koku vidējā kvadrātiskā caurmēra pieaugums aprēķināts kā 1. un 2. perioda vidējā kvadrātiskā caurmēra starpība.

Faktiskās (audzes) tekošais potenciālais vidēji periodiskais pieaugums

$$Z_M = 12732.4 \psi G H^\alpha D^{\beta \lg H + \varphi - 2} \left[\frac{Z_H (\alpha + \beta \lg D)}{H} + \frac{Z_D (\varphi + \beta \lg H)}{10D} \right] \quad (2.7)$$

$\psi; \alpha; \beta; \varphi$ – koeficienti;

G – audzes krūšaugstuma šķērslaukums;

H – vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

D – vidējais kvadrātiskais caurmērs;

Z_H – vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošā augstuma periodiskais pieaugums;

Z_D – vidējā kvadrātiskā caurmēra periodiskais pieaugums.

Faktiskās audzes krājas reducēto tekošo potenciālo pieaugumu aprēķināšanai izmanto 2.8. un 2.9. formulu (Liepa, 2009), kuru rezultāti savstarpēji tiek salīdzināti:

Faktiskais $Z_M' = \frac{Z_M}{G} \quad (2.8)$

Z_M' – faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais pieaugums, $m^3 m^{-2}$;

Z_M – faktiskās audzes krājas tekošais potenciālais pieaugums, m^3 (7. formula);

G – audzes krūšaugstuma šķērslaukums, m^2 .

Izlīdzinātais $Z_M' = a_1 + b_1 B + c_1 B^2 + \frac{a_2 + b_2 B + c_2 B^2}{A} + \frac{a_3 + b_3 B + c_3 B^2}{A^2} \quad (2.9)$

Z_M' – faktiskās audzes krājas reducētais tekošais potenciālais pieaugums, $m^3 m^{-2}$;

B – bonitātes klase ($l=0; l=1...V=5$);

A – vecums, gadi;

$a_i; b_i; c_i$ – izlīdzināšanas koeficienti.

Visi pieaugumi aprēķināti ar mizu. Lai aprēķinātu bezmizas jeb koksnes pieaugumu iegūtais Z_M jādaļa ar mizas tilpīguma koeficientu s (Liepa, 2009):

$$s = \frac{pD + q}{wD + 100} \quad (2.10)$$

Kur koeficienti p , q , w pieņemti atbilstoši (Liepa, 1996) un atspoguļoti 2.5.tabulā.

2.5. tabula

Empīrisko koeficientu vērtības

Koku suga	Augstuma pieauguma			Mizas tilpuma			u
	a	b	c	p	q	w	
Priede	-0.0642	6.356	27.105	20.60	143.9	19.53	1.103
Egle	-0.0256	1.693	5.794	25. Mai	117.6	5.00	1.046
Bērzs	-0.0728	-1.51	-35.71	0.20	110.2	0.02	1.095
Apse	-0.0357	2.352	12.829	0.78	109.9	0.67	1.061
Melnalksnis	0.0050	7.240	90.909	-0.55	119.0	-0.36	1.081
Baltalksnis	0.0958	3.478	45.988	-49.10	Mar.93	-45.83	1.050

Rezultāti

Analīzē faktiskās audzes tekošais pieaugums aproksimēts kā faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums (turpmāk tekstā uzņēmātais (2.8. formula) un izlīdzinātais (2.9. formula) pieaugums).

Priede. Starp uzņēmāto un izlīdzināto pieaugumu konstatēta vidēji cieša lineāri pozitīva korelācija ($R=+0,576$). Izlīdzinātā pieauguma modeļa vidējā novirze ir $0.04 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$, bet vidējā absolūtā novirze ir $0,11 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$ (2.6. tabula). Augstākajās bonitātēs izlīdzinātie pieaugumi ir sistemātiski vidēji starp uzņēmātajiem pieaugumiem, bet zemākajās bonitātēs izlīdzinātie pieaugumi ir mazāki par uzņēmātajiem pieaugumiem (2.5. attēls).

Egle. Starp uzņēmāto un izlīdzināto pieaugumu konstatēta vidēji cieša lineāri pozitīva korelācija ($R=+0,519$). Izlīdzinātā pieauguma modeļa vidējā novirze ir $-0.03 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$, bet vidējā absolūtā novirze ir $0,16 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$ (2.6. tabula). Augstākajās bonitātēs izlīdzinātie pieaugumi ir sistemātiski lielāki par uzņēmātajiem pieaugumiem, bet zemākajās bonitātēs izlīdzinātie pieaugumi ir mazāki par uzņēmātajiem pieaugumiem (2.6. attēls).

Bērzs. Starp uzņēmāto un izlīdzināto pieaugumu konstatēta vidēji cieša lineāri pozitīva korelācija ($R=+0,636$). Izlīdzinātā pieauguma modeļa vidējā novirze ir $-0.03 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$, bet vidējā absolūtā novirze ir $0,15 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$ (2.5. tabula). Visās analizētajās bonitātēs izlīdzinātie pieaugumi ir sistemātiski lielāki par uzņēmātajiem pieaugumiem (2.7. attēls).

Apse. Starp uzņēmāto un izlīdzināto pieaugumu konstatēta vāja lineāri pozitīva korelācija ($R=+0,331$). Izlīdzinātā pieauguma modeļa vidējā novirze ir $0.10 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$, bet vidējā absolūtā novirze ir $0,24 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$ (2.6. tabula). Visās analizētajās bonitātēs izlīdzinātie pieaugumi ir sistemātiski mazāki par uzņēmātajiem pieaugumiem (2.8. attēls).

Melnalksnis. Starp uzņēmāto un izlīdzināto pieaugumu konstatēta vidēji cieša lineāri pozitīva korelācija ($R=+0,540$). Izlīdzinātā pieauguma modeļa vidējā novirze ir $-0.13 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$, bet vidējā absolūtā novirze ir $0,19 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$ (2.6. tabula). Visās analizētajās bonitātēs izlīdzinātie pieaugumi ir sistemātiski lielāki par uzņēmātajiem pieaugumiem (2.9. attēls).

Baltalksnis. Starp uzņēmāto un izlīdzināto pieaugumu konstatēta vāja lineāri pozitīva korelācija ($R=+0,451$). Izlīdzinātā pieauguma modeļa vidējā novirze ir $0.04 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$, bet vidējā absolūtā novirze ir $0,18 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{ha}^{-1}$ (2.6. tabula). Visās analizētajās bonitātēs izlīdzinātie pieaugumi ir sistemātiski mazāki par uzņēmātajiem pieaugumiem (2.10. attēls).

Vienādojuma faktiskās audzes reducētā tekošā vidēji periodiskā pieauguma aprēķināšanai (2.9. formula) statistiskie rādītāji

Suga	Vienādojumu statistiskie rādītāji								
	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R ²	R ² adj	N
Priede	0.038	0.108	0.150	0.022	0.668	0.761	0.332	0.331	497
Egle	-0.028	0.158	0.204	0.040	0.731	0.896	0.269	0.266	234
Bērzs	-0.028	0.149	0.199	0.038	0.595	0.500	0.405	0.403	327
Apse	0.051	0.191	0.308	0.079	0.649	0.622	0.351	0.338	50
Melnalksnis	-0.127	0.192	0.272	0.063	1.531	1.404	-0.531	-0.558	58
Baltalksnis	0.044	0.183	0.255	0.055	0.796	0.787	0.204	0.189	55

MRES - vidējā novirze

AMRES - vidējā absolūtā novirze

RMSE - standartkļūda

MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda

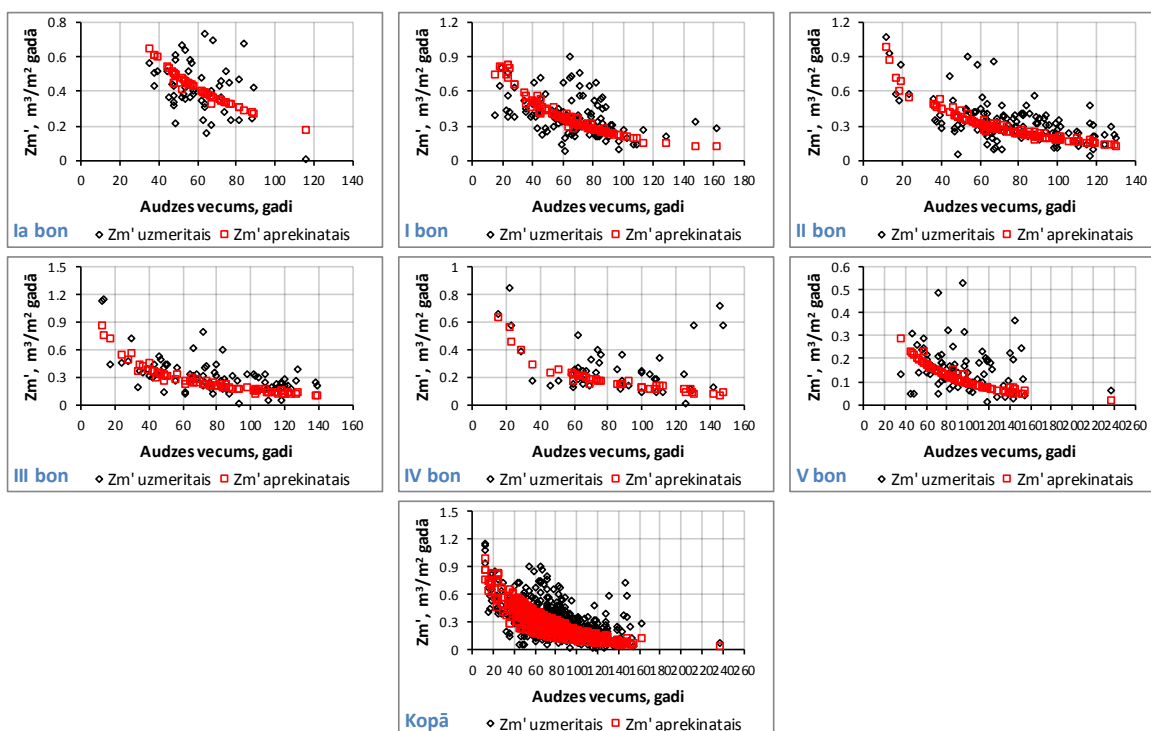
MEF - modeļa efektivitātes indekss

VR - dispersijas attiecība

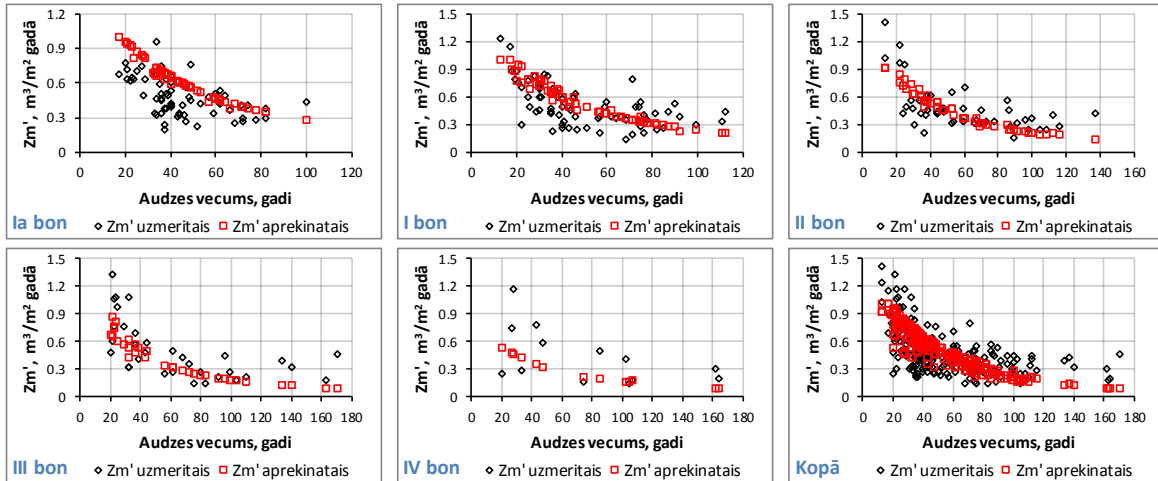
R² - determinācijas indekss

R²adj - koriģētais determinācijas indekss

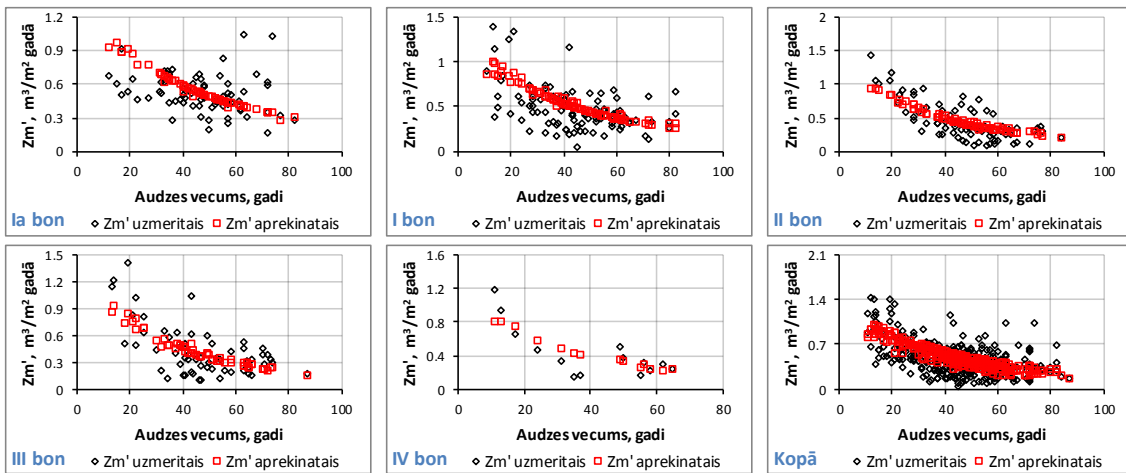
N - parauglaukumu skaits



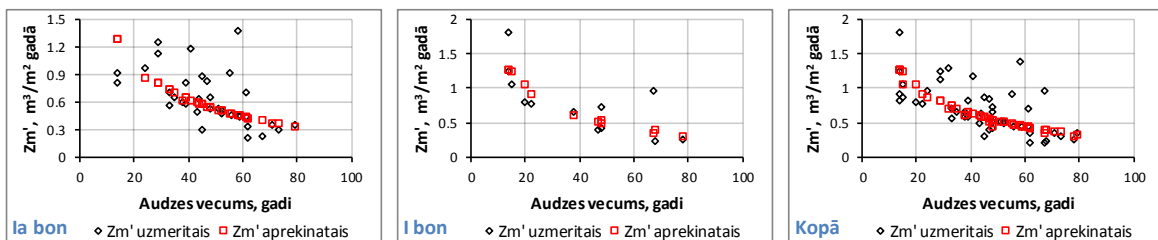
2.5. attēls. Faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no audzes bonitātes un vecuma priekšu audzēs (parauglaukumos)
 Zm' uzmeritais – 2.8. formula; Zm' aprekinatais – 2.9. formula



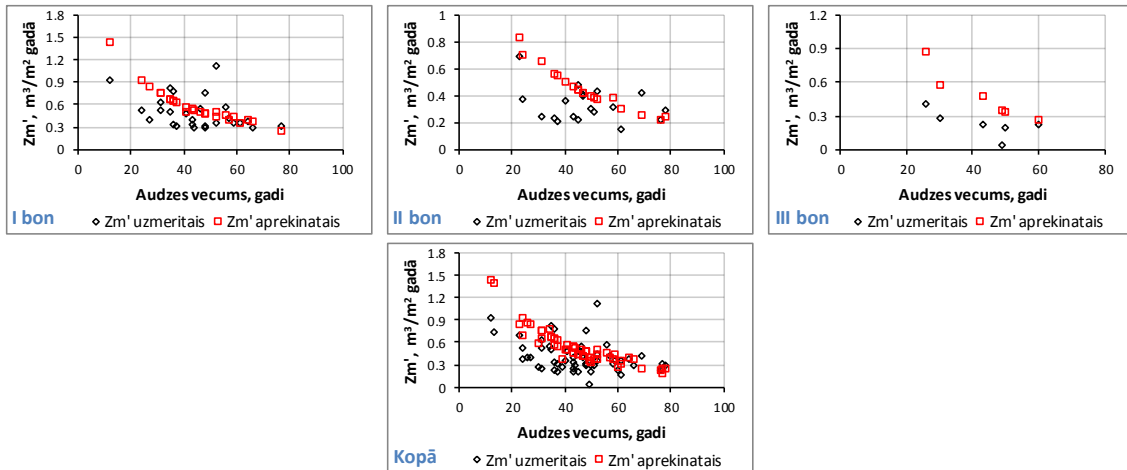
2.6. attēls. Faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums *atkarībā no audzes bonitātes un vecuma egļu audzēs (parauglaukumos)*
 Zm' uzmeritais – 2.8. formula; Zm' aprekinatais – 2.9. formula



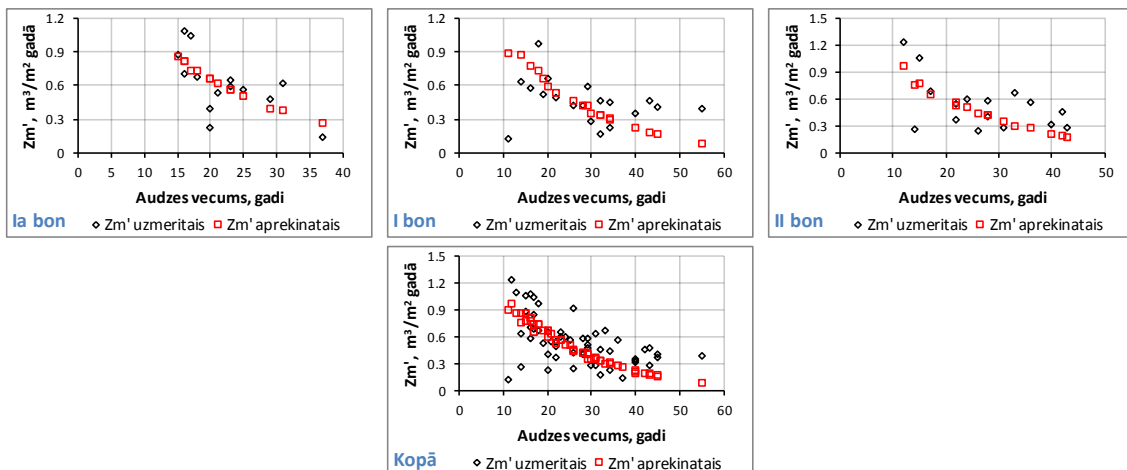
2.7. attēls. Faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums *atkarībā no audzes bonitātes un vecuma bērzu audzēs (parauglaukumos)*
 Zm' uzmeritais – 2. 8. formula; Zm' aprekinatais – 2.9. formula



2.8. attēls. Faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums *atkarībā no audzes bonitātes un vecuma apšu audzēs (parauglaukumos)*
 Zm' uzmeritais – 2. 8. formula; Zm' aprekinatais – 2.9. formula



2.9. attēls. Faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums *atkarībā no audzes bonitātes un vecuma melnalkšņu audzēs (parauglaukumos)*
 Z_m' uzmeritais – 2. 8. formula; Z_m' aprekinatais – 2.9. formula



2.10. attēls. Faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums *atkarībā no audzes bonitātes un vecuma baltalkšņu audzēs (parauglaukumos)*
 Z_m' uzmeritais – 2. 8. formula; Z_m' aprekinatais – 2.9. formula

Ir izveidoti jauni vienādojumi faktiskās audzes reducētā tekošā vidēji periodiskā pieauguma aprēķināšanai:

$$Z_m' = a_1 A^{a_2} a_3^{\frac{A}{100}} a_4^B \quad (2.11.)$$

Z_m' - faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums, $m^3 m^{-2} ha^{-1}$;

B – audzes bonitāte ($Ia=0; I=1...IV=4; V=5$);

A – audzes vecums, gadi;

$a_1; a_2; a_3; a_4$ – koeficienti atkarībā no sugas (2.7. tabula).

Jaunais vienādojums (2.11) ir uzskatāms par pagaidu vienādojumu, kuru nepieciešams pārbaudīt uz neatkarīgas datu kopas un kuru paredzēts uzlabot papildinot paraugkopas lielumu. Pašreizējā variantā (pie pašreizējiem koeficientiem) eglei aprēķinātais faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums vislielākais ir V bonitātē, pakāpeniski samazinoties līdz Ia bonitātei, kas ir neloģiski. Apsei, melnalkšnim un baltalkšnim aprēķinātais faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums nav izdalīts pa bonitātēm.

Vienādojuma faktiskās audzes reducētā tekošā vidēji periodiskā pieauguma aprēķināšanai (2.11. formula) koeficienti un statistiskie rādītāji

Zm' veids	Suga	Koeficientu vērtības				Vienādojuma ierobežojumi		Vienādojuma statistiskie rādītāji								
		a1	a2	a3	a4	A	Bon	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R ²	R ² adj	N
S10	1	21.72938	-1.12538	2.12132	0.90011	10...150	la...V	0.025	0.093	0.162	0.026	0.448	0.381	0.552	0.551	496
	3	35.15059	-1.28013	2.92408	1.01503	10...120	la...V	0.047	0.164	0.271	0.073	0.457	0.318	0.543	0.541	234
	4	39.73791	-1.33446	3.50408	0.94010	10...110	la...V	0.044	0.180	0.295	0.086	0.377	0.663	0.623	0.621	304
	6	112.75807	-1.81912	14.20405	1	10...70		0.028	0.130	0.169	0.027	0.521	0.665	0.479	0.470	56
	8	13.18615	-0.72981	0.59492	1	10...120		0.041	0.211	0.329	0.100	0.157	0.828	0.843	0.839	43
1. stāvs	1	27.38043	-1.19613	2.50523	0.88653	10...130	la...V	0.023	0.091	0.163	0.027	0.441	0.399	0.559	0.558	496
	3	17.65344	-1.06540	1.92319	1.05811	10...160	la...V	0.064	0.177	0.310	0.095	0.510	0.222	0.490	0.488	234
	4	15.79187	-1.05446	2.51075	0.95130	10...110	la...V	0.058	0.171	0.297	0.087	0.450	0.348	0.550	0.549	304
	6	164.50141	-1.96005	19.71998	1	10...70		0.022	0.117	0.163	0.025	0.519	0.808	0.481	0.472	56
	8	13.00931	-0.76217	0.61846	1	10...120		0.024	0.155	0.215	0.043	0.091	0.991	0.909	0.907	43
Kopā	1	30.22978	-1.23984	2.89430	0.88093	10...120	la...V	0.023	0.093	0.165	0.027	0.453	0.389	0.547	0.546	496
	3	35.49749	-1.31630	2.86368	1.06734	10...130	la...V	0.051	0.166	0.285	0.080	0.435	0.288	0.565	0.563	234
	4	18.48032	-1.16013	3.99075	0.95187	10...80	la...V	0.054	0.166	0.292	0.084	0.461	0.333	0.539	0.538	304
	6	112.93763	-1.84135	15.81562	1	10...70		0.019	0.108	0.163	0.025	0.548	0.687	0.452	0.442	56
	8	17.00068	-0.93146	1.11026	1	10...120		0.017	0.131	0.196	0.036	0.082	1.061	0.918	0.916	43
9	251.87826	-2.24224	70.89837	1	10...50		0.041	0.183	0.302	0.085	0.412	0.381	0.588	0.579	49	

Ir izveidots jauni vienādojums faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā pieauguma aprēķināšanai:

$$Z_m = a_1 A^{a_2} a_3^{100} a_4^B a_5^G G^{a_5} \quad (2.12.)$$

Z_m - faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums, $m^3 m^{-2} ha^{-1}$;

B - audzes bonitāte ($la=0$; $l=1...IV=4$; $V=5$);

A - audzes vecums, gadi;

G - audzes šķērslaukums;

a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4 ; a_5 - koeficienti atkarībā no sugas (2.8. tabula).

Vienādojums (2.12.) paredzēts I stāva valdošās koku sugas, audzes I stāva un audzes tekošā vidēji periodiskā pieauguma aprēķināšanai.

Jaunais vienādojums (2.12) ir uzskatāms par pagaidu vienādojumu, kuru nepieciešams pārbaudīt uz neatkarīgas datu kopas un kuru paredzēts uzlabot papildinot paraugkopas lielumu.

Vienādojuma (2.12. formula) faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā pieauguma aprēķināšanai koeficientu vērtības un statistiskie rādītāji

Zm veids	Suga	Koeficienti					Vienādojuma statistiskie rādītāji								
		a1	a2	a3	a4	a5	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R ²	R ² adj	N
s10	Priede	21,56072	-1,04235	2,03347	0,88834	0,90231	0,301	1,529	2,041	4,158	0,447	0,714	0,756	0,571	496
	Egle	38,33698	-1,13832	2,62583	0,96758	0,80873	0,452	2,127	2,932	8,556	0,441	0,666	0,757	0,573	234
	Bērzs	29,36372	-0,94622	1,79806	0,89968	0,68324	0,399	1,690	2,377	5,630	0,521	0,578	0,705	0,497	304
	Melnalksnis	75,75595	-1,45712	9,29992	0,87953	0,79439	0,476	2,028	2,912	8,315	0,550	0,466	0,683	0,467	56
	Apse	11,56812	-0,46090	0,56883	0,98240	0,68989	0,487	2,426	3,527	12,111	0,408	0,486	0,779	0,608	43
Baltalksnis	142,46134	-1,69794	4,45019	1	0,82141	0,326	2,229	3,060	9,150	0,373	0,723	0,797	0,634	49	
1st	Priede	26,88343	-1,10082	2,37997	0,87070	0,89961	0,291	1,759	2,348	5,503	0,445	0,762	0,759	0,575	496
	Egle	17,03229	-0,79626	1,62948	0,98491	0,72582	0,828	2,840	3,840	14,684	0,605	0,385	0,652	0,425	234
	Bērzs	12,81397	-0,68569	1,43369	0,90361	0,69787	0,611	2,211	3,054	9,296	0,581	0,452	0,665	0,442	304
	Melnalksnis	78,05074	-1,40981	8,49790	0,88878	0,76020	0,449	2,473	3,536	12,255	0,589	0,490	0,651	0,424	56
	Apse	8,81327	-0,21790	0,36595	0,93927	0,55501	0,482	2,741	3,999	15,573	0,641	0,321	0,610	0,372	43
Baltalksnis	71,05733	-1,26052	3,68731	1	0,62941	0,494	2,616	3,643	12,968	0,492	0,465	0,721	0,520	49	
Kopā	Priede	27,41896	-1,05481	2,57068	0,85332	0,83461	0,343	2,023	2,698	7,264	0,445	0,739	0,757	0,573	496
	Egle	30,43360	-0,93592	2,18361	0,98024	0,66288	0,738	3,056	4,086	16,623	0,640	0,358	0,618	0,382	234
	Bērzs	13,47777	-0,70876	2,00450	0,89131	0,68017	0,650	2,610	3,506	12,254	0,572	0,504	0,671	0,450	304
	Melnalksnis	58,44434	-1,25557	6,70428	0,88297	0,70716	0,431	2,470	3,595	12,668	0,590	0,516	0,651	0,424	56
	Apse	8,72571	-0,22068	0,48993	0,92691	0,52710	0,405	2,819	4,090	16,289	0,745	0,379	0,522	0,272	43
Baltalksnis	98,36077	-1,35445	8,14643	1	0,55300	0,510	2,816	3,785	14,000	0,555	0,410	0,677	0,458	49	

2.12. vienādojums faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai uzskatāms par labāku nekā 2.11. vienādojums, jo krājas pieaugums pēc 2.12. vienādojuma nav tieši proporcionāls audzes šķērslaukumam.

2.3. Atmiruma modelis

Pētījumos mēdz nodalīt dabisko atmirumu, kas sevī neietver krājas zudumus, kuru cēlonis ir dabiskie traucējumi (vējgāzes, ugunsgrēki utt.) vai cilvēka darbība (Liepa, 2009). Taču jāatzīst, ka nodalīt dabisko traucējumu radītos zudumus no dabiskā atmiruma ne vienmēr ir iespējams. Tādēļ pašreiz uzskaitīti visi dabiskie zudumi kopā.

Tā kā otrajā ciklā nav uzmērīts starpinventarizācijas laikā atmirušo koku pieaugums (pieņemts, ka tie nav veidojuši pieaugumu), to dimensijas pieņemtas par tādām, kādas tās bija 1. cikla uzmērījumā.

Aprēķinu kopā netiek iekļauti parauglaukumi, kuros pēc 1. cikla mērījuma ir veikta cirte, t.i., 2.ciklā konstatēti jauni celmi.

Izstrādāts vienādojums:

$$Z_{(-)} = a_1 A^{a_2} a_3^{100} a_4^B \quad (2.13.)$$

$Z_{(-)}$ - faktiskās audzes reducētais tekošais vidēji periodiskais pieaugums, m^3/m^2ha^{-1} ;

B – audzes bonitātes grupa (2.9. tabula);

A – audzes vecums, gadi;

$a_1; a_2; a_3; a_4$ – koeficienti atkarībā no sugas (2.10. tabula).

2.9. tabula

Bonitāšu sadalījums pa bonitāšu grupām vienādojumā (2.13. formula) reducētā dabiskā atmiruma aprēķināšanai

Audzes bonitātes grupa	Priede	Egle	Bērzs	Apse	Melnalksnis	Baltalksnis
1	0;1	0;1	0;1	0,1,2,3,4	0;1;2	0,1,2,3,4
2	2;3	2;3;4	2;3;4;5			
3	4;5					

Jaunais vienādojums ir uzskatāms par pagaidu vienādojumu, kuru nepieciešams pārbaudīt uz neatkarīgas datu kopas un kuru paredzēts uzlabot papildinot paraugkopas lielumu.

2.10. tabula

Vienādojuma (2.13. formula) reducētā dabiskā atmiruma aprēķināšanai koeficientu vērtības un statistiskie rādītāji

Suga	Koeficientu vērtības				Vecuma ierobežojumi					Vienādojuma statistiskie rādītāji								
	a1	a2	a3	a4	Ia, I bon	II bon	III bon	IV bon	V bon	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R ²	R ² adj	N
1	0.025	0.261	0.929	0.756	15...105	15...125	15...125	25...155	25...155	0.002	0.045	0.061	0.004	0.975	0.018	0.025	0.023	486
3	0.013	0.622	0.926	0.633	15...95	15...105	15...105	15...105	-	-0.001	0.065	0.086	0.007	0.890	0.067	0.110	0.106	218
4	0.024	0.352	0.782	0.881	5...85	5...85	5...85	5...85	5...85	0.004	0.063	0.081	0.007	0.959	0.013	0.041	0.038	356
6	0.016	0.182	7.044	nav	25...75	25...75	25...75	25...75	-	-0.001	0.051	0.067	0.004	1.025	0.100	-0.025	-0.046	50
8	0.026	0.34	0.671	nav	5...75	5...75	5...75	5...75	-	0.003	0.065	0.091	0.008	0.953	0.012	0.047	0.028	52
9	0.013	0.622	1.042	nav	5...45	5...45	5...45	5...45	-	-0.003	0.061	0.078	0.006	0.801	0.093	0.199	0.186	62

MRES - vidējā novirze

AMRES - vidējā absolūtā novirze

RMSE - standartklūda

MSE - vidējā kvadrātiskā klūda

MEF - modeļa efektivitātes indekss

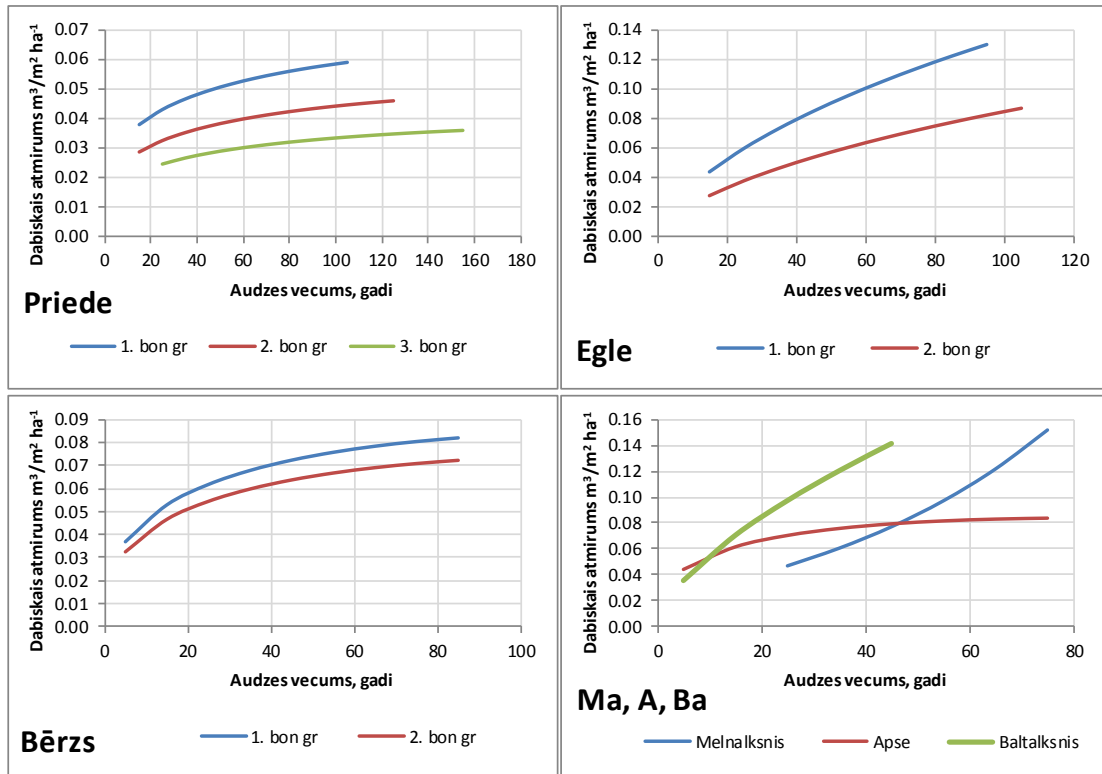
VR - dispersijas attiecība

R² - determinācijas indekss

R²adj - koriģētais determinācijas indekss

N - parauglaukumu skaits

Pašreizējā variantā vienādojums ir izmantojams tikai priedes, egles un bērza audzēs, jo pārējām sugām aproksimētais vienādojums ir balstīts uz mazu datu kopu, līdz ar to ir nepieciešams iegūto vienādojumu pārbaudīt uz neatkarīgu datu kopu.



2.11. attēls. Vienādojuma (2.13. formula) aproksimētais reducētais dabiskais atmirums atkarībā no audzes vecuma

2.4. Krājas differences modelis

Krājas difference parauglaukumiem aprēķināta atbilstoši 2.15. formulai.

$$Z_{dab} = Z_M - Z_{Matm} - Z_{Mizc} \quad (2.15)$$

3. MSI datu izmantošanas iespēju novērtējums ticamu augšanas gaitas modeļu iegūšanā koku sugām priede, egle, bērzs, apse, melnalksnis, baltalksnis (3.d.uzd.)

Augšanas gaitas modeļu adekvātumu nolemts pārbaudīt izmantojot sekojošus kritērijus – modeļa forma un parametrizācijas atbilstība, bioloģiskais reālisms, salīdzināmība, modeļa drošums, pielāgošanas iespējas.

Sakarība starp vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu

Atbilstoši vispārpieņemtajiem uzstādījumiem, gadījumā, ja koku skaits ir 100 gab. ha^{-1} , tad virsaugstums un vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumiem būtu jābūt vienādiem, savukārt, ja koku skaits ir mazāks par 100, tad virsaugstumu aprēķināt nevar. Tā kā 1.1. vienādojumā šāda ierobežojums nav nodefinēts, nepieciešams pārbaudīt arī kāds ir mazākais koku skaits uz ha, pie kāda šis vienādojums ir adekvāts.

Vienādojums nosaka, ka, jo mazāks koku skaits, jo mazāka atšķirība starp virs augstumu un vidējā kvadrātiskā koka augstumu. Gadījumos, ja koku skaits uz ha ir mazāks par 100, virsaugstums audzei nav konceptuāli nosakāms, tādēļ no šāda viedokļa, lietderīgāks ir rādītājs – valdaudzes augstums, jo neatkarīgi no koku skaita būs vismaz viens koks, kas ir augstuma grupā $>H_{\text{max}} * 0.81$.

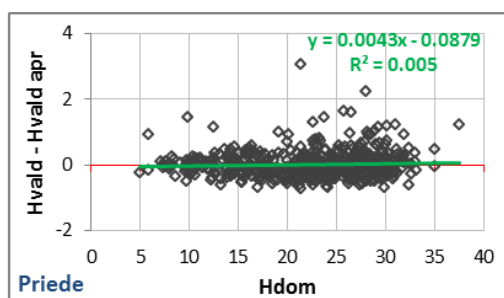
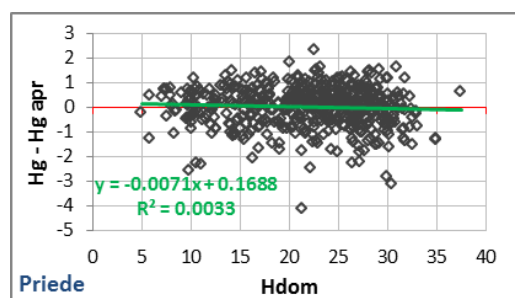
Gadījumos, ja audzē tiek veikta kopšana, kurā tiek izcirsti piem., puse no kokiem katrā caurmēri pakāpē, tad atbilstoši vienādojumiem, mazāks koku skaits nozīmē, ka H_g ir mazāks nekā sākotnējais, lai arī tas paliek tāds pats. Tātad vienādojums jāpapildina ar koeficientu, kas ievērtētu koku ciršanas veida ietekmi uz audzes augstumu raksturojošiem rādītājiem.

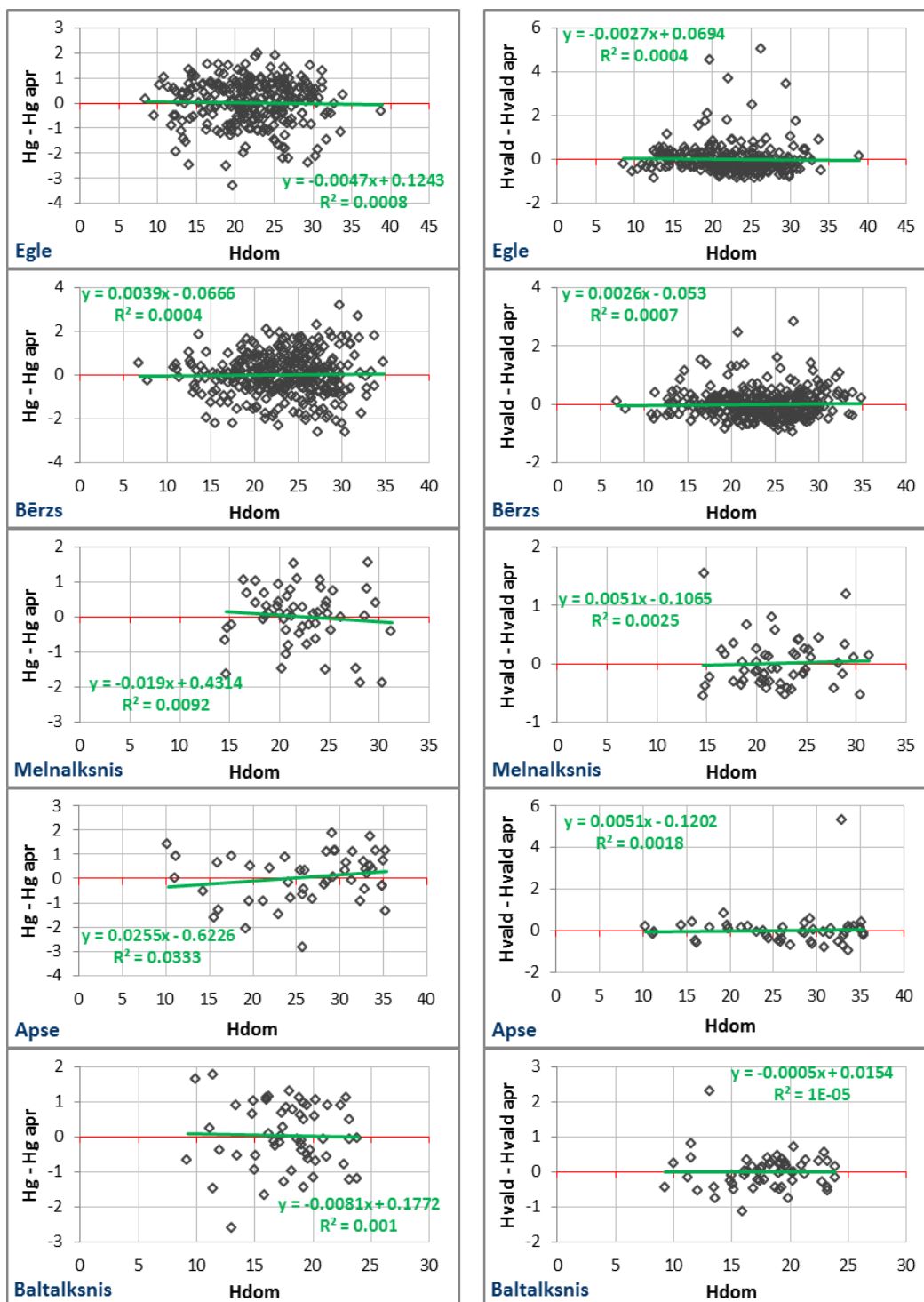
Parasti Latvijā audžu kopšanu veic no apakšas, tādēļ virsaugstums H_{dom} vai valdaudzes augstums ir stabilāks rādītājs nekā vidējā kvadrātiskā caurmēri koka augstums, tomēr, ja audze tiek kopta no augšas (izcirsti resnākie koki), tad matemātiski pazeminās audzes bonitāte.

Vienādojumi ir salīdzinoši precīzi, jo neatkarīgi no koku sugas un H_g (audzes vidējais augstums) un H_{vald} (valdaudzes augstums) aprēķināto vērtību vidējā novirze ir mazāka par 0.3 metriem un standartklūda ir mazāka par vienu metru (3.1. tabula). Visiem vienādojumiem starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām konstatēta cieša korelācija ($R > 0,90$).

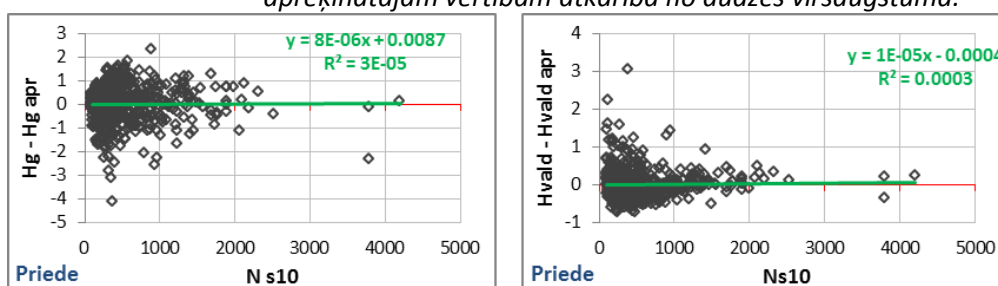
3.1.attēlā atspoguļota Audzes vidējā (H_g) un valdaudzes (H_{vald}) augstuma starpības starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes virsaugstuma. Savukārt 3.2. attēls. Audzes vidējā (H_g) un valdaudzes (H_{vald}) augstuma starpības starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes valdošās koku sugas I stāva koku skaita (H_g) vai valdaudzes koku skaita (H_{vald}).

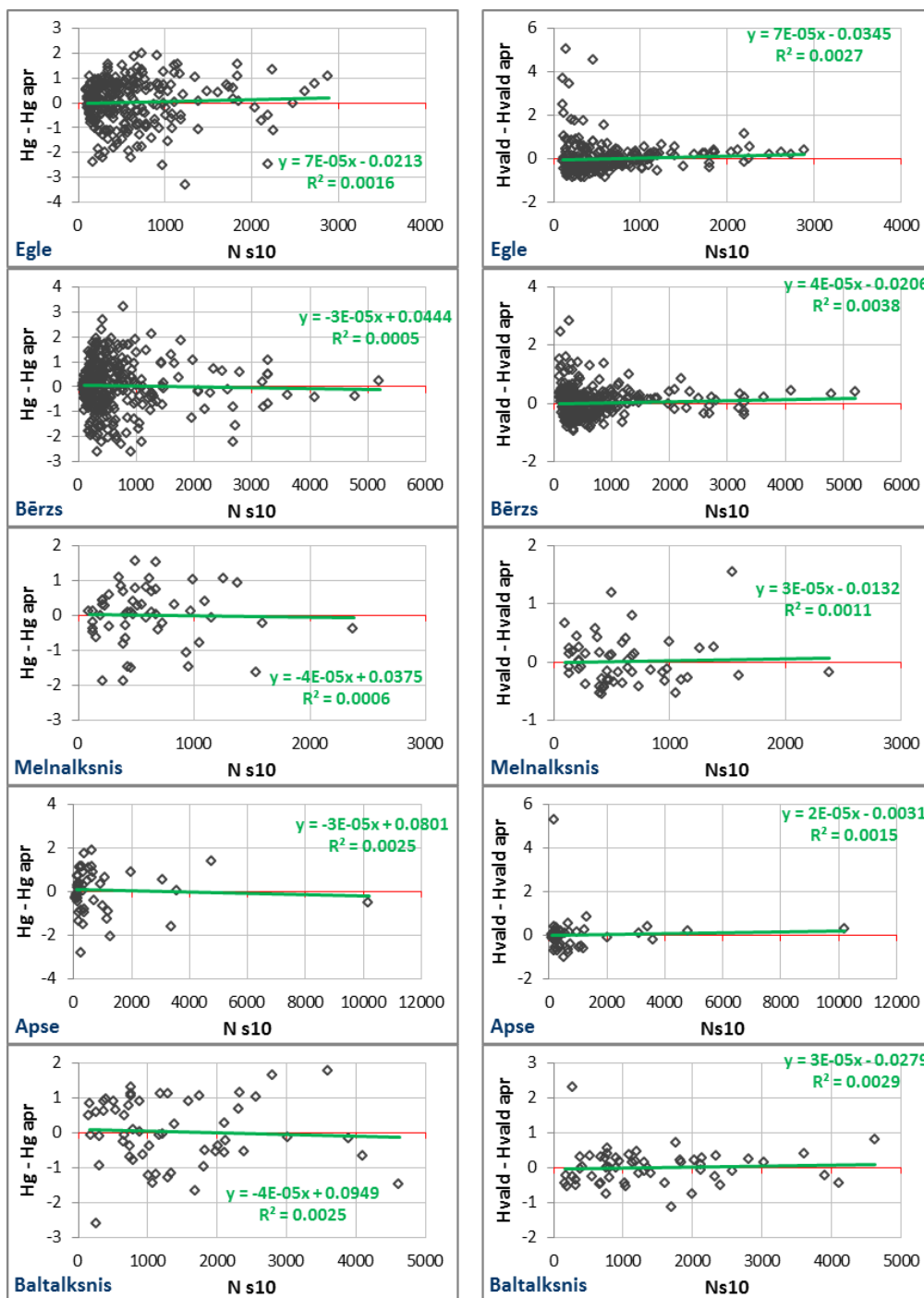
Nevienā gadījumā nav konstatēts būtiskas sistemātiskas novirzes, ne atkarībā no virsaugstuma, ne arī atkarībā no koku skaita uz ha..





3.1. attēls. Audzes vidējā (Hg) un valdaudzes (Hvald) augstuma starpības starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes virsaugstuma.





3.2. attēls. Audzes vidējā (H_g) un valdaudzes (H_{vald}) augstuma starpības starp uzņēmējām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes valdošās koku sugas I stāva koku skaita (H_g) vai valdaudzes koku skaita (H_{vald}).

1.1. un 1.2. vienādojumu izvērtējums

Kritērijs	Vērtējums
Modeļa forma un parametrizācija:	
Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
Vai modelis ir elastīgs?	Jā
Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais	

reālisms:	
Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Nē. Modelis nestrādā adekvāti, ja koku skaits ir 100. Skat. ierobežojumus 1.3.1.nodaļā.
Vai nav lieku mainīgo?	Nē
Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
Salīdzināmība:	
Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē
Modeļa drošums:	
Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
Pielāgošanas iespējas	
Vai modelis ir paplašināms?	Jā
Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Nav attiecināms

Virsaugstuma un vidējā augstuma augšanas gaita formula 1.3.

Uz MSI parauglaukumu datu bāzes datiem modelēti tikai 1.stāva valdošās koku sugas augstuma izmaiņas, jo pārējiem meža elementiem veikti parasti 1 – 3 koku augstumu mērījumi, kas viennozīmīgi ir nepietiekami, lai rēķinātu augstuma līknes parametrus tieši no mērījumu datiem. Augstuma pieaugumu piemistrojuma sugām un II stāva sugām ietekmē citu lielāko koku augstums, kas novērtējam kā konkurējošo koku ietekmē samazinātu augstuma pieaugumu. Balstot uz MSI datiem šādiem vienādojumiem ticamu vērtību ieguve ir maziespējama, it sevišķi retāk sastopamām gradācijas klasēm – apsei, baltalksnim, melnalksnim.

Iegūtais 1.3. vienādojums paredzēts audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā koka augstuma (H_g), valdaudzes augstuma (H_{vald}) un virsaugstuma (H_{dom}) augšanas gaitas modelēšanai.

Priede. Visiem augstuma veidiem (H_g ; H_{vald} ; H_{dom}) vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem augstumiem ir mazāka par 10 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.4. tabula). Starpībai starp uzmērīto un aprēķināto augstumu nav konstatēta būtiska korelācija ar audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto augstumu (3.3. attēls). Vienādojuma vecuma ierobežojums ir 10-160 gadi un augstuma ierobežojumi ir 2-40 metri.

Egle. Visiem augstuma veidiem (H_g ; H_{vald} ; H_{dom}) vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem augstumiem ir mazāka par 10 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.4. tabula). Starpībai starp uzmērīto un aprēķināto augstumu nav konstatēta būtiska korelācija ar audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto augstumu (3.4. attēls). Vienādojuma vecuma ierobežojums ir 10-160 gadi un augstuma ierobežojumi ir 2-40 metri.

Bērzs. Visiem augstuma veidiem (H_g ; H_{vald} ; H_{dom}) vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem augstumiem ir mazāka par 10 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.4. tabula). Starpībai starp uzmērīto un aprēķināto augstumu nav

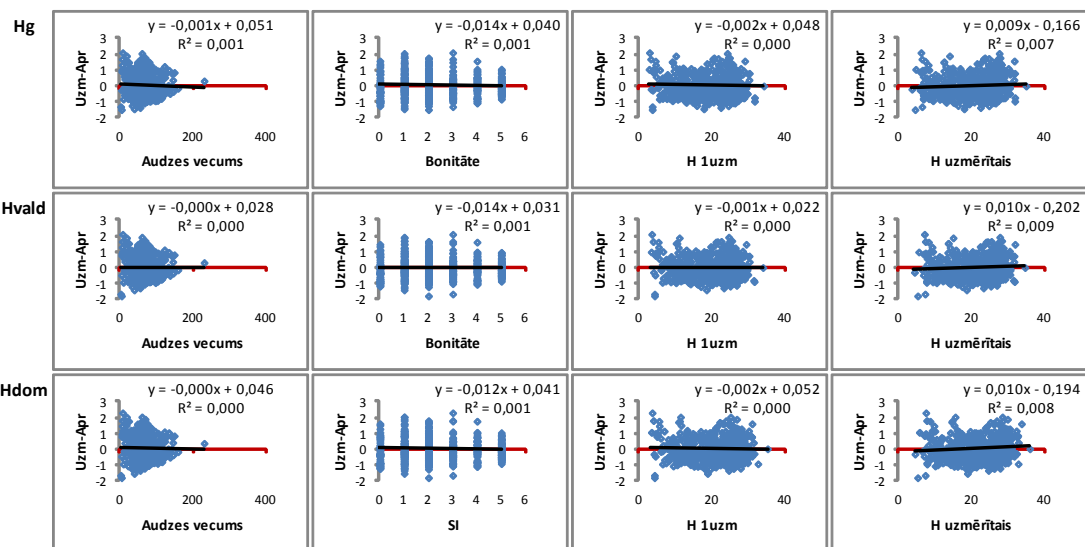
konstatēta būtiska korelācija ar audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto augstumu (3.5. attēls). Vienādojuma vecuma ierobežojums ir 10-100 gadi un augstuma ierobežojumi ir 2-40 metri.

Melnalksnis. Visiem augstuma veidiem (Hg; Hvald; Hdom) vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem augstumiem ir mazāka par 10 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.4. tabula). Starpībai starp uzmērīto un aprēķināto augstumu nav konstatēta būtiska korelācija ar audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto augstumu (3.6. attēls). Vienādojuma vecuma ierobežojums ir 10-80 gadi un augstuma ierobežojumi ir 2-40 metri.

Apse. Visiem augstuma veidiem (Hg; Hvald; Hdom) vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem augstumiem ir mazāka par 10 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.4. tabula). Starpībai starp uzmērīto un aprēķināto augstumu nav konstatēta būtiska korelācija ar audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto augstumu (3.7. attēls). Vienādojuma vecuma ierobežojums ir 10-80 gadi un augstuma ierobežojumi ir 4-40 metri.

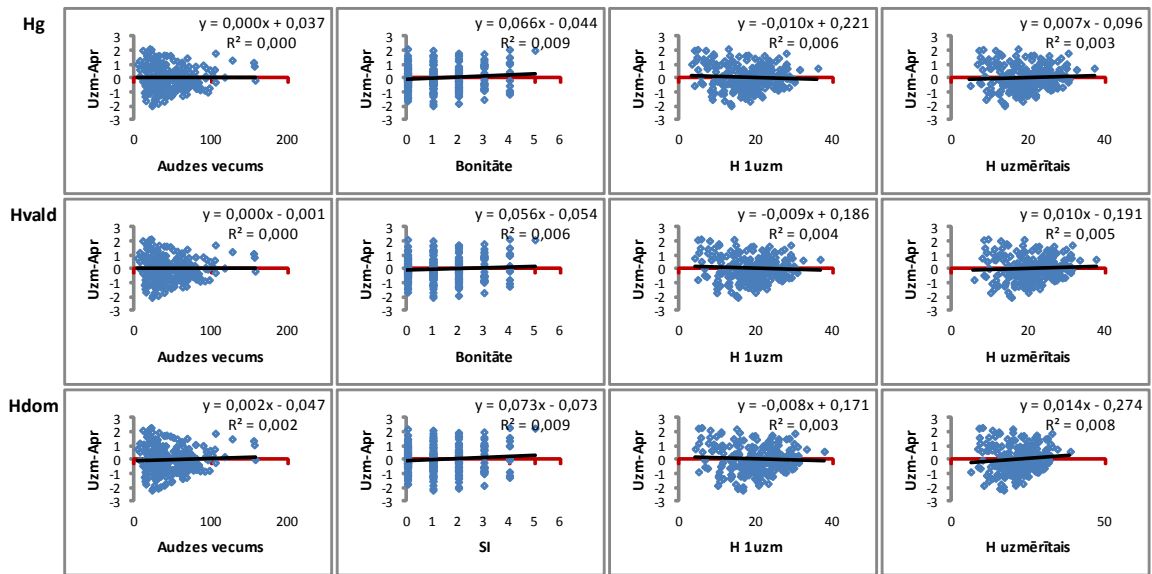
Baltalksnis. Visiem augstuma veidiem (Hg; Hvald; Hdom) vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem augstumiem ir mazāka par 10 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.4. tabula). Starpībai starp uzmērīto un aprēķināto augstumu nav konstatēta būtiska korelācija ar audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto augstumu (3.8. attēls). Vienādojuma vecuma ierobežojums ir 10-60 gadi un augstuma ierobežojumi ir 2-30 metri.

Lai gan iegūto vienādojumu statistiskie rādītāji ir ar augstu precizitāti, tomēr šie vienādojumi uzskatāmi par pagaidu, ko nepieciešams pārbaudīt uz neatkarīgas datu bāzes.



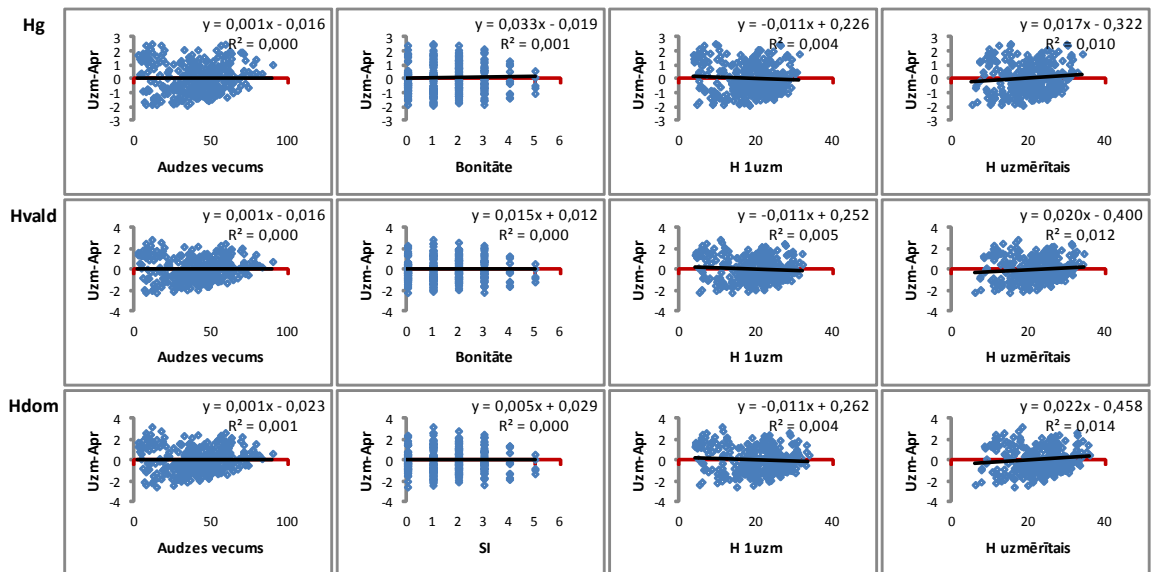
3.3. attēls. I stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzmērīto un aproksimēto augstumu starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzmērītā augstuma (H1) un 2. ciklā uzmērītā augstuma (Huzmērītais) priežu audzēs.

Hg – I stāva valdošās koku sugas augstums; Hvald – I stāva valdošās koku sugas valdaudzes augstums; Hdom – I stāva valdošās koku sugas virsaugstums.



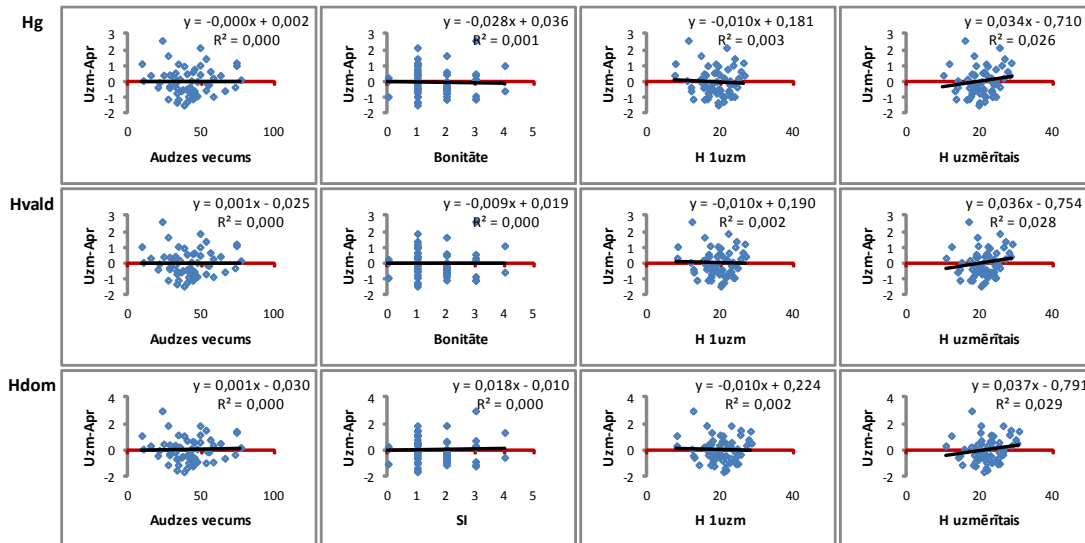
3.4. attēls. I stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzmērīto un apromimēto augstumu starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzmērītā augstuma (H1) un 2. ciklā uzmērītā augstuma (Huzmērītais) egļu audzēs.

Hg – I stāva valdošās koku sugas augstums; Hvald – I stāva valdošās koku sugas valdaudzēs augstums; Hdom – I stāva valdošās koku sugas virsaugstums.



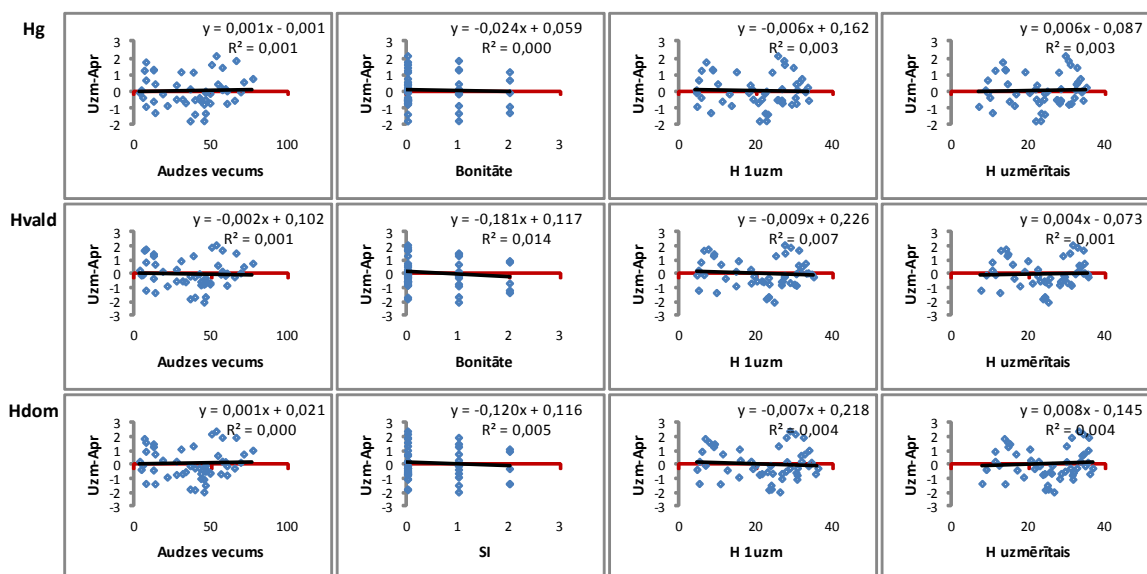
3.5. attēls. I stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzmērīto un apromimēto augstumu starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzmērītā augstuma (H1) un 2. ciklā uzmērītā augstuma (Huzmērītais) bērzu audzēs.

Hg – I stāva valdošās koku sugas augstums; Hvald – I stāva valdošās koku sugas valdaudzēs augstums; Hdom – I stāva valdošās koku sugas virsaugstums.



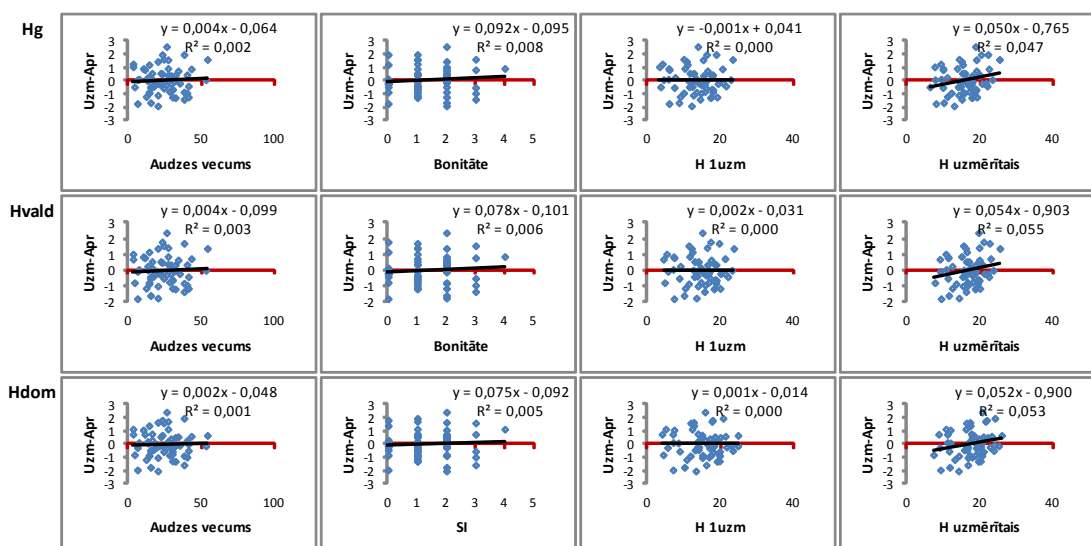
3.6. attēls. I stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzmērīto un aproksimēto augstumu starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzmērītā augstuma (H1) un 2. ciklā uzmērītā augstuma (Huzmērītais) melnalkšņu audzēs.

Hg – I stāva valdošās koku sugas augstums; Hvald – I stāva valdošās koku sugas valdaudzēs augstums; Hdom – I stāva valdošās koku sugas virsaugstums.



3.7. attēls. I stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzmērīto un aproksimēto augstumu starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzmērītā augstuma (H1) un 2. ciklā uzmērītā augstuma (Huzmērītais) apšu audzēs.

Hg – I stāva valdošās koku sugas augstums; Hvald – I stāva valdošās koku sugas valdaudzēs augstums; Hdom – I stāva valdošās koku sugas virsaugstums.



3.8. attēls. 1 stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzmērīto un aproksimēto augstumu starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzmērītā augstuma (H1) un 2. ciklā uzmērītā augstuma (Huzmērītais) baltalkšņu audzēs.

Hg – 1 stāva valdošās koku sugas augstums; Hvald – 1 stāva valdošās koku sugas valdaudzės augstums; Hdom – 1 stāva valdošās koku sugas virsaugstums.

Kritērijs	Vērtējums
Modeļa forma un parametrizācija:	
Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
Vai modelis ir elastīgs?	Jā
Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Nē. Modelis nestrādā adekvāti, ja koku skaits ir 100. Skat. ierobežojumus tabulā.
Vai nav lieku mainīgo?	Nē
Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
Salīdzināmība:	
Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē, bet izmantoti tikai vienreiz pārmērītu parauglūkumu dati, kam varētu būt augsta „trokšņa signāla” attiecība
Modeļa drošums:	
Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
Pielāgošanas iespējas	
Vai modelis ir paplašināms?	Jā
Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Nav attiecināms

Caurmēra augšanas gaitas modelis – formula 1.4.

legūtais 1.4. vienādojums paredzēts audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (D_g) augšanas gaitas modelēšanai. Vienādojums aproksimēts 2 variantos:

1. MSI pārmērījumu datiem kā otrā un pirmā cikla pirmā stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā koka caurmēru starpība;
2. MSI parauglaukumos urbto koku, kuru caurmērs $0.8 < D_g < 1.2$, radiālo pieaugumu mērījumiem.

Priede. Abos variantos vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem caurmēriem ir mazāka par 0,1 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.6. un 1.3.7. tabulas). 1. variantā (MSI pārmērījuma dati) starpībai starp uzmērīto un aprēķināto caurmēru nav konstatēta būtiska korelācija ar audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto caurmēru. 2. variantā (MSI urbto koku dati) starpībai starp uzmērīto un aprēķināto caurmēru konstatēta būtiska vāja lineāri negatīva korelācija ar audzes vecumu, bet ar bonitāti un uzmērīto caurmēru korelācijas nav būtiskas (3.9. attēls). Vienādojumu ierobežojumi atspoguļoti 1.3.6.-1.3.7. tabulās.

Egle. Abos variantos vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem caurmēriem ir mazāka par 0,1 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.6. un 1.3.7. tabulas). 1. variantā (MSI pārmērījuma dati) starpībai starp uzmērīto un aprēķināto caurmēru konstatēta būtiska vāja lineāri pozitīva korelācija ar audzes bonitāti, bet ar audzes vecumu un uzmērīto caurmēru korelācijas nav būtiskas. 2. variantā (MSI urbto koku dati) starpībai starp uzmērīto un aprēķināto caurmēru konstatēta būtiska vāja lineāri negatīva korelācija ar audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto caurmēru (3.10. attēls). Vienādojumu ierobežojumi atspoguļoti 1.3.6.-1.3.7. tabulās.

Bērzs. Abos variantos vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem caurmēriem ir mazāka par 0,1 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.6. un 1.3.7. tabulas). 1. variantā (MSI pārmērījuma dati) starpībai starp uzmērīto un aprēķināto caurmēru konstatēta būtiska vāja lineāri pozitīva korelācija ar 2. ciklā uzmērīto caurmēru, bet ar audzes vecumu, bonitāti un 1. ciklā uzmērīto caurmēru korelācijas nav būtiskas. 2. variantā (MSI urbto koku dati) starpībai starp uzmērīto un aprēķināto caurmēru konstatēta būtiska vāja lineāri negatīva korelācija ar audzes vecumu un 1. ciklā uzmērīto caurmēru, bet ar audzes bonitāti un 2. ciklā uzmērīto caurmēru korelācijas nav būtiskas (3.11. attēls). Vienādojumu ierobežojumi atspoguļoti 1.3.6.-1.3.7. tabulās.

Melnalksnis. Abos variantos vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem caurmēriem ir mazāka par 0,1 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.6. un 1.3.7. tabulas). 1. variantā (MSI pārmērījuma dati) starpībai starp uzmērīto un aprēķināto caurmēru nav konstatēta būtiska korelācija ar audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto caurmēru. 2. variantā (MSI urbto koku dati) starpībai starp uzmērīto un aprēķināto caurmēru konstatēta būtiska vāja lineāri pozitīva korelācija ar 2. ciklā uzmērīto caurmēru, bet ar audzes vecumu, bonitāti un 1. ciklā uzmērīto caurmēru korelācijas nav būtiskas (3.12. attēls). Vienādojumu ierobežojumi atspoguļoti 1.3.6.-1.3.7. tabulās.

Apse. Abos variantos vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem caurmēriem ir mazāka par 0,1 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.6. un 1.3.7. tabulas). Abos variantos starpībai starp uzmērīto un aprēķināto caurmēru nav konstatēta būtiska korelācija ar audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto caurmēru (3.13. attēls). Vienādojumu ierobežojumi atspoguļoti 1.3.6.-1.3.7. tabulās.

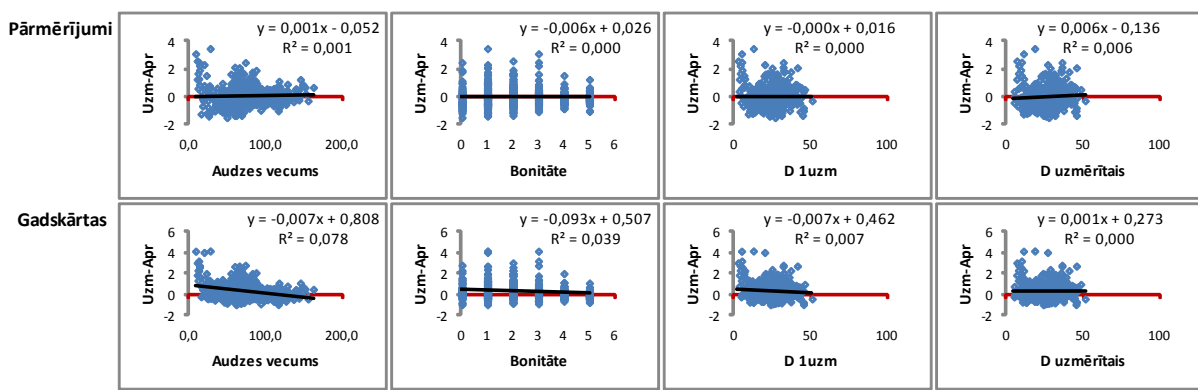
Baltalksnis. Abos variantos vidējā novirze starp uzmērītajiem un aprēķinātajiem caurmēriem ir mazāka par 0,1 cm (teorētiskā uzmērīšanas precizitāte) un ir konstatēta cieša lineāri pozitīva korelācija (1.3.6. un 1.3.7. tabulas). 1. variantā (MSI pārmērījuma dati) starpībai starp uzmērīto un aprēķināto caurmēru konstatēta būtiska vāja lineāri pozitīva korelācija ar audzes bonitāti un 2. ciklā

uzmērīto caurmēru, bet ar audzes vecumu, un 1. ciklā uzmērīto caurmēru korelācijas nav būtiskas. 2. variantā (MSI urbto koku dati) starpībai starp uzmērīto un aprēķināto caurmēru konstatēta būtiska vāja lineāri pozitīva korelācija ar audzes bonitāti, bet ar audzes vecumu un uzmērīto caurmēru korelācijas nav būtiskas (3.14. attēls). Vienādojumu ierobežojumi atspoguļoti 1.3.6.-1.3.7. tabulās.

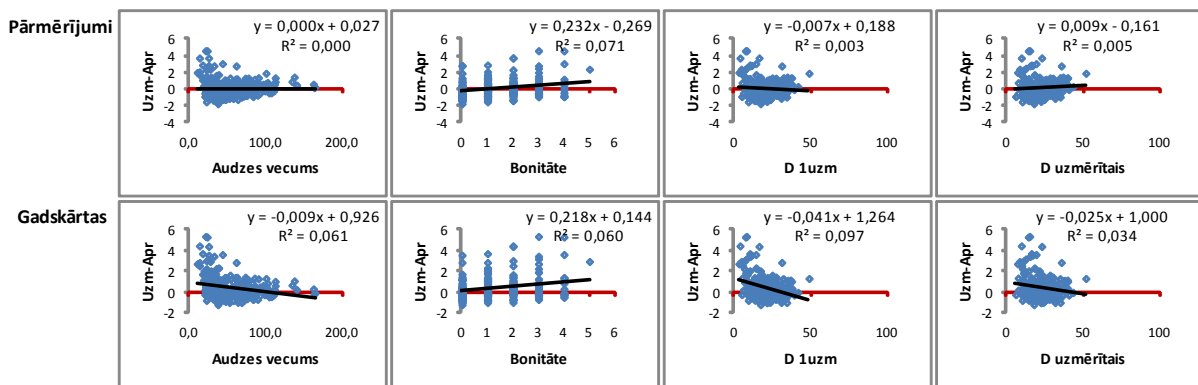
I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā koka caurmēra modelēšanai (1.4. vienādojums) pagaidām ieteicams izmantot koeficientus, kas balstīti uz:

- priedei, eglei un bērzam - MSI pārmērījuma datiem (1.3.6. tabula);
- melnalksnim, apsei un baltalksnim – MSI parauglaukumos urbto koku datiem (1.3.7. tabula).

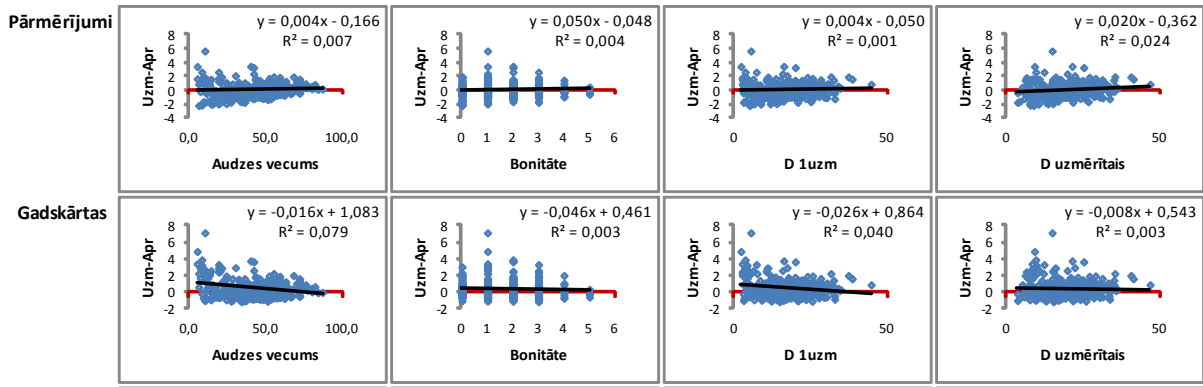
Lai gan iegūto vienādojumu statistiskie rādītāji ir ar augstu precizitāti, tomēr šie vienādojumi uzskatāmi par pagaidu, ko nepieciešams pārbaudīt uz neatkarīgas datu bāzes.



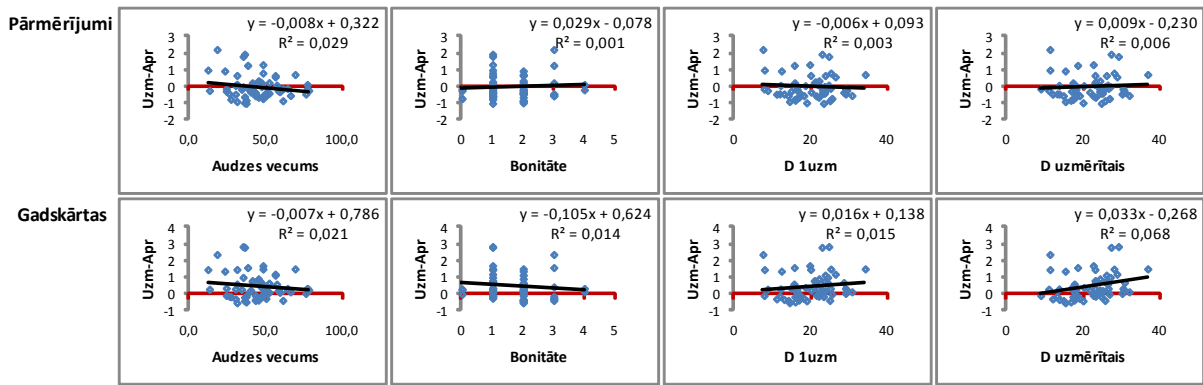
3.9 attēls. I stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzmērīto un aproksimēto vidējā kvadrātiskā koka caurmēru starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzmērītā vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (D1) un 2. ciklā uzmērītā vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (Duzmērītais) priežu audzēs. Pārmērījumi – MSI parauglaukumu pārmērījumu datu aproksimācija; Gadskārtas – MSI parauglaukumu urbto koku datu aproksimācija.



3.10. attēls. I stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzmērīto un aproksimēto vidējā kvadrātiskā koka caurmēru starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzmērītā vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (D1) un 2. ciklā uzmērītā vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (Duzmērītais) egļu audzēs. Pārmērījumi – MSI parauglaukumu pārmērījumu datu aproksimācija; Gadskārtas – MSI parauglaukumu urbto koku datu aproksimācija.

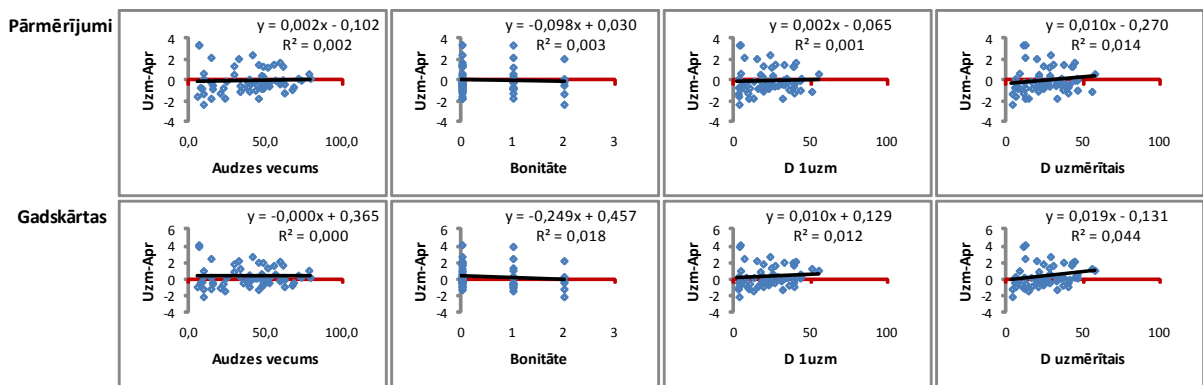


3.11. attēls. I stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzmērīto un aproksimēto vidējā kvadrātiskā koka caurmēru starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzmērītā vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (D1) un 2. ciklā uzmērītā vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (Duzmērītais) bērzu audzēs. Pārmērījumi – MSI parauglaukumu pārmērījumu datu aproksimācija; Gadskārtas – MSI parauglaukumu urbto koku datu aproksimācija.



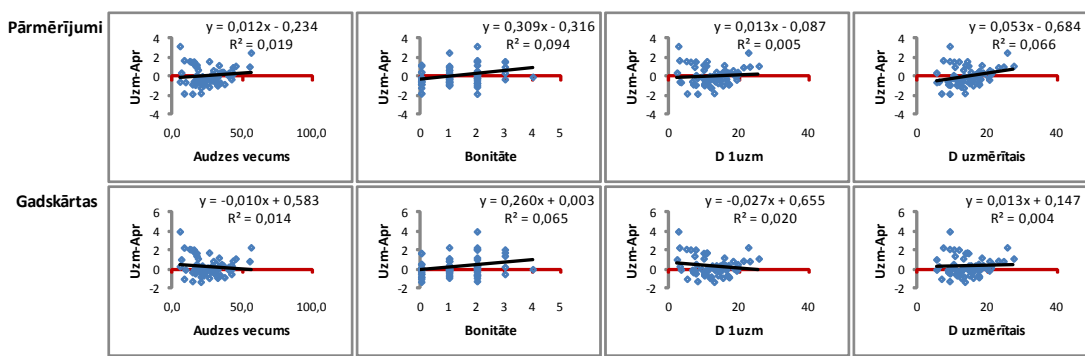
3.12. attēls. I stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzmērīto un aproksimēto vidējā kvadrātiskā koka caurmēru starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzmērītā vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (D1) un 2. ciklā uzmērītā vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (Duzmērītais) melnalkšņu audzēs.

Pārmērījumi – MSI parauglaukumu pārmērījumu datu aproksimācija; Gadskārtas – MSI parauglaukumu urbto koku datu aproksimācija.



3.13. attēls. I stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzmērīto un aproksimēto vidējā kvadrātiskā koka caurmēru starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzmērītā vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (D1) un 2. ciklā uzmērītā vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (Duzmērītais) apšu audzēs.

Pārmērījumi – MSI parauglaukumu pārmērījumu datu aproksimācija; Gadskārtas – MSI parauglaukumu urbto koku datu aproksimācija.



3.14. attēls. 1 stāva valdošās koku sugas 2. cikla uzņēmāto un aptuveno vidējā kvadrātiskā koka caurmēru starpība atkarībā no audzies vecuma, bonitātes, 1. ciklā uzņēmāto vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (D1) un 2. ciklā uzņēmāto vidējā kvadrātiskā koka caurmēra (Duzņēmātais) baltalkšņu audzēs.

Pārmērījumi – MSI parauglaukumu pārmērījumu datu aptuvmācība; Gadskārtas – MSI parauglaukumu urbtu koku datu aptuvmācība.

Kritērijs	Vērtējums
Modeļa forma un parametrizācija:	
Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
Vai modelis ir elastīgs?	Jā
Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Jā
Vai nav lieku mainīgo?	Nē
Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājumu, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovariāsu vērtība ir 0?	Jā
Salīdzināmība:	
Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē
Modeļa drošums:	
Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
Pielāgošanas iespējas	
Vai modelis ir paplašināms?	Jā
Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Nav attiecināms

Caurmēra pieaugums modelēts:

- 1) Parauglaukumiem, kuros koku skaits starpinventarizācijas periodā nav mainījies.
- 2) Parauglaukumiem, kuros koku skaits starpinventarizācijas periodā ir samazinājies:
 - a. Pašizretināšanās vai koku novecošanas rezultātā;

Caurmēra pieaugums pašreiz nav modelēts parauglaukumiem, kuros koku skaits starpinventarizācijas periodā ir:

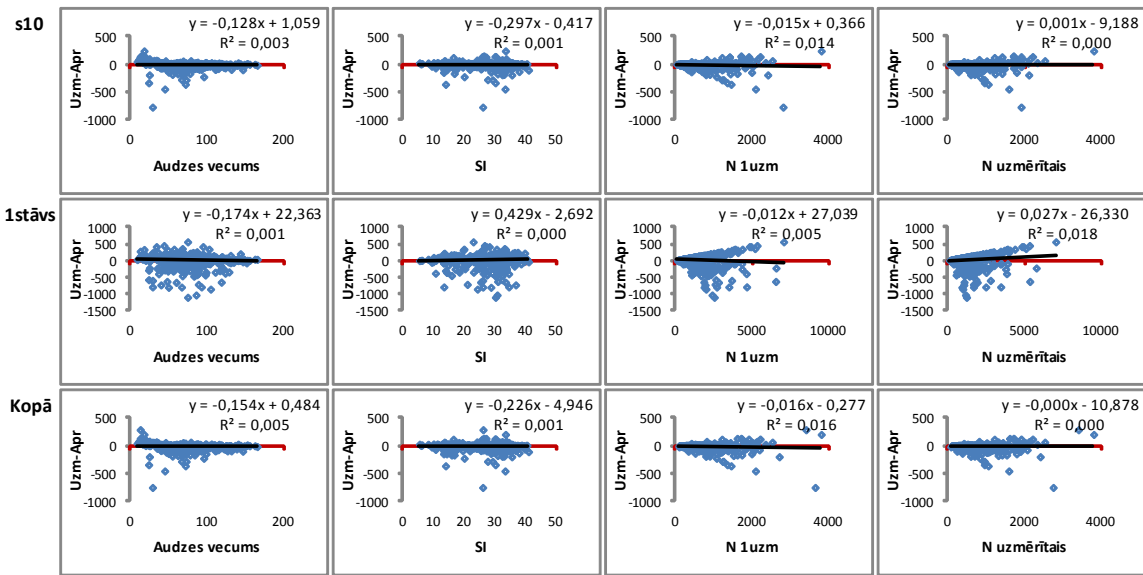
- a. samazinājies nozīmīga neregulāra atmiruma (dabisko traucējumu) rezultātā;
- b. samazinājies koku ciršanas rezultātā,
- c. palielinājies ieaugšanās rezultātā.

Šis uzdevums ir veicams nākošajos pētījuma posmos.

Caurmēra augšanas gaitas modelis – formula 1.5.

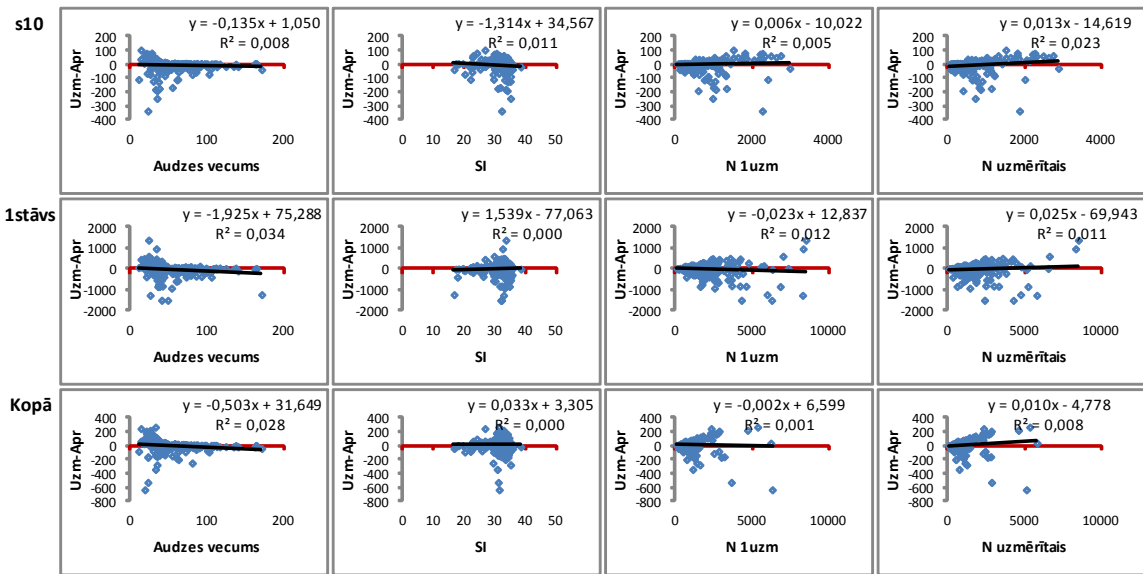
Kritērijs	Vērtējums
Modeļa forma un parametrizācija:	
Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Nē
Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
Vai modelis ir elastīgs?	Jā
Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Ne visām sugām
Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Jā
Vai nav lieku mainīgo?	Ne visi mainīgie pašreiz ir ar statistiski būtiskām koeficientu vērtībām
Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājumu, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovariāsu vērtība ir 0?	Jā
Salīdzināmība:	
Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē
Modeļa drošums:	
Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
Pielāgošanas iespējas	
Vai modelis ir paplašināms?	Jā
Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Nav attiecināms

Kokaudzes koku skaita modelis – formula 1.6.



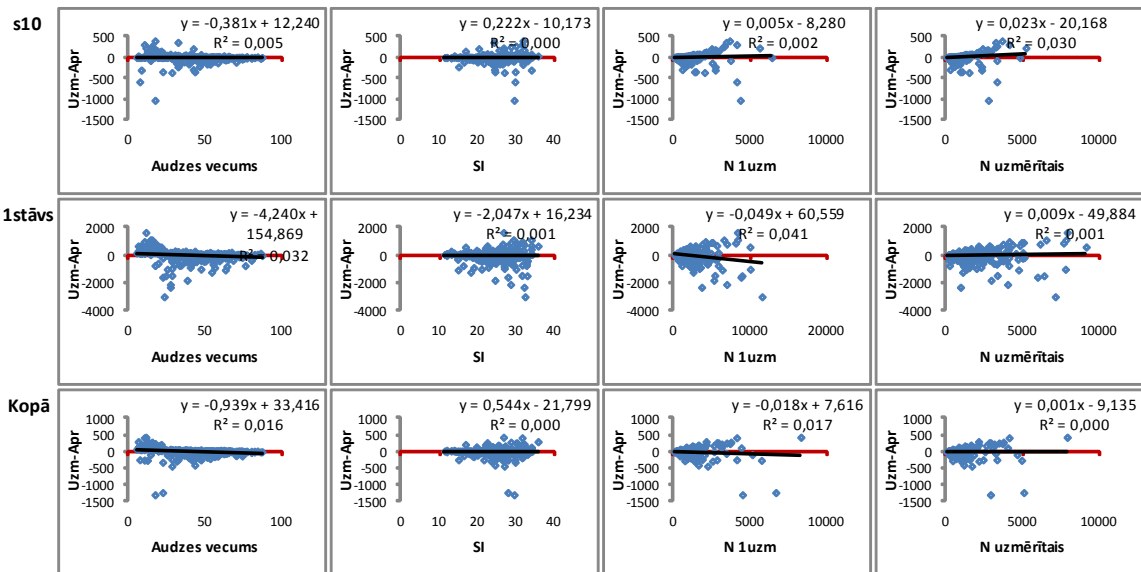
3.15. attēls. Koku skaita uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzēs vecuma, bonitātes(SI- augstums 100 gados), 1. ciklā uzmērītā koku skaita(N 1uzm) un 2. ciklā uzmērītā koku skaita (N uzmērītais) priežu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzēs koku skaits.



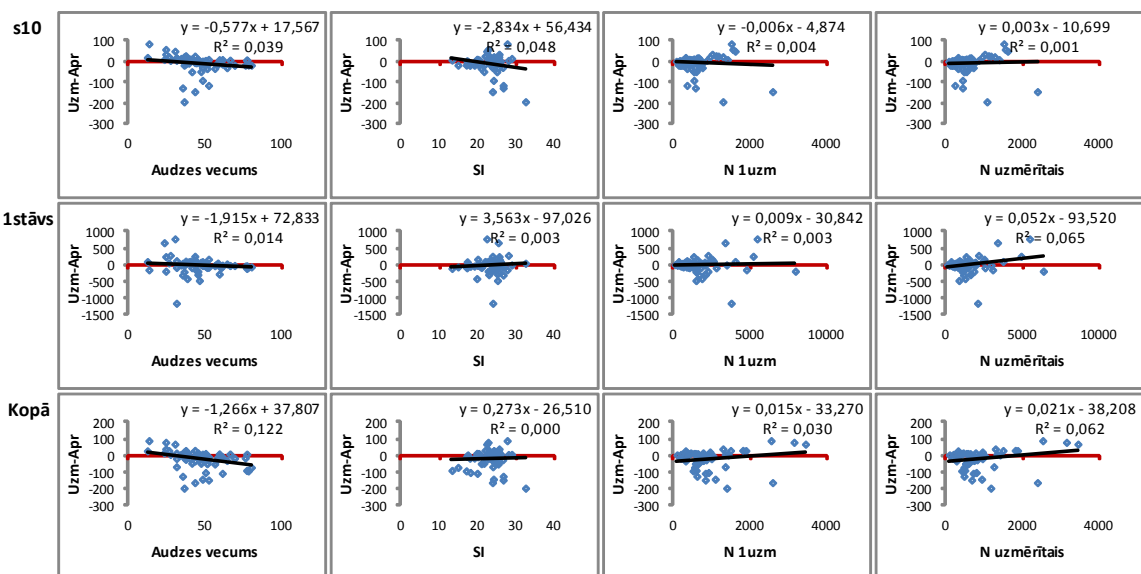
3.16. attēls. Koku skaita uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzēs vecuma, bonitātes(SI- augstums 100 gados), 1. ciklā uzmērītā koku skaita(N 1uzm) un 2. ciklā uzmērītā koku skaita (N uzmērītais) egļu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzēs koku skaits.



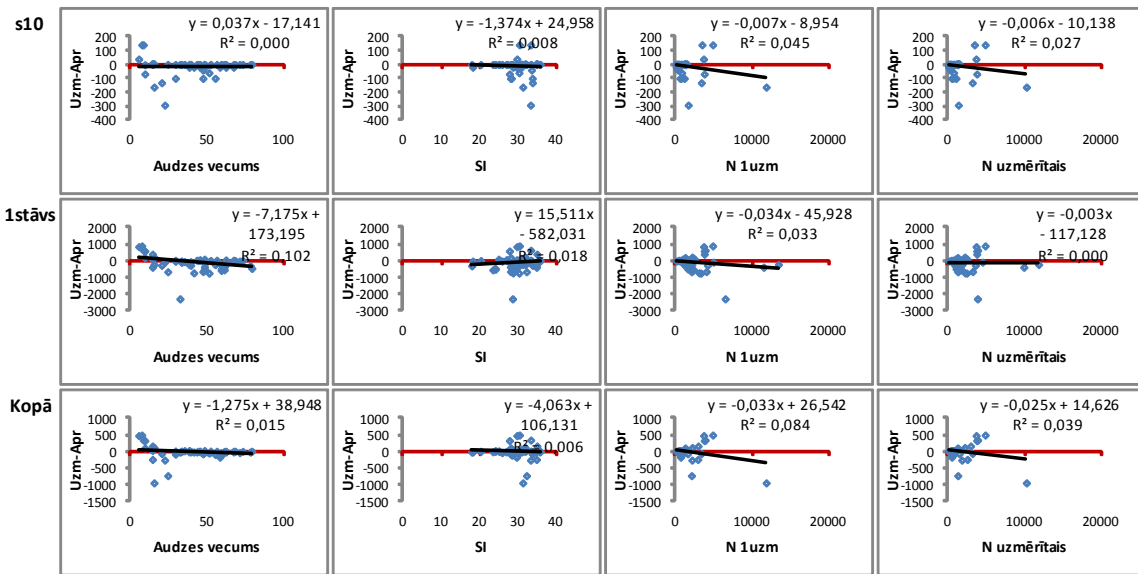
3.17. attēls. Koku skaita uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes(SI- augstums 50 gados), 1. ciklā uzmērītā koku skaita(N 1uzm) un 2. ciklā uzmērītā koku skaita (N uzmērtais) bērzu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzes koku skaits.



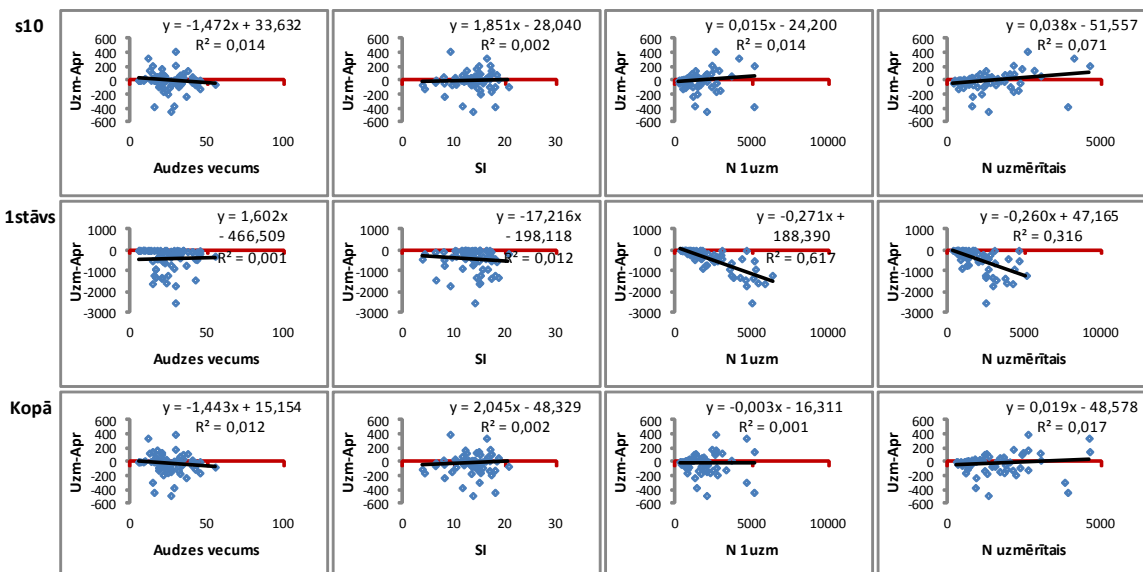
3.18. attēls. Koku skaita uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes(SI- augstums 50 gados), 1. ciklā uzmērītā koku skaita(N 1uzm) un 2. ciklā uzmērītā koku skaita (N uzmērtais) melnalkšņu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzes koku skaits.



3.19. attēls. Koku skaita uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes(SI- augstums 50 gados), 1. ciklā uzmērītā koku skaita(N 1uzm) un 2. ciklā uzmērītā koku skaita (N uzmērītais) apšu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzes koku skaits.



3.20. attēls. Koku skaita uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes(SI- augstums 20 gados), 1. ciklā uzmērītā koku skaita(N 1uzm) un 2. ciklā uzmērītā koku skaita (N uzmērītais) baltalkšņu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzes koku skaits.

Kritērijs	Vērtējums
Modeļa forma un parametrizācija:	
Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Nē
Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
Vai modelis ir elastīgs?	Jā
Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	

Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Nē. Modelētais koku skaits „lauj” pārsniegt pašizretināšanās robežu.
Vai nav lieku mainīgo?	Nē
Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovariāsu vērtība ir 0?	Jā
Salīdzināmība:	
Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē
Modeļa drošums:	
Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
Pielāgošanas iespējas	
Vai modelis ir paplašināms?	Jā
Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Nav attiecināms

Koku skaits izmaiņas modelētas parauglaukumiem, kuros koku skaits starpinventarizācijas periodā nav mainījies vai samazinājies pašizretināšanās vai koku novecošanas rezultātā;

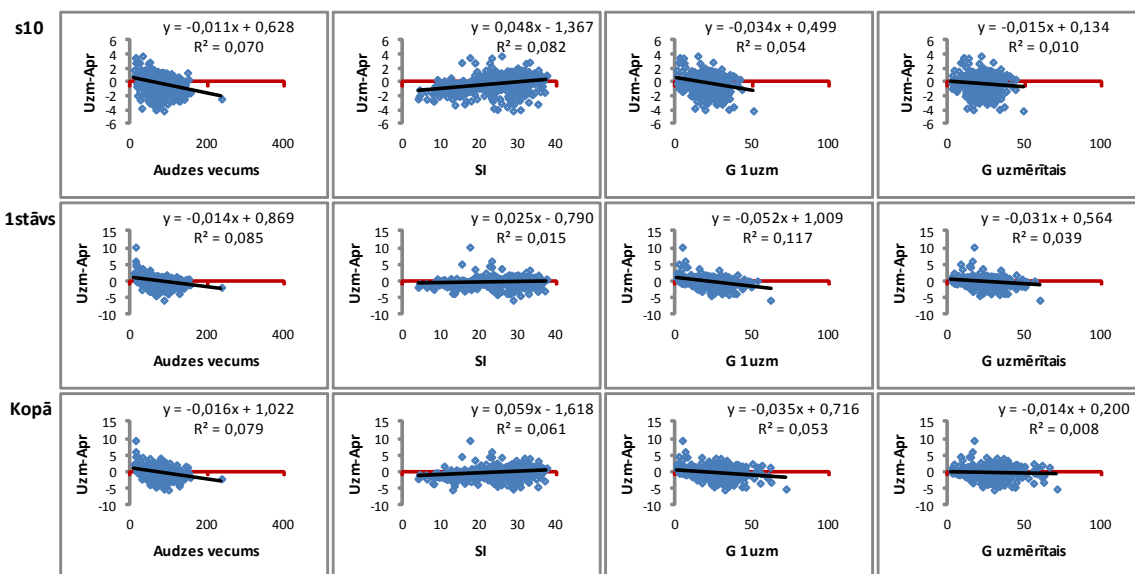
Koku skaita izmaiņas pašreiz nav modelētas parauglaukumiem, kuros koku skaits starpinventarizācijas periodā ir:

- a. samazinājies nozīmīga neregulāra atmiruma (dabisko traucējumu) rezultātā;
- a. samazinājies koku ciršanas rezultātā,
- b. palielinājies ieaugšanās rezultātā.

Šis uzdevums ir veicams nākošajos pētījuma posmos.

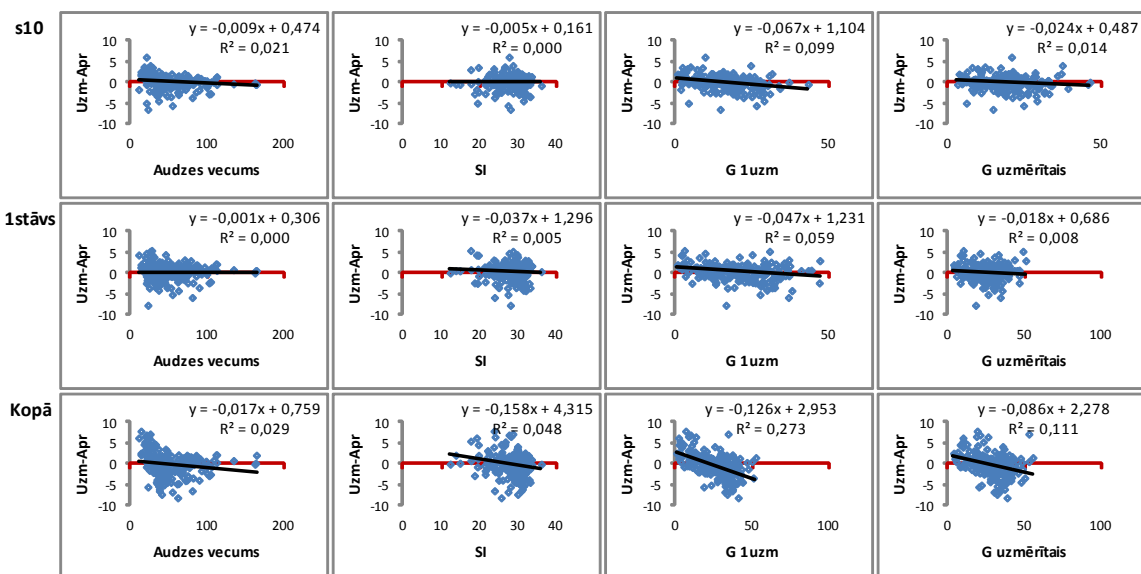
Pašreizējie vienādojumi pārvērtē izdzīvojušo koku skaitu. It sevišķi, ja modelē garākus laika periodus - 20 gadi un vairāk.

Šķērslaukuma augšanas gaitas modelis - formula 1.7.



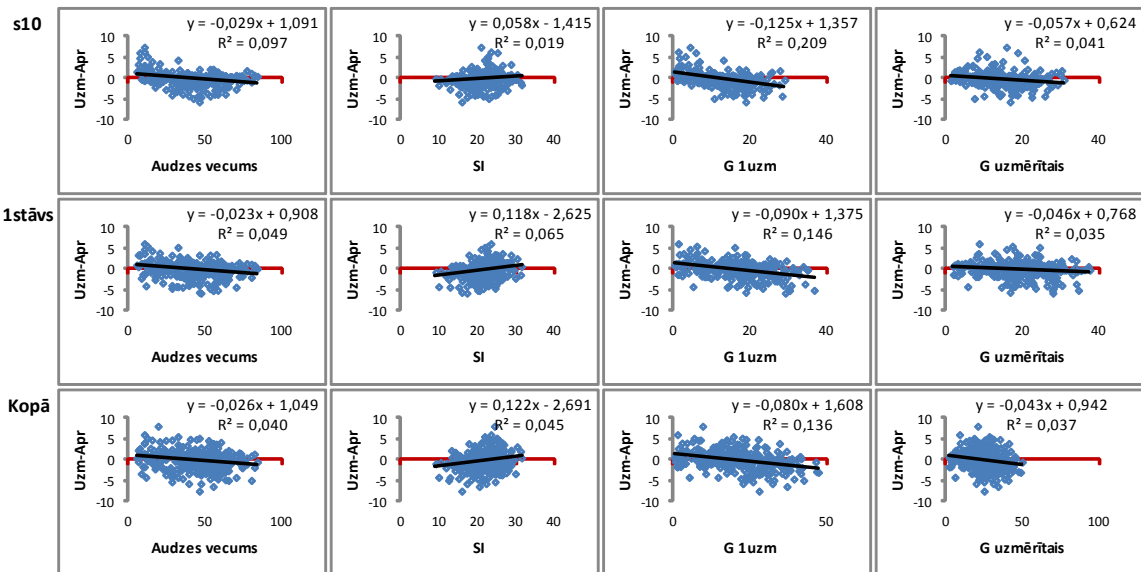
3.21. attēls. Šķērslaukuma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes(SI- augstums 100 gados), 1. ciklā uzmērītā šķērslaukuma(G 1uzm) un 2. ciklā šķērslaukuma (G uzmērtais) priežu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzes koku skaits.



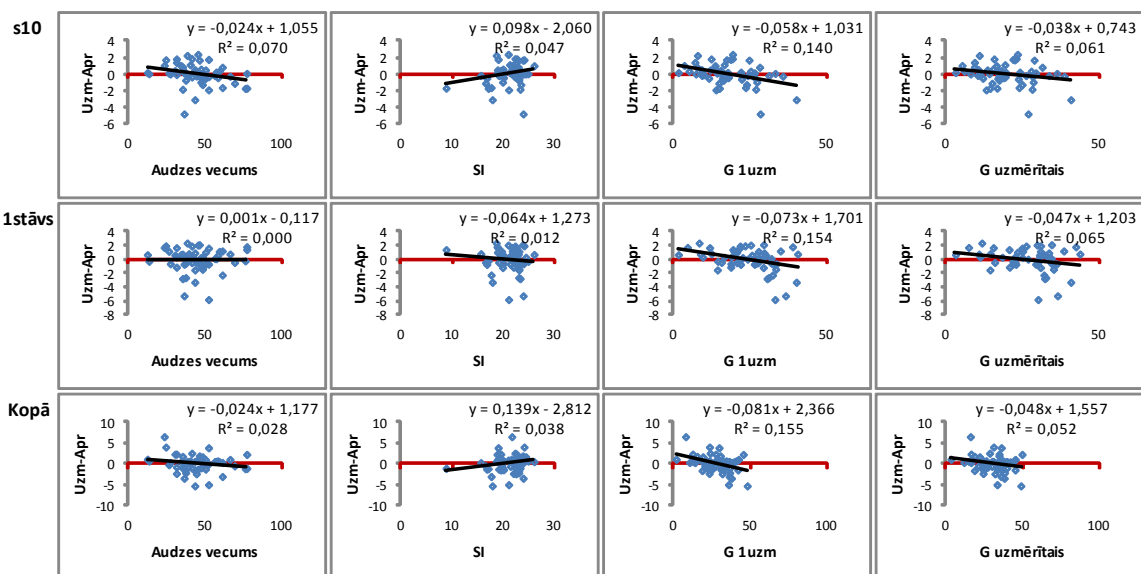
3.22. attēls. Šķērslaukuma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes(SI- augstums 100 gados), 1. ciklā uzmērītā šķērslaukuma(G 1uzm) un 2. ciklā šķērslaukuma (G uzmērtais) egļu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzes koku skaits.



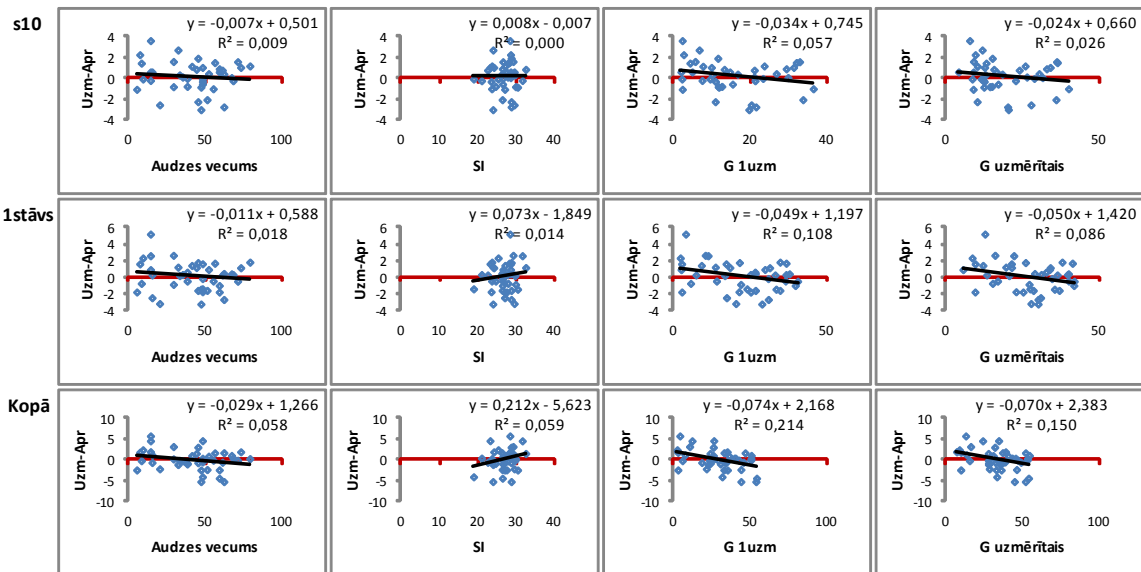
3.23. attēls. Šķērslaukuma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes(SI- augstums 50 gados), 1. ciklā uzmērītā šķērslaukuma(G 1uzm) un 2. ciklā šķērslaukuma (G uzmērītais) bērzu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzes koku skaits.



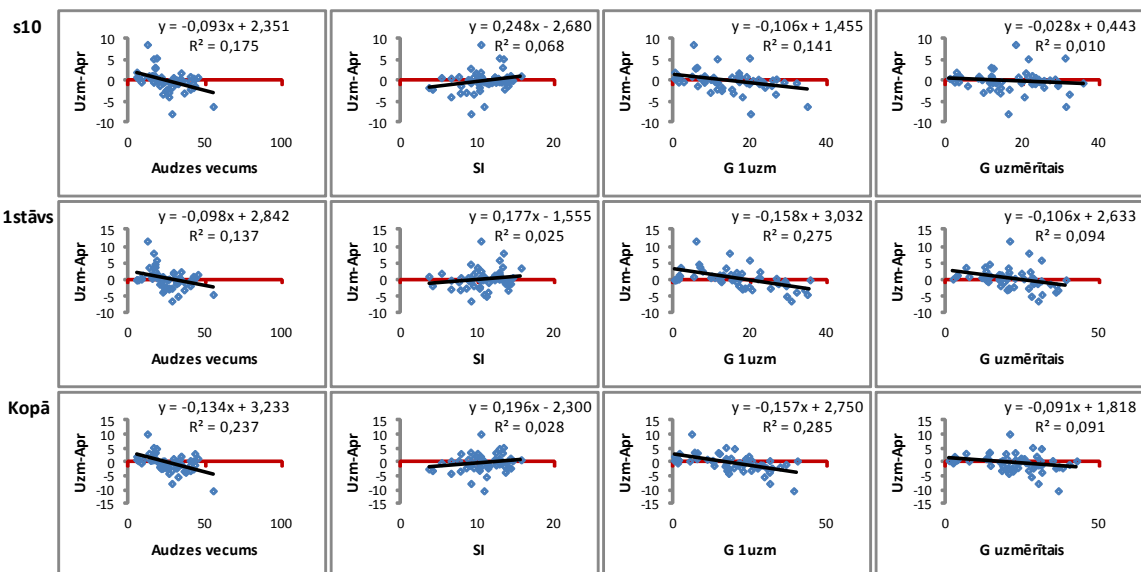
3.24. attēls. Šķērslaukuma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes(SI- augstums 50 gados), 1. ciklā uzmērītā šķērslaukuma(G 1uzm) un 2. ciklā šķērslaukuma (G uzmērītais) melnalkšņu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzes koku skaits.



3.25. attēls. Šķērslaukuma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes(SI- augstums 50 gados), 1. ciklā uzmērītā šķērslaukuma(G 1uzm) un 2. ciklā šķērslaukuma (G uzmērītais) apšu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzes koku skaits.



3.26. attēls. Šķērslaukuma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes(SI- augstums 20 gados), 1. ciklā uzmērītā šķērslaukuma(G 1uzm) un 2. ciklā šķērslaukuma (G uzmērītais) baltalkšņu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas koku skaits; 1st – I stāva koku skaits; Kopā – audzes koku skaits.

Kritērijs	Vērtējums
Modeļa forma un parametrizācija:	
Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Nē
Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
Vai modelis ir elastīgs?	Jā

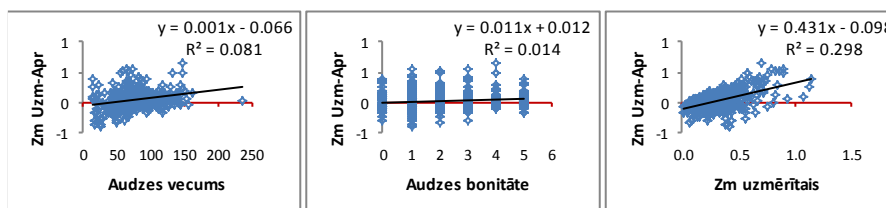
Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Jā
Vai nav lieku mainīgo?	Pašreiz ne visu mainīgo koeficientu vērtības ir statistiski būtiskas.
Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovariāsu vērtība ir 0?	Jā
Salīdzināmība:	
Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē
Modeļa drošums:	
Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
Pielāgošanas iespējas	
Vai modelis ir paplašināms?	Jā
Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Nav attiecināms

Šķērslaukuma augšanas gaitas modelis – formula 1.9.

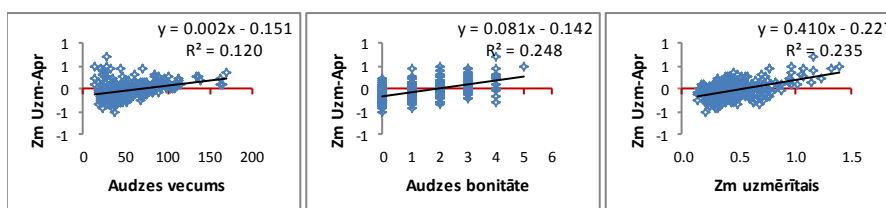
Kritērijs	Vērtējums
Modeļa forma un parametrizācija:	
Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Nē
Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
Vai modelis ir elastīgs?	Jā
Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	jā
Vai nav lieku mainīgo?	Nē
Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
Salīdzināmība:	
Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku	Nē

procesu reprezentācijai?	
Modeļa drošums:	
Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
Pielāgošanas iespējas	
Vai modelis ir paplašināms?	Jā
Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Nav attiecināms

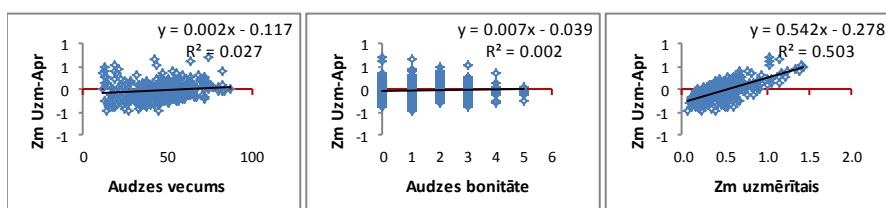
Faktiskās audzes tekošā pieauguma modelis – formula 2.9.



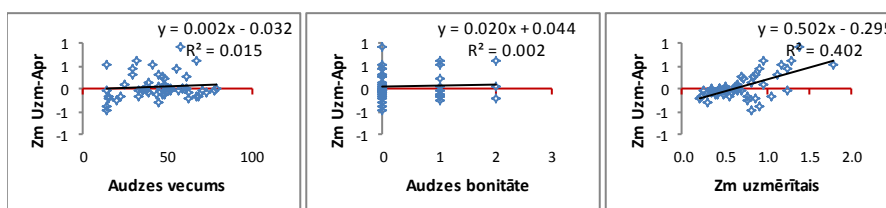
3.27. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā potenciālā pieauguma (2.8. un 2.9. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu priežu audzēs



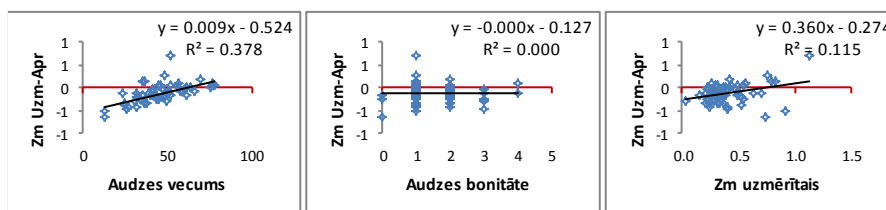
3.28. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā potenciālā pieauguma (2.8. un 2.9. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu egļu audzēs



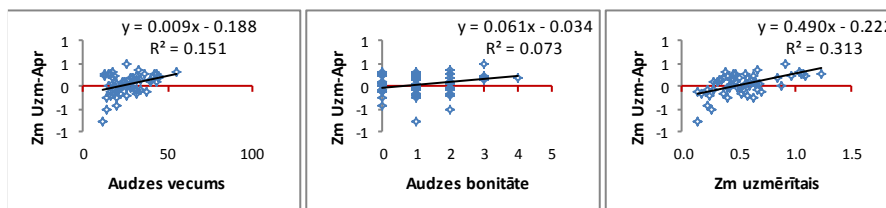
3.29. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā potenciālā pieauguma (2.8. un 2.9. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu bērzu audzēs



3.30. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā potenciālā pieauguma (2.8. un 2.9. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu apšu audzēs



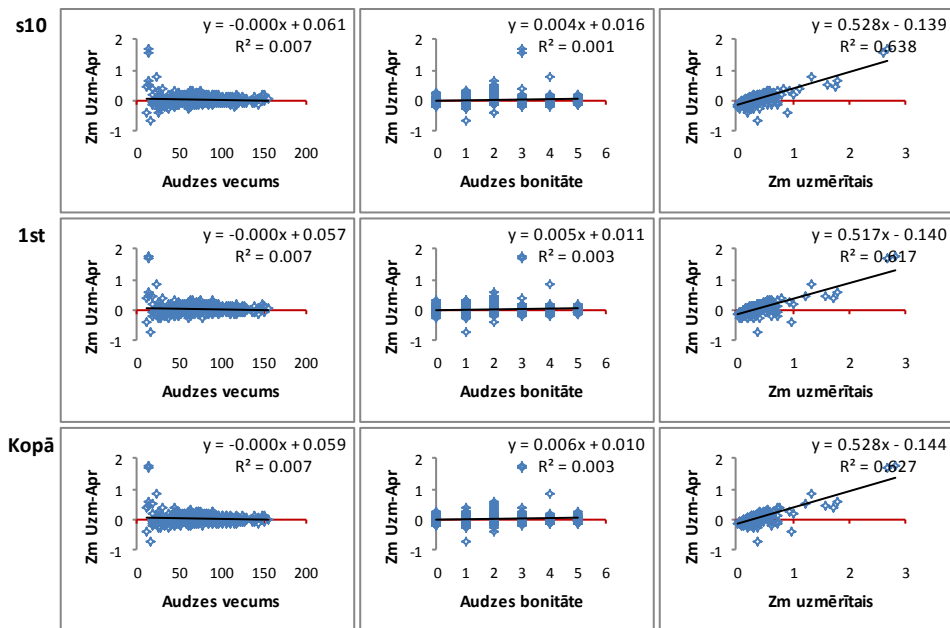
3.31. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā potenciālā pieauguma (2.8. un 2.9. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu melnalkšņu audzēs



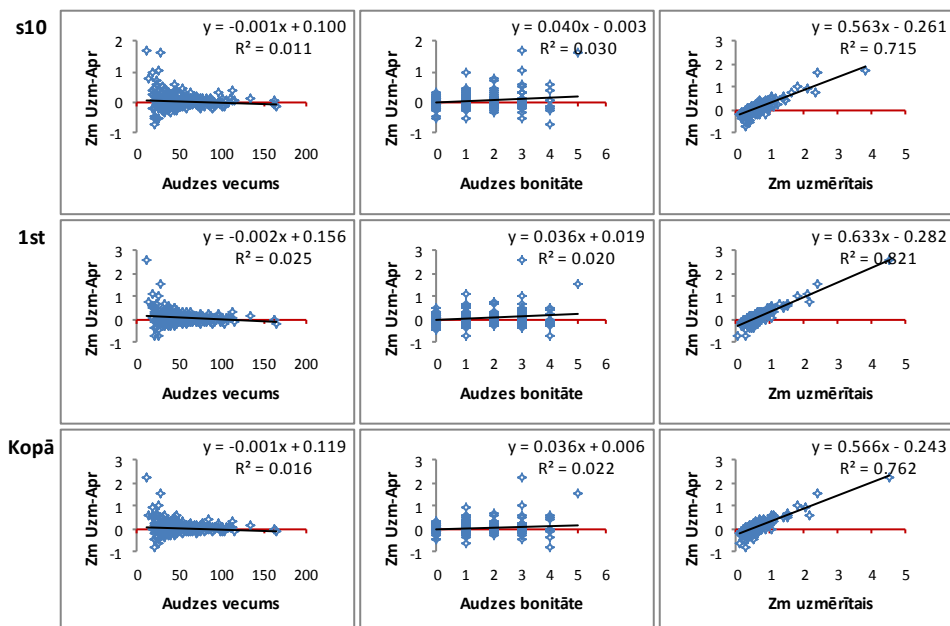
3.32. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā potenciālā pieauguma (2.8. un 2.9. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu baltalkšņu audzēs

Kritērijs	Vērtējums
Modeļa forma un parametrizācija:	
Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
Vai modelis ir elastīgs?	Jā
Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Nē. Tiek ignorēta Asmana teorija.
Vai nav lieku mainīgo?	Nē
Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājumu, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
Salīdzināmība:	
Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē
Modeļa drošums:	
Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
Pielāgošanas iespējas	
Vai modelis ir paplašināms?	Jā
Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Nav attiecināms

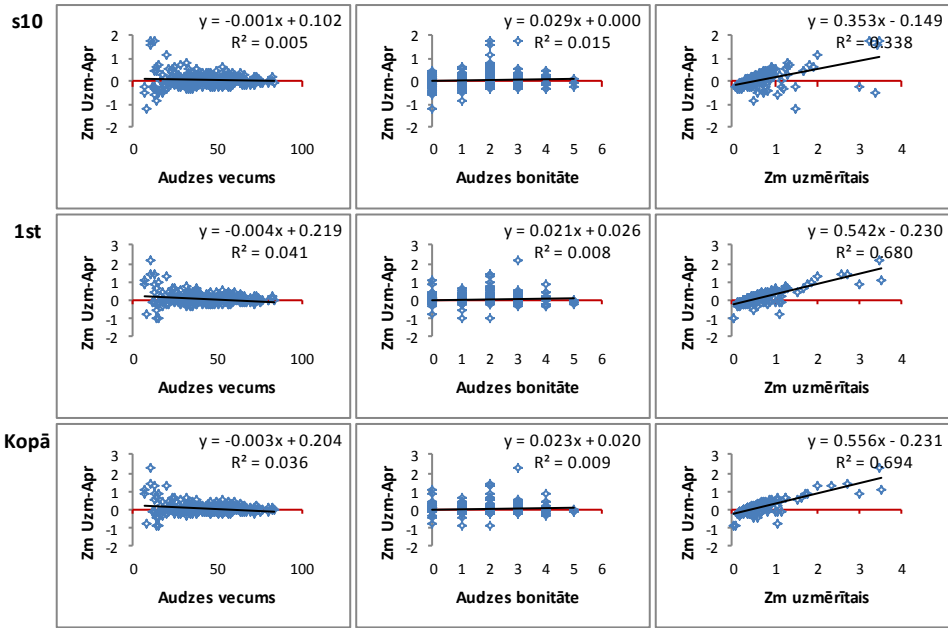
Faktiskās audzes tekošā pieauguma modelis – formula 2.11.



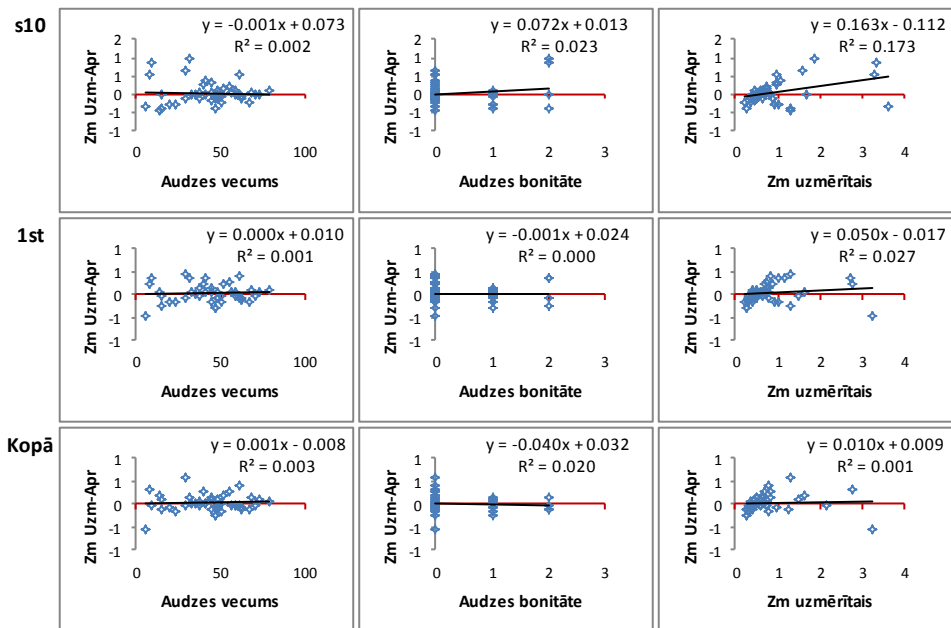
3.33. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.11. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu priežu audzēs



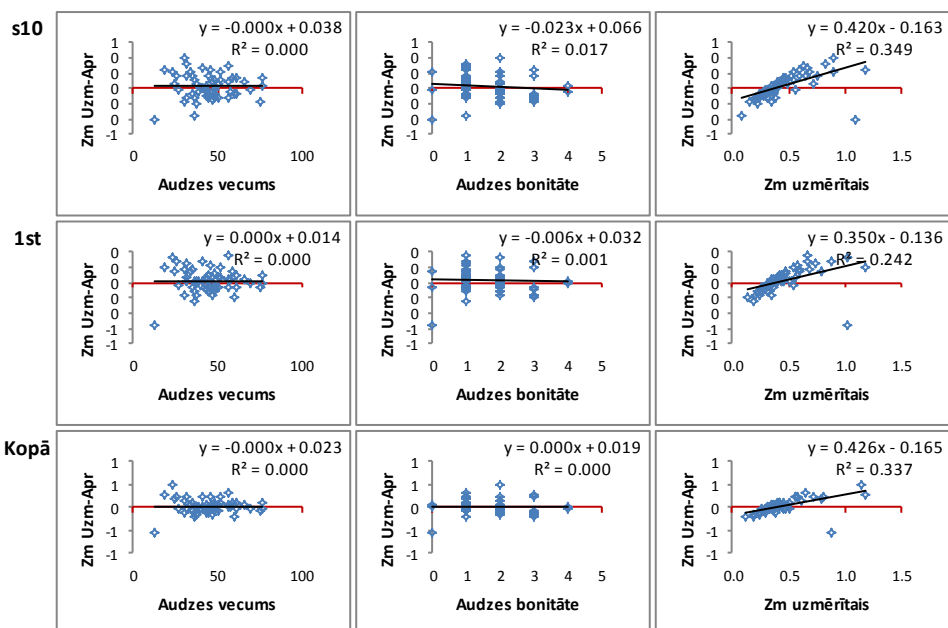
3.34. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.11. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu egļu audzēs



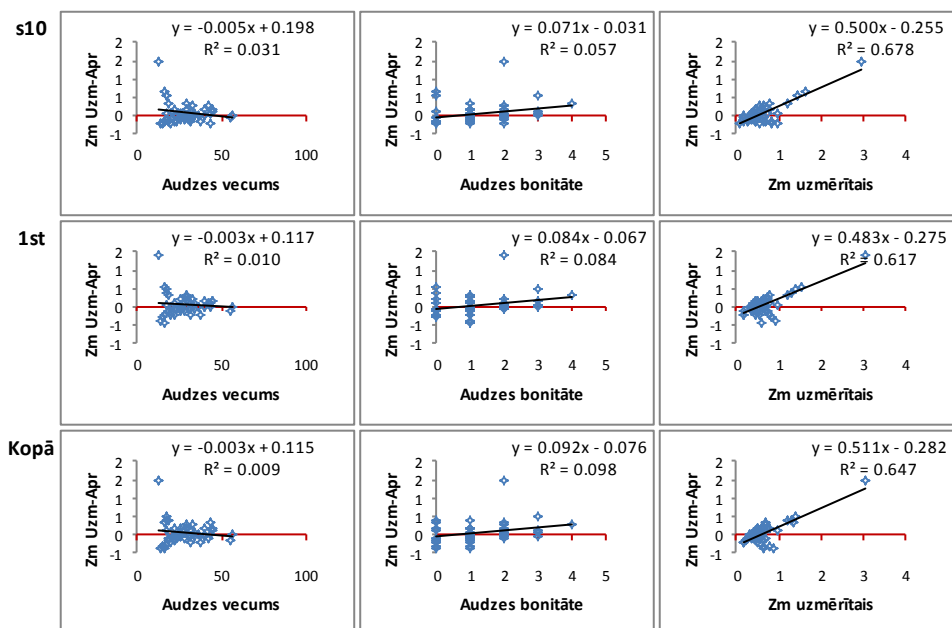
3.35. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.11. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu bērzu audzēs



3.36. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.11. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu apšu audzēs



3.37. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.11. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu melnalkšņu audzēs

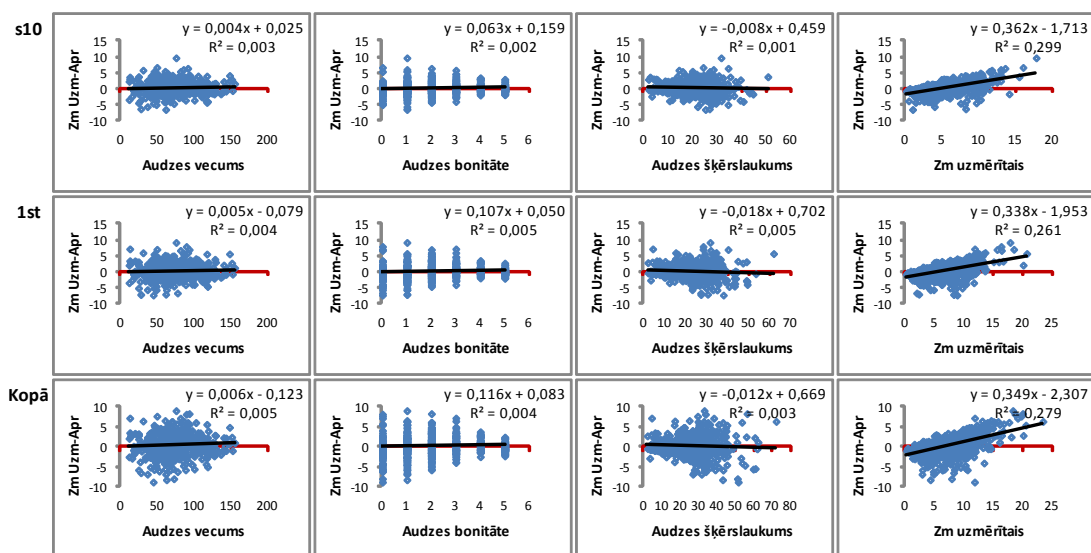


3.38. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā krājas reducētā tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.11. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu baltalkšņu audzēs

Kritērijs	Vērtējums
Modeļa forma un parametrizācija:	
Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
Vai modelis ir elastīgs?	Jā
Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	

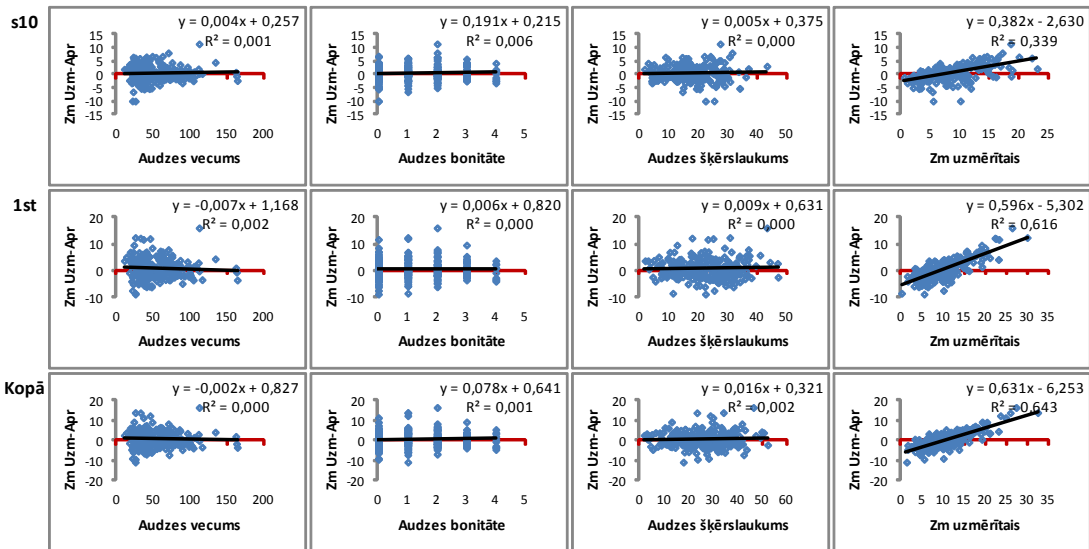
Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Jā
Vai nav lieku mainīgo?	Nē
Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājumu, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarinšu vērtība ir 0?	Jā
Salīdzināmība:	
Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē
Modeļa drošums:	
Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
Pielāgošanas iespējas	
Vai modelis ir paplašināms?	Jā
Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Nav attiecināms

Faktiskās audzes tekošā pieauguma modelis – formula 2.12



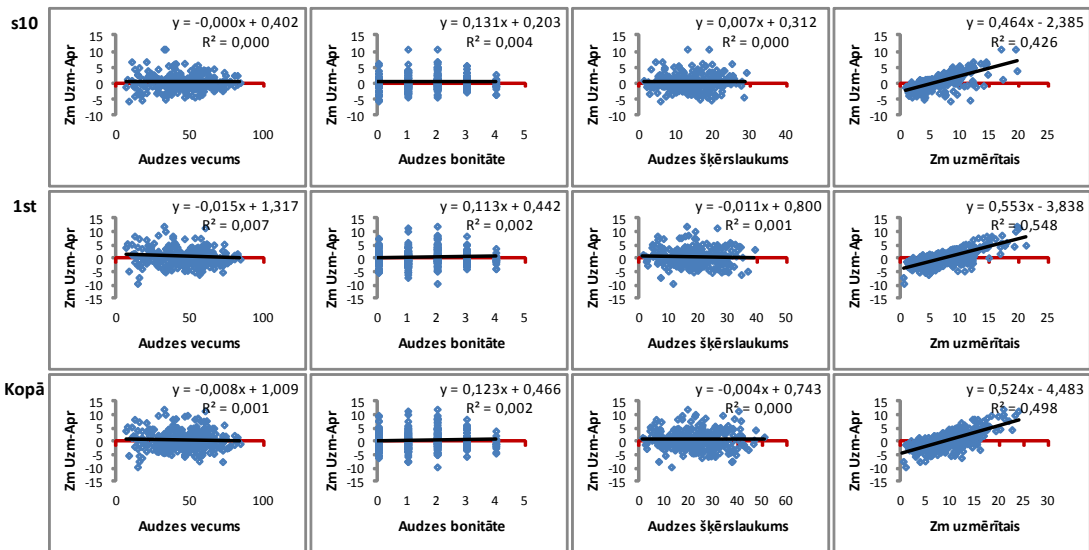
3.39. attēls. Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, šķērslaukuma un uzmērītās vērtības priežu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; 1st – I stāva faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; Kopā – audzes faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums.



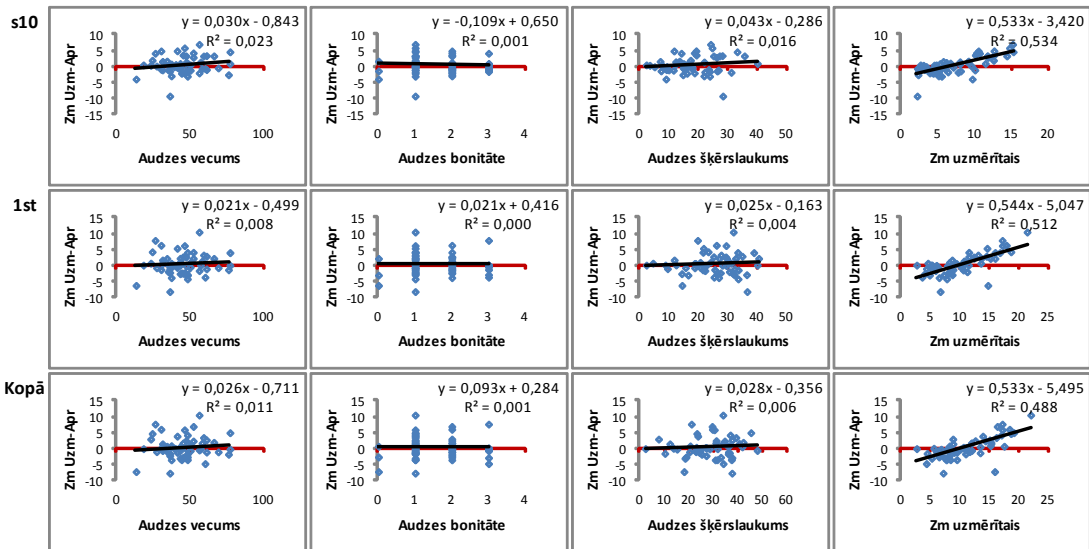
3.40. attēls. Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, šķērslaukuma un uzmērītās vērtības egļu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; 1st – I stāva faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; Kopā – audzes faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums.



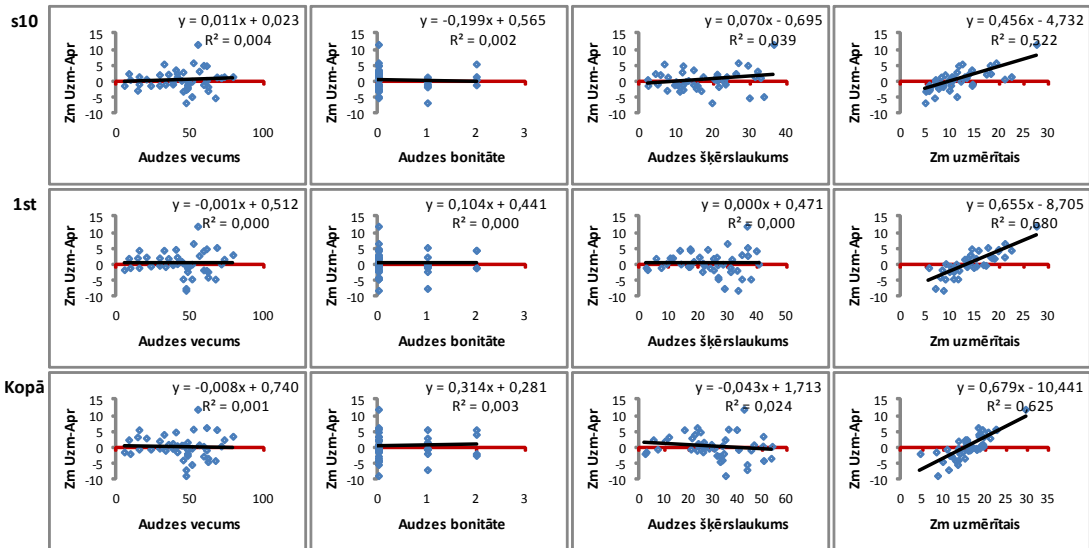
3.41. attēls. Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, šķērslaukuma un uzmērītās vērtības bērzu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; 1st – I stāva faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; Kopā – audzes faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums.



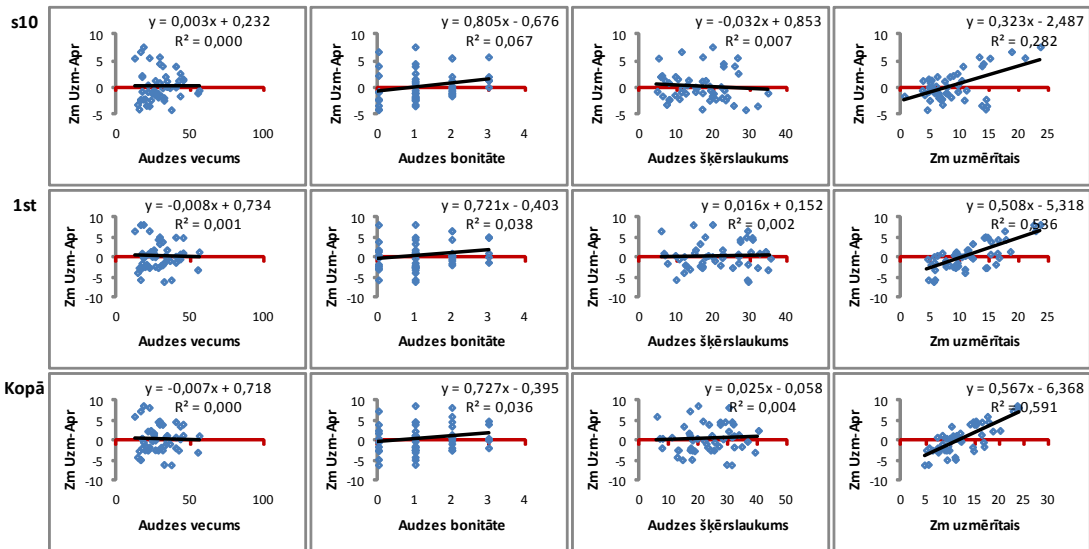
3.42. attēls. Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, šķērslaukuma un uzmērītās vērtības melnalkšņu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; 1st – I stāva faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; Kopā – audzes faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums.



3.43. attēls. Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, šķērslaukuma un uzmērītās vērtības apšu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; 1st – I stāva faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; Kopā – audzes faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums.



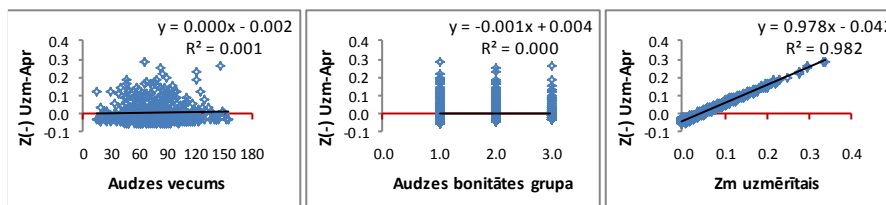
3.44. attēls. Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma uzmērīto un aproksimēto vērtību starpība atkarībā no audzes vecuma, bonitātes, šķērslaukuma un uzmērītās vērtības baltalkšņu audzēs.

s10 – I stāva valdošās koku sugas faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; 1st – I stāva faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums; Kopā – audzes faktiskais tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums.

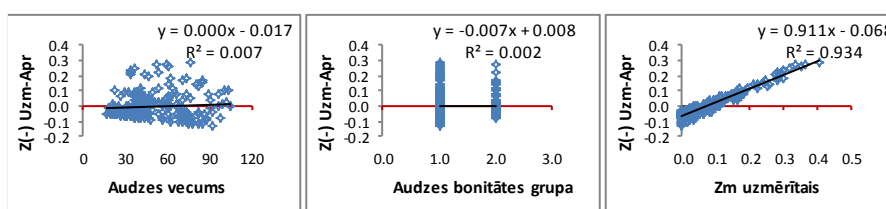
Kritērijs	Vērtējums
Modeļa forma un parametrizācija:	
Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
Vai modelis ir elastīgs?	Jā
Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Jā
Vai nav lieku mainīgo?	Nē
Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājumu, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
Salīdzināmība:	
Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē
Modeļa drošums:	
Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
Pielāgošanas iespējas	

Vai modelis ir paplašināms?	Jā
Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Nav attiecināms

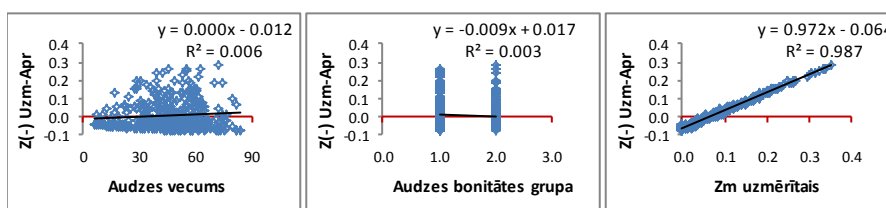
Atmiruma modelis – formula 2.13



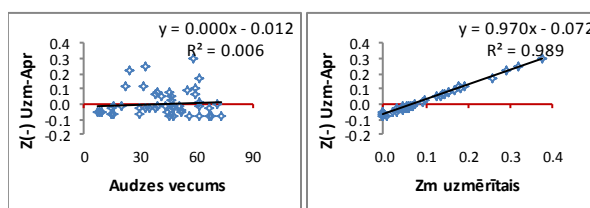
3.45. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā reducētā atmiruma tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.13. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu priežu audzēs



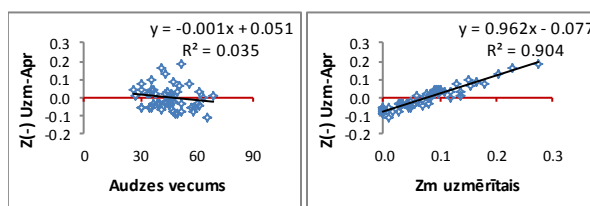
3.46. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā reducētā atmiruma tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.13. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu egļu audzēs



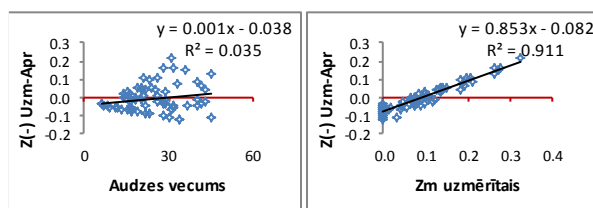
3.47. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā reducētā atmiruma tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.13. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu, bonitāti un uzmērīto pieaugumu bērzu audzēs



3.48. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā reducētā atmiruma tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.13. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu un uzmērīto pieaugumu apšu audzēs



3.49. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā reducētā atmiruma tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.13. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu un uzmērīto pieaugumu melnalkšņu audzēs



3.50. attēls. Faktiskās audzes uzmērītā un aprēķinātā reducētā atmiruma tekošā vidēji periodiskā pieauguma (2.13. formula) starpības sakarība starp audzes vecumu un uzmērīto pieaugumu baltalkšņu audzēs

Kritērijs	Vērtējums
Modeļa forma un parametrizācija:	
Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Nē
Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
Vai modelis ir elastīgs?	Jā
Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Jā
Vai nav lieku mainīgo?	Nē
Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājumu, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
Salīdzināmība:	
Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē
Modeļa drošums:	
Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
Pielāgošanas iespējas	
Vai modelis ir paplašināms?	Jā
Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Nav attiecināms

Pašreiz ir ierobežota izmantošanas iespējas baltalkšņiem, melnalkšņiem, apsei. Tāpat ir nepietiekams objektu skaits, lai analizētu katru bonitāti atsevišķi arī priedei, eglei un bērzam.

4.Literatūras analīze par pieaugumu modeļiem un augšanas gaitas modeļiem saliktās audzēs (4.d.uzd.) (L.Zdors, J.Donis)

Atbilstoši normatīvo aktu prasībām par saliktām audzēm tiek uzskatītas audzes, kurās koku augstumu atšķirības pārsniedz vairāk nekā 20% no to vidējās vērtības. Latvijā pietiekami auglīgajos meža nogabalos bieži sastopamas audzes, kurās vienas sugas koku vainagi līdz ar galotni atrodas zem citu sugu koku vainaga klāja un atkarībā no pakļauto un virsējo koku augstuma attiecībām un saimnieciskās nozīmes apēnoto koku sugu pieskaita pameža, paaugas vai II stāva kategorijai (Zviedris, 1960b). Pirmo stāvu parasti veido gaismas prasīgie koki, piemēram, priedes, bet otro – ēncietīgie, piemēram, egles (Skudra,1993). Latvijas klimatiskajos apstākļos zem virsaudzes vainagu klāja var augt arī liepa, bet sevišķi labos apstākļos arī oši un ozoli (Zviedris, 1960b), piemēram, dižsilā (Bušs, 1981b). Stāvu izveidošanās audzē parasti saistīta galvenokārt ar koku bioloģisko īpašību atšķirībām un apkārtējās vides ietekmi. Katram stāvam parasti veidojas noteikts koku sugu sastāvs, tomēr arī vienas sugas koki vecuma atšķirību vai arī citu iemeslu dēļ var atpalikt augšanā un izveidot patstāvīgu stāvu (Skudra, 1993). Tomēr pilnīgi droši nošķirt paaugu no II stāva, un II stāvu no virsaudzes nereti ir diezgan grūti (Zviedris, 1960b).

P.Sarma (1948) norādījis, ka vienā stāvā apvieno kokus, kuru augstums nenoslīd zem 68% un nepārsniedz 16% no vidējā augstuma. Instrukcijās, kas bijušas 20.gs. pirmajā pusē ir bijis norādīts, ka otrais stāvs izdalāms tikai tad, ja tā vidējais augstums atšķiras no pirmā stāva vidējā augstuma vairāk par 20% un krāja ir ne mazāka par 20% no pirmā stāva krājas, bet pēc absolūtā lieluma ne mazāka par $30\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ (Sarma, 1948).

A. Zviedris (1960b) pieņēmis, ka II stāvā ieskaita tos kokus, kas sasnieguši pusi no virsaudzes augstuma.

Normatīvie akti 1987.gadā (Taksācijas darbu...,1987) paredzēja, ka vienā stāvā apvienojami tādi dažādu sugu un vecumu koki, kuru augstumu atšķirības nepārsniedz 20%. Par otrā stāva vidējā augstuma minimālo robežu uzskatīja $\frac{1}{4}$ daļa no pirmā stāva vidējā augstuma, bet mazākus kokus ieskaitīja paaugā vai pamežā. Saliktās audzes aprakstīja pa stāviem, ja pirmā stāva biezība nav mazāka par 0,3, bet otrā stāva par 0,2, turklāt otrā stāva krājai jābūt vismaz $30\text{m}^3\text{ha}^{-1}$.

2003.gadā pieņemtie noteikumi Nr.129 „Meža valsts reģistra informācijas aprites noteikumi” noteica, ka - „mežaudzes stāvs – koku kopa, kuras augstumu atšķirības no koku vidējā augstuma nepārsniedz 20 %. Meža inventarizācijā mežaudzes otro stāvu izdala, ja tā koku vidējais augstums nav mazāks par vienu ceturtdaļu no mežaudzes pirmā stāva koku vidējā augstuma, kā arī to vidējais augstums nav mazāks par sešiem metriem un krāja nav mazāka par $30\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ”.

Pašreiz spēkā esošie normatīvie akti (Meža inventarizācijas...,2007) nosaka, ka – „mežaudzes stāvs - koku kopa, kuras augstumu atšķirības no koku vidējā augstuma nepārsniedz 20%. Meža inventarizācijā otro stāvu izdala, ja tā koku vidējais augstums ir vismaz par 21 % mazāks nekā pirmā stāva koku vidējais augstums, bet nav mazāks par sešiem metriem”.

Krievijā atbilstoši normatīvajiem aktiem pie otrā stāva tiek pieskaitīti tā kokaudzes koku daļa, kuru augstums sastāda 0,5 līdz 0,8 no pirmā stāva augstuma. Augšanā atpalikušie (vecie) pirmā stāva koki netiek pieskaitīti pie otrā stāva (vai paaugas) (Правила заготовки..., 2011).

Kā jau iepriekš minēts Latvijā otro stāvu var veidot dažādas koku sugas, tomēr A.Zviedris (1960b) norādījis, ka saimnieciskā vērtība ir tikai egļu otrajam stāvam, kuram raugoties no ekonomiskā viedokļa ir izšķirami divi tipi – pastāvīgais un pagaidu. Pastāvīgais egļu otrais stāvs izveidojas audzēs, kur neizdevīgo augšanas apstākļu dēļ egle nespēj sasniegt tādu augstumu, kādu sasniedz citu sugu koki, kuriem augšanas apstākļi ir vairāk piemēroti. Šādi apstākļi ir priežu un bērzu mētrājā, kur egles sasniedz tikai III un IV bonitātes augstumu, bet priedes un bērzi veido II un dažkārt pat I bonitātes audzes. Egļu daudzums šajās audzēs svārstās ļoti plašās robežās, bet diezgan bieži sastopamas audzes ar $30\text{-}50\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, atsevišķos gadījumos pat $70\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ (Zviedris, 1960b). Līdz ar to II stāvam ir diezgan

svarīga saimnieciskā nozīme un audzēs, kur 20-30 gadu vecumā nav ne egļu paaugas, ne II stāva, egli vēlams ieaudzēt mākslīgi (Zviedris, 1960b). K.Bušs (1981a) gan akcentējis, ka egļu II stāva loma mētrājā ir diskutējama, jo, lai gan tas noēno augsni, tomēr saspriegtā minerālās barošanās režīma apstākļos sastāda nevēlamu konkurenci priežu virsaudzei, kā arī apgrūtina kopšanas un galvenās izmantošanas ciršu veikšanu. Pretrunas iespējamas dēļ tā, ka A. Zviedris ar mētrāju sapratis arī lānu, kas pēc tolaik esošās meža tipoloģijas vēl netika izdalīts. Tomēr arī lānā egles II stāvs nav saimnieciski perspektīvs (Liepa, 2003), lai gan ir pieļaujams palīgmērķa audzēs (Bušs, 1981b). Egļu II stāvs kā palīgmērķis pieļaujams arī mētrājā, slapjajā mētrājā, slapjajā damaksnī, niedrājā, viršu ārenī un viršu kūdrenī, lai gan parasti ir samērā nīkulīgs (Bušs, 1981b). Rets vai nīkulīgs egļu otrais stāvs satopams arī purvājā, dumbrajā un lieknā. Ļoti bieži egles II stāvā sastopamas šaurlapju ārenī (95% audžu), mētru kūdrenī (92% audžu) un mētru ārenī (83% audžu) (Bušs, 1981b).

Zem bērzu vainagu klāja augošai eglei izdalās 4 augšanas periodi, kuru garums atkarīgs egles statusa (ranga). Tekošajam pieaugumam izdalāmi sekojoši augšanas periodi – vāja, intensīva, maksimāla un pieauguma samazināšanās etaps (Pyбцов, 2002).

Vāja augšanas perioda laikā visu rangu kokiem Z_h , Z_g , Z_v pieaugumi būtiski neatšķiras. Tomēr augstākā ranga kokiem šis periods beidzas 5-10 gadus ātrāk nekā zemāka ranga kokiem, kam par iemeslu ir augstākā ranga koku negatīvā ietekme uz zemāka ranga kokiem (Pyбцов, 2002). Negatīva garāko koku ietekme uz īsākiem kokiem konstatēta arī citos pētījumos (Cannell, 1984; Mard, 1996).

Intensīva šķērslaukuma un stumbra krājas pieauguma laiks par vienu vienību augstākam koku rangam paildzinās vidēji par 5 gadiem. Savukārt augstumu pieaugumu intensīvas augšanas fāze visu rangu kokiem beidzas vienlaicīgi (Pyбцов, 2002).

Iepriekš minētais nosaka arī maksimālās augšanas pēc šķērslaukuma un stumbra tilpuma perioda dažādu sākšanās laiku atkarībā no koku ranga. Bet maksimālās augšanas ilguma periods visu rangu kokiem ir līdzīgs un ilgst vidēji 10 gadus (Pyбцов, 2002).

Kā integrālais koku augšanas gaitas rādītājs ir uzskatāms koku tilpuma pieaugums un augstāko rangu kokiem maksimālais koku tilpuma pieaugums beidzas 60 - 70 gadu vecumā, kas liecina par gaismas, siltuma u.c. resursu nepietiekamību (Pyбцов, 2002).

Vandermeer (1988, citēts pēc Mard, 1996) izdala 2 mehānismus, kas izskaidro pozitīvo mistrojuma efektu: pirmais princips – 2 dažādu sugu mistrojums ar nelielu ekoloģisko nišu pārklāšanos, un līdz ar to nelielu starpsugu konkurenci, izmantos augšanas telpu efektīvāk nekā monokultūra. Kā arī otrais princips- ka 2 dažādas sugas var ietekmēt viena otras augšanas apstākļus pozitīvi.

Kelty (1992, citēts pēc Mard, 1996) norāda, ka neliela starpsugu konkurence iespējama starp sugām kam atšķiras augstums, vainaga forma vai vainaga fotosintētiskā efektivitāte, fenoloģija, kā piemēram lapu plaukšana un fotosintētiskā perioda ilgums, sakņu sistēma (sakņu izvietojuma dziļums).

Atsevišķi autori iesaka saliktas mežaudzes, kur audzes pirmajā stāvā ir pioniersugas, bet otrajā stāvā ēncietīgas klimaksa sugas (Assmann, 1970, Smith, 1986, Kelty, 1992; citēts pēc Mard, 1996). Šāda veida saliktas mežaudzes imitē dabisko sukcesiju. Audze ar otro stāvu, ko veido ēncietīgas sugas izmantos gaismu efektīvāk nekā audze ar tikai vienu stāvu, palielinot audzes produktivitāti (O'Hara, 1998).

Eglei ar bērzu ir zināma augšanas resursu izmantošanas atšķirība, piemēram, augšanas ritms (Eriksson, 1976, citēts pēc Mard, 1996), gaismas prasīgums (Oquist, 1982, citēts pēc Mard, 1996) un sakņošanās veids (Siren, 1955). Bērzu vainagu klājs var uzlabot egles atjaunošanos un augšanu samazinot klimatisko apstākļu stresu (Gnojek, 1992, citēts pēc Mard, 1996, konkurējošo atvašu (Johansson, 1990, citēts pēc Mard, 1996) un veģetācijas daudzumu (Bergan, 1987, citēts pēc Mard, 1996). Turklāt bērzam ir augsni uzlabojošas īpašības atšķirībā no egles (Lundmark, 1986, citēts pēc Mard, 1996).

Pētījumi ir konstatējuši atšķirīgas bērza ietekmes uz egli likumsakarības. Tham (1988, citēts pēc Mard, 1996) ir konstatējis, ka blakus esošie bērzi atstāj pozitīvāku ietekmi uz egles diametra pieaugumu salīdzinot ar blakusesošajām eglēm. Frivold (1982, citēts pēc Mard, 1996) savukārt nav konstatējis jebkādu pozitīvu egles un bērza mistrojuma efektu salīdzinot ar egļu tīraudzēm. Tieši otrādi – audzēs vecākās par 70 gadiem bērza piemistrojums izraisa negatīvu efektu.

Zem bērzu vainagu klāja augošām eglēm augstuma pieaugums var būt lielāks nekā brīvi augošām eglēm (Bergan, 1990, citēts pēc Mard, 1996), tomēr citi pētījumi liecina par pretēju efektu (Braathe, 1988, citēts pēc Mard, 1996).

Krājas pieaugums 56 gadus vecām II stāva eglēm tikpat vecā bērzu audzē ar koku skaitu 300 un 600 bērzi uz ha ir būtiski mazāks nekā tikpat vecā egļu tīraudzē, attiecīgi $1,78 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $1,87 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un $2,43 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Bergqvist, 1999). Audzējot I stāvā 200-1000 bērzus ha^{-1} līdz 30 gadu vecumam, egles II stāvam krājas zaudējumi ir 9,1-16,8% (Valkonen, 2001).

Arī zem priedes vainagu klāja ir iespējama veiksmīga egles augšana. Veicot pētījumus par egles kultūru ieaudzēšanu zem priedes vainagu klāja ar mērķi paaugstināt mežaudzes produktivitāti konstatēts, ka ja egles kultūras tiek ierīkotas priežu audzē 10 līdz 20 gadu laikā līdz audzes nociršanai, tad audzes produktivitāte praktiski nemainās, bet ir iespējams izmantot egles kultūru kā iepriekšējo kultūru, līdz ar to samazinās nākošās mežaudzes izaudzēšanas laiks (Сироткин, 1970). Pētījumos Lietuvā konstatēts, ka atkarībā no augšanas apstākļiem, audzes biežības un pameža biežuma, ieaudzējot priežu audzēs egles otro stāvu, mežaudžu produktivitāte paaugstinās par 3-68% (Mangalis, 2004).

Ja egles kultūras ieaudzē jau aptuveni 50 gadu vecās priežu audzēs, tad priedes cirtmeta vecumā egle veido aptuveni 40% no kopējās mežaudzes krājas (Сироткин, 1970). Egli nedrīkst ieaudzēt ozolu audzēs, jo ļoti izpaužas sakņu konkurence (Mangalis, 2004), kā arī zem ozolu audzēm ir slikti gaismas režīma apstākļi, līdz ar to egle aug sliktāk nekā zem, piemēram, bērza audzēm (Ониськив, 1979).

II stāva egļu vecums var būt ļoti dažāds. A. Zviedris 1960.gadā (Zviedris, 1960a) apšaubījis tolaik valdošo uzskatu, ka II stāva egles ir krietni jaunākas par lapu kokiem un savos pētījumos konstatējis, ka II stāva egles mežaudzēs parasti ir vismaz par dažiem gadiem vecākas, bet ne jaunākas par I stāva lapu kokiem. Savukārt tās egles, kas ir I stāvā, vienmēr ir par 10-30 gadiem vecākas par lapu kokiem. Arī citos pētījumos konstatēts, ka I stāvā ir tās egles, kas audzes nociršanas brīdī ir bijušas 8-15 (25) gadus vecas (Колпиков, 1957). A. Zviedris (1960a) arī konstatējis, ka I stāvā aug tās egles, kuras bērzu iesēšanās brīdī ir bijušas vismaz 1,5m augstas. Tās eglītes, kuras bērzu iesēšanās brīdī ir bijušas zemākas par 1m, lapu koki ir apsteiguši augstumā pēc dažiem, vēlākais pēc 10-15 gadiem, atstājot tās II stāvā.

Citos pētījumos konstatēts, ka egles II stāvs var būt 8-35 gadus jaunāks, nekā I stāvā augošie bērzi, bet paaugas eglītes pat 57 gadus jaunākas (Рубцов, 2000). Iespējamais izskaidrojums atšķirībai varētu būt tāds, ka pirms 1960.gada egļu audzes bieži vien bija radušās pakāpenisko un izlases ciršu rezultātā ar saglabātu egļu paaugu, bet otrajā gadījumā aplūkotās audzes varētu būt radušās pēc kailcirtes.

Priežu audzēs II stāva egles ir par 5 – 30 gadiem vecākas, bet dažreiz arī jaunākas par I stāva kokiem (Zviedris, 1960b).

Dažādvecuma audzēs eglēm, lai sasniegtu 1,3 metru augstumu, var paiet 30-50 gadi (Lundqvist, 1989, citēts pēc Lundqvist, 1995). Bet, lai sasniegtu 10m augstumu, var paiet vēl 50 līdz 100 gadi (Lundqvist, 1993, citēts pēc Lundqvist, 1995).

Lai raksturotu sākotnējo kociņu augšanu var izmantot augstuma pieaugumu atkarībā no audzes šķērslaukuma vai biežības. Pilnas biežības audzē tekošais augstuma pieaugums 13-17 gadus vecām vidēji 16 cm augstām eglītēm ir 0,8-1,7cm (Igaunis, 1961). Pie audzes biežības 0,76 tekošais augstuma pieaugums vidēji ir 1,8-3 reizes lielāks nekā paaugai pilnas biežības audzē, bet pie audzes biežības 0,26 attiecīgi 3,8-12 reizes lielāks (Igaunis, 1961). Somijā veiktā pētījumā aplūkojot 65-156cm augstus kociņus, kociņu augstuma pieaugums 15-30cm, pie audzes šķērslaukuma zem $10 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (Greis, 1981). Savukārt pie audzes šķērslaukuma $19-20 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, $20-30 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ un virs $30 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ kociņu augstuma pieaugums attiecīgi 10-15cm, 5-10cm un mazāk par 5 cm.

Dažādvecuma egļu audzēs, egļu paaugas augstuma pieaugums var nebūt atkarīgs no audzes šķērslaukuma (Sarvas, 1944, citēts no Chrimes, 2004), sevišķi kociņiem, kas ir īsāki par 1,3m pie audzes šķērslaukuma robežās no 1 līdz $60 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (Lundqvist, 1996). Pat kociņiem, kas augstāki par 2m, augstuma pieaugums nav būtiski atkarīgs no audzes šķērslaukuma (Nilson, 2001; Chrimes, 2005). Tomēr citi autori (Granhus, 2001) norāda, ka kociņiem ar augstumu 2,1- 3,0m, ir mazāki augstuma pieaugumi pie lielāka audzes šķērslaukuma. Audzes krāja ($13 - 333 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) ietekmē egles paaugas

kociņu ar augstumu 0,5-1,3m augstumu pieaugumus, bet neietekmē mazākus kociņus (Lundqvist, 2007). Citos pētījumos norādīts, ka audzes krāja nebūtiski ietekmē paaugas kociņu augstuma pieaugumus (Chrimes, 2005), pat audzēs ar nelielu krāju (Bachofen, 1999, citēts no Chrimes, 2004). Paaugas augstuma pieaugumus labāk raksturo audzes vainagu klāja atvērums (Chrimes, 2005). G.Igaunis (1960) norāda, ka audzes biežības un vainagu klāja slēguma koeficients nevar pietiekami raksturot paaugas kvalitāti, bet labas kvalitātes paauga sastopama vietās, kur augsnē maz veco koku sakņu, un otrādi- vājas kvalitātes paauga ir vietās, kur augsnē ir daudz veco koku sakņu. Pārcērtot veco koku saknes var ievērojami uzlabot paaugas augšanas apstākļus (Igaunis, 1960). Veco koku saknes īpaši negatīvi iespaido kociņu augšanu vidēji un stipri podzolētās augsnēs (Ониськив, 1979). Uz kociņu augstuma pieaugumiem negatīvu ietekmi atstāj arī savstarpējā atjaunojušos kociņu sakņu konkurence. Grupās augošiem kociņiem ir ievērojami mazāki augstuma pieaugumi, salīdzinot ar atsevišķi augošiem kociņiem (Звиедрис, 1968).

Pagaidu egļu II stāva tips izveidojas eglei labvēlīgos augšanas apstākļos, kur tā atpalikusi no I stāva augstuma cilvēku iedarbības rezultātā – pēc kailcirtes, nepareizi veiktas kopšanas cirtes u.c. Šādas audzes ir augstāko (I^a-II) bonitāšu lapu koku audzēs vērī, gāršā, damaksnī u.c. (Zviedris, 1960b).

Otrā stāva un piemistrojuma augšanas modelēšanai visbiežāk izmanto izmēru klases, vai atsevišķa koku modeļus (Weiskittel et al., 2011). Visbiežāk pieņem, ka augšanas gaita ir atkarīga tās pašas sugas koku un citu piemistrojumu sugu veidotās konkurences. Skatot literatūru netika atrasti modeļi, kas prognozētu, ka citas sugas piemistrojums veicinātu konkrētās sugas pieaugumu, lai arī teorētiski tādi mijiedarbība ir teorētiski nav izslēdzama (Petzsch, 2009).

5. Urbuma skaidu ieguve 360 MSI parauglaukumos (5.d.uzd.)

Materiāls un metodika

No MSI parauglaukumu datu bāzes atlasīti 360 parauglaukumi, kuru 2012. gadā uzmērīto tiešā tuvumā ar Preslera svārpstu iegūti koksnes paraugi koku radiālā pieauguma noteikšanai. Koksnes paraugi radiālā pieauguma noteikšanai veikti parauglaukumos, kuros valdošā koku suga ir priede, egle, bērzs, melnalksnis, apse un baltalksnis, katrā parauglaukumā iegūti 10-15 valdošās koku sugas koksnes paraugi. Skat. 2.5.tabula. Tā kā daļa no parauglaukiem bija nocirsti tie pēc iespējas aizvietoti ar līdzīgiem parauglaukiem.

5.1.tabula

2012.g.uzmērīto radiālā pieauguma skaidu ieguves parauglaukumu sadalījums pa sugām un vecumdesmitgadēm

Suga	Vecuma desmitgade									Kopā
	3	4	5	6	7	8	9	10	11-	
Priede		15	15	15	15	15	15	15	15	120
Egle		10	10	10	10	10	10			60
Bērzs	15	15	15	15	15	15				90
M-alksnis	6	5	6	5	6	2				30
Apse	2	6	7	7	6	2				30
B-alksnis	9	9	9	3						30

Rezultāti

2012. gadā ievāktas urbuma skaidas visos plānotajos objektos, ja tie nebija nocirsti. Pašreiz sagatavots turpmākajai apstrādei ir skaidas par 267 objektiem.

6.Lauku datu ieguve 14 objektos ugunsgrēka ietekmes uz priedes koku skaita izmaiņām modeļu aproksimācijai un izstrādāto regresijas modeļu kvalitātes un ticamības novērtējumam (6.d.uzd.) (R.Šēnhofs, L.Zdors, G.šņepsts, J.Donis)

Kā jau iepriekšējās nodaļās aprakstīts, koku atmiršanu nosaka ne tikai pašizretināšanās process, bet arī dažādi dabiskas vai mākslīgas izcelsmes traucējumi. Lai noskaidrotu kā koku izdzīvošanu un pieaugumu veidošanas ietekmē ugunsgrēki, veikta atkārtota degumos agrāk ierīkodu parauglaukumu apsekošana un pieaugumu mērīšana.

Materiāla ievākšanas vietu raksturojums

Pētījuma veikšanai ir izmantoti 7 degumi, kur ierīkoti 15 objekti (6.1.tabula). Par objektu tiek uzskatīts atsevišķi izdalīts nogabals. Degšana tajos notikusi 2004. gada pavasarī vai 2006. gada pavasarī vai vasarā. Degumi atrodas Kurzemes, Zemgales un Vidzemes reģionos. Pirmais degums atrodas Inciema apkārtnē, otrais Saulkrastu apkārtnē, trešais un ceturtais Salacgrīvas apkārtnē, piektais un sestais Dalbes apkārtnē un septītais Ugāles apkārtnē.

Lai neietekmētu pētījumu rezultātus par pieauguma izmaiņām uguns ietekmē, izvēlēti objekti, kur pēc degšanas nav veikta nekāda saimnieciskā darbība.

6.1.tabula

Objektu saraksts

Deguma Nr.	Degšanas gads	Degšanas mēnesis	Mežsaimniecība	Objekts	Meža tips	Vecums	Sastāvs
1	2006	5	R-Vidzeme	408_521_23	Mr	45	10P
2	2006	4	R-Vidzeme	408_94_32	Kv	109	10P
				408_94_34	Mrs	52	10P
				408_97_4	Mrs	45	10P
				408_97_2	Kv	98	10P
3	2006	8	R-Vidzeme	401_239_2	Mr	59	10P+B
4	2006	7	R-Vidzeme	401_239_6	Ln	121	10P
				401_239_8	Ln	124	10P
5	2004	4	Zemgale	609_174_3	Dm	43	10P
6	2004	4	Zemgale	609_174_5	Am	73	10P
7	2004	4	Z-Kurzeme	710_166_11	Ln	63	10P+ E
				710_166_12	Mr	38	10P
				710_167_6	As	65	10P+B
				710_167_7	Sl	47	10P
				710_166_7	Mr	90	10P

Pēc meža tipoloģijas izvēlētie objekti pārstāv astoņus dažādus meža tipus un pēc vecuma tie iedalās vidēja vecuma, briestaudzēs un pieaugušās audzēs.

Lai novērtētu uguns ietekmē radušos papildus pieaugumu, katrai audzei ir piemēklēta kontroles audze (līdzīgiem meža tiptiem, vecuma, sastāva, bonitātes, biezības), kas atrasta vai nu tajā pašā nogabalā vai pēc iespējas tuvāk vērtējamai audzei.

Lauka darbu metodika

Izvēlētajās audzēs atkarībā no to lieluma, kā arī koku biezuma (skaita uz laukuma vienības) ierīko vienu vai vairākus 500 m² lielus apļveida parauglaukumus tā, lai audzē aprakstītu vismaz 50-100 koku. Parauglaukumu centrus nosaka subjektīvi, izvēloties iespējami vienvēidīgus degšanas apstākļus un tā, lai parauglaukums pilnībā būtu degumā. Parauglaukumu centrus dabā atzīmē ar mietiņu, kā arī reģistrē to atrašanās vietas koordinātes ar GPS ierīci (Mobile Mapper CE). Visā parauglaukumā 12.62 m rādiusā (500 m²) uzmēra visus kokus, kuru caurmērs krūšaugstumā pārsniedz 6,1 cm, kokus ar caurmēru no 2.1-6.0 cm uzmēra 5.64 m lielā rādiusā (100 m²) (Donis, 2010).

Koku uzskaiti un numerāciju sāk no parauglaukuma magnētiskajiem ziemeļiem (0°) pulksteņrādītāju kustības virzienā. Katram kokam nosaka horizontālo attālumu no parauglaukuma centra ar 0.1 m precizitāti un virzienu (azimutu no centra) ar 1° precizitāti. (Donis, 2010).

Parauglaukumi atkārtoti pārmērīti 2011. vai 2012. gadā.

Katrā parauglaukumā visiem kokiem nosaka zemāk minētos raksturlielumus.

Katram kokam nosaka **stāvokļa klasi**:

- izdzīvojis - kokam saglabājušās vismaz daļa dzīvu (zaļu) skuju un miza (dzīva lūksne un kambijs);
- sausoknis - nokaltis koks, kuram nav zaļu skuju, vai pilnībā pa perimetru „nolobīta” miza. Kokam saglabājušies otrās pakāpes sānzari;
- stumbeņis - kokam saglabājušies tikai 1. pakāpes sānzari vai to nav vispār, koks nolauzts zem vainaga;
- kritāls - koks izgāzts, guļošs vai guļoša nolauzta koka daļa (Donis, 2010).

Kokus izdala pa **stāviem**:

1. stāvs – koks pieder koku kopai, kuras augstumu atšķirības no mežaudzes koku vidējā augstuma nepārsniedz 20 %;

2. stāvs – koks pieder 2. stāvam, ja to kopas koku vidējais augstums nav mazāks par vienu ceturtdaļu no mežaudzes pirmā stāva koku vidējā augstuma, kā arī to vidējais augstums nav mazāks par sešiem metriem (Donis, 2010).

Diametru mēra 1.3 m augstumā virs sakņu kakla ar precizitāti 0.1 cm visiem dzīvajiem kokiem, sausokņiem un stumbeņiem, bet izgāztajiem un guļošajiem kokiem to mēra 1.3 m attālumā no sakņu kakla.

Augstumu katrā objektā mēra 1. stāva 20 dažādu dimensiju priedēm ar 0.5 m precizitāti. Pārējiem meža elementiem - 9 kokiem, vai visiem, ja to skaits mazāks par 9.

Koku bojājuma pakāpes mērījumi katram kokam iegūti no pirmajā reizē ievāktajiem datiem, kur katram koka stumbram parauglaukumā noteikts **maksimālais** un **minimālais apdeguma augstums** ar precizitāti 2 dm par robežu starp degušo un nedegušo uzskatot vietu, kur 25 % no perimetra sektora vairāk nekā 50 % ir apdedzis, apogļojies; kokiem vizuāli ar 25 % precizitāti novērtēts **augšnes stāvoklis** 1m rādiusā ap koku:

- platība, kurā nodegusi zemsedze, %;
- platība, kurā atsegtas saknes, %;
- platība, kurā degušas saknes vai zem saknēm, % (Donis, 2010).

Koku urbšana pieauguma noteikšanai

Katrā objektā ar pieauguma svārpstiem izurbj 30 kokus, kas izvēlēti proporcionāli pa parauglaukumiem objektā. Urbj kokus, kuri atrodas tuvāk parauglaukuma centram. Lai koki tiktu izurbti pret dažādām debess pusēm, urbšanas virzienu izvēlas pret parauglaukuma centru.

Katram objektam kontroles kokus urbj tā paša nogabala nedegušajā daļā, vai netālu esošā līdzigā (pēc taksācijas rādītājiem) nogabalā. Katrā kontroles audzē pēc kārtas no dažādām debess pusēm urbj 40 kokus (priedes). Kā kontroles kokus izvēlas kokus, kas aug vismaz 30 m no deguma un nogabala malas.

Lai noteiktu koku vecumu, gan vērtējamās, gan kontroles audzes kokus urbj līdz serdei.

Tālāk, uz mežā ievāktajiem koku serdeņiem, izmantojot gadskārtu platumu mērīšanas ierīci LINTAB IV un datorprogrammu TSAPWin Scientific, tiek izmērīti visu gadskārtu platumi.

Kamerālo darbu metodika

Vērtējamās audzes meža elementu vidējo krūšaugstuma caurmēru aprēķina kā izdastoto dzīvo koku vidējo kvadrātisko diametru. No uzmērīto koku augstumu mērījumiem konstruē augstumlīkni (Ozolins, 2002) un nolasa audzes vidējo augstumu.

Audzis krāju aprēķina pēc profesora I. Liepas krājas formulas (Liepa, 1996).

Bonitāti nosaka pēc M. Orlova vispārējās bonitāšu skalas dižmežam:

$$B = (H-a)/b, \quad (6.1)$$

$$a = a_1+a_2*\ln A+a_3*\ln^2 A+a_4*\ln^3 A, \quad (6.2)$$

$$b = b_1+b_2*\ln A+b_3*\ln^2 A+b_4*\ln^3 A, \quad (6.3)$$

kur B – bonitāte;
H – audzes vidējais augstums, m;
A – audzes vecums, gadi;
a₁-a₄; b₁-b₄ – funkcijas koeficienti, (6.2.tabula) (Meža inventarizācijas..., 2000).

6.2.tabula

Koeficientu vērtības bonitātes aprēķināšanai (dižmežs)

Koeficients	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4
Vērtība	70.64	-66.57	20.66	-1.736	-2.02	2.294	-0.995	0.09

Avots: (Meža inventarizācijas..., 2000).

Audzis vecumu krūšaugstumā iegūst saskaitot gadskārtu skaitu uz izurbto koku serdeņiem. Pēc tam audzes īsto vecumu nolasa no mežsaimniecības tabulām (Матузанис, Я.К., 1988).

Audzis biežību aprēķina pa stāviem kā summu no visu sugu šķērslaukumiem attiecinot pret valdošās sugas normālo šķērslaukumu. Normālo šķērslaukumu aprēķina:

$$G_n = a + b * \lg(H + c), \quad (6.4)$$

kur G_n – audzes normālais šķērslaukums, m² ha⁻¹;
H – audzes vidējais augstums, m;
a,b,c – vienādojuma koeficienti (6.3.tabula) (Meža inventarizācijas..., 2000).

6.3 tabula

Koeficientu vērtības biežības aprēķināšanai (priede)

Koeficienti	a	b	C
Vērtība	15.85	15.67	-5

Avots: (Meža inventarizācijas..., 2000).

Audzis sastāvu nosaka proporcionāli audzes krājai pa sugām.

Audzis papildus pieaugums

Krājas papildus pieaugumu aprēķina pēc profesora I. Liepas (Liepa, 1996) izstrādātās metodikas:

$$Z_M^{KP} = 12732,4\Psi(G H^\alpha D^{\beta*\lg H+\varphi-2} - G_t H_t^\alpha D_t^{\beta*\lg H+\varphi-2}), \quad (6.5)$$

kur Z_M^{KP} - krājas kumulatīvais papildus pieaugums, m³ ha⁻¹;
Ψ, α, β, φ - koeficienti (6.5.tabula);
t – vērtēšanas intervāls (pieņemts 6 vai 7 gadi), gadi;

G, G_t – audzes krūšaugstuma šķērslaukums un tā prognostiskā vērtība intervāla t beigās, $m^2 ha^{-1}$:

$$G_t = \frac{D_t^* G}{D^2} \quad (6.6)$$

D, D_t – audzes vidējais krūšaugstuma caurmērs un tā prognostiskā vērtība intervāla t beigās, cm:

$$D_t = D - 0,1 Z_D^{kp} \quad (6.7)$$

Z_D^{kp} – audzes vidējā caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm:

$$Z_D^{kp} = 2u \left(\sum_j^t i_j - \sum_j^t i'_j \right) \quad (6.8)$$

u – mizas biezuma koeficients (6.5.tabula);

i_j – audzes gadskārtu vidējo vērtību rinda, mm. Tā satur $t+t'$ locekļus, kas ir aprēķināti no vērtējamās audzes 30 uzskaites koku urbumu datiem.

t' – retrospekcijas periods (šajā gadījumā pieņemts 10 gadi), gadi;

i'_j – vērtējamās audzes gadskārtu koriģēto platumu rinda, mm. Korekcijas vienādojums:

$$i'_j = \eta^* (i'_{k;j})^p \quad (6.9)$$

i_k – kontroles koku gadskārtu platumu vidējās vērtības, mm.

Gadskārtu platumu rindas pakļauj statistiskai pārbaudei. No 40 kokiem atlasa tos, kuri ar vērtējamās audzes gadskārtu platumu vidējo vērtību rindu retrospekcijas intervāla laikā uzrāda līdzīgu augšanas gaitu. Divas vērtību rindas uzskata par līdzīgām, ja to svārstības ir paralēlas, t.i., līdzīgi vides apstākļi izsauc relatīvi vienādu gadskārtu paplašināšanos vai sašaurināšanos (Liepa, 1996). Par līdzības kritēriju izmanto korelācijas koeficientu r . Pieņem, ka vērtējamā un pārbaudāmā uzskaites koka augšanas gaita ir līdzīga, ja r , kas aprēķināts pēc retrospekcijas perioda gadskārtu platumiem, ir statistiski būtisks ($r > r_{\alpha;t'}$). Strādā rezultātu būtiskuma līmenī $\alpha = 0.05$ un $t'=10$. Šiem nosacījumiem atbilst $r > 0.63$. Tādā veidā no 40 uzskaites kokiem atlasa k adekvātas kontroles kokus ($k \geq 10$). No atlasītajiem k derīgajiem kontroles kokiem sastāda gadskārtu platumu vidējo vērtību rindu. Tālāk pēc vērtējamās audzes un kontroles koku intervāla t' gadskārtu platumu vidējo vērtību rindām ar mazāko kvadrātu metodi izskaitļo koeficientus η un p un aprēķina visas i'_j vērtības. (Liepa, 1996).

H, H_t – audzes vidējais augstums un tā prognostiskā vērtība intervāla t beigās, m:

$$H_t = H - Z_h^{kp} \quad (6.10)$$

Z_h^{kp} – audzes vidējā augstuma kumulatīvais papildus pieaugums, m:

$$Z_h^{kp} = \frac{H^* Z_D^{kp} (aD + b)}{u(cD + 100)} \quad (6.11)$$

a, b, c, u – koeficienti (6.5.tabula).

Pēc aprakstītā algoritma tiek aprēķināts krājas kumulatīvais papildus pieaugums ar mizu. Šī rādītāja vērtība bez mizas, $m^3 ha^{-1}$:

$$Z_{v;b.m.}^{kp} = \frac{Z_v^{kp}}{S} \quad (6.12)$$

S – mizas tilpuma koeficients, kas aprēķināms pēc formulas:

$$S = \frac{pD + q}{wD + 100} \quad (6.13)$$

kur p, q, w – koeficienti (6.4.tabula).

Koeficientu vērtības krājas aprēķināšanai (priede)

ψ	α	β	ϕ	Augstuma pieaugums			Mizas pieaugums			u
				a	b	c	p	q	w	
$1.6541 \cdot 10^{-4}$	0.56582	0.25924	1.59689	-0.0642	6.356	27.105	20.60	143.9	19.53	1.103

Avots: Liepa, 1996.

Rezultāti

Ugunsgrēka ietekmē lielākā daļa koku atmirst 1 līdz 2 gadu laikā pēc ugunsgrēka, bet turpmākos gados atmirušo koku skaits ievērojami samazinās un atmiršana 5 gadus un vēlāk pēc ugunsgrēka nav viennozīmīgi saistāma ar ugunsgrēku (Donis, 2010).

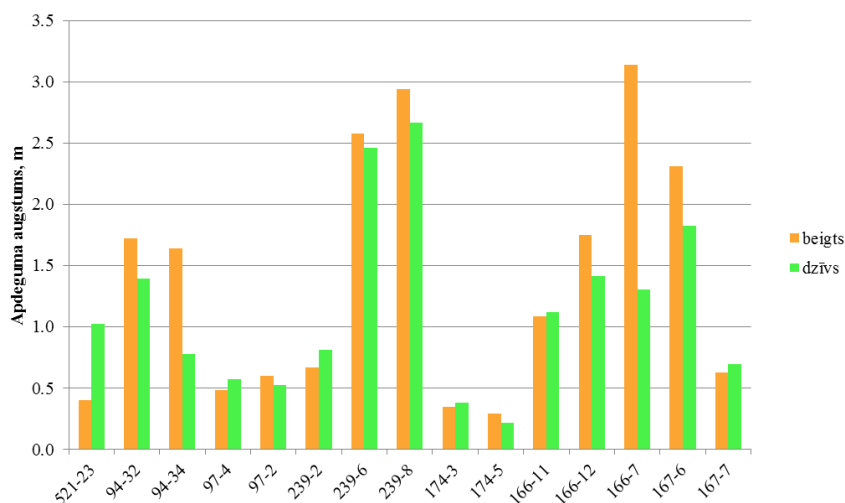
Atmirušo priežu skaits pa objektiem četrus gadus pēc ugunsgrēka, skaits uz ha

Objekts	I stāvs		II stāvs	
	Beigts	% no kopējā koku skaita	Beigts	% no kopējā koku skaita
521-23	0	0	10	100
94-32	10	2	10	50
94-34	20	2	60	60
97-4	30	3	-	-
97-2	20	3	30	50
239-2	100	9	40	100
239-6	180	34	50	100
239-8	230	38	-	-
174-3	40	4	100	71
174-5	30	5	20	67
166-11	33	5	7	100
166-12	133	20	-	-
166-7	52	16	-	-
167-6	73	13	-	-
167-7	16	2	12	50

6.5.tabulā parādīts atmirušo priežu skaits pa objektiem četrus gadus pēc ugunsgrēka. No ceturtā līdz sestajam gadam pēc ugunsgrēka objektu parauglaukumos papildus atmirušas ir 17 priedes – pa vienai pirmā stāva 521-23, 94-32, 97-2, 239-8 objektā, pa vienai katrā stāvā 94-34 objektā, divas pirmā stāva priedes 239-2 objektā, trīs 239-6 objektā un sešas 166-7 objektā. I stāvā visvairāk beigto koku konstatēts 239-8 objektā, un to skaits veido 38 % no kopējā koku skaita. II stāvu veidojošās priedes pēc dimensijām ir mazākas un uguns ietekme uz tām izpaužas pastiprināti. Lielākā daļa no tām aiziet bojā.

Vidējais stumbra apdeguma augstums beigtajām un dzīvajām priedēm būtiski atšķiras tikai 94-34 un 166-7 objektā, kur tas konstatēts aptuveni uz pusi lielāks (6.1.attēls). Lielāks apdeguma augstums beigtajiem kokiem ir arī 94-32, 166-12 un 167-6 objektā. 239-8 un 239-6 objektos stumbra apdeguma augstums gan beigtajiem, gan dzīvajiem kokiem ir salīdzinoši liels, kur arī konstatēts visvairāk atmirušo koku pēc uguns ietekmes. Pārējos objektos dzīvajiem un beigtajiem kokiem

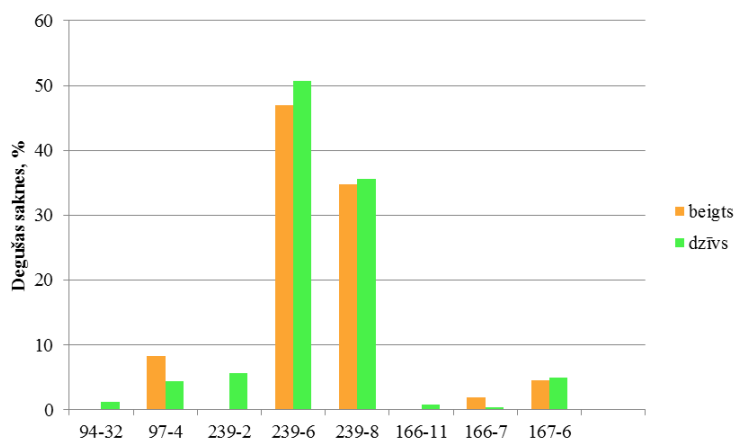
vidējais apdeguma augstums ir līdzīgs, izņemot 521-23 objektu, kur atmirusi ir tikai viena priede, kam par iemeslu, iespējams, bijis cits uguns radītais bojājuma veids.



6.1.att. Vidējais stumbra apdeguma augstums dzīvajām un beigtajām priedēm pa objektiem, m.

No visām priedēm, kam konstatētas degušas saknes, četrus gadus pēc uguns beigtas ir 42, bet izdzīvojušas 102. 6.2.attēlā parādīti objekti, kur dzīvajām un beigtajām priedēm konstatētas degušas saknes. Pārējos objektos šis faktors netika konstatēts. Visvairāk apdegušas saknes ir 239-6 un 239-8 objektos, arī atmirušo koku īpatsvars šeit ir vislielākais. 97-4 ir vienīgais objekts, kur beigtajiem kokiem saknes ir vairāk apdegušas nekā dzīvajiem, bet pārējos objektos vērojams pretējais, kas liecina, ka dzīvotspēju nevar attiecināt tikai uz sakņu degšanu. 94-32, 239-2 un 166-11 objektos beigtajām priedēm saknes nav degušas.

Priedēm izdzīvošanu nevar viennozīmīgi attiecināt uz ugunsgrēka radītajiem tiešajiem bojājumiem, jo uguns novājinātās priedes ir pakļautas pastiprinātam kukaiņu invāzijas riskam.



6.2.att. Degušas saknes vidēji vienai priedei pa objektiem, %.

No piecpadsmit objektiem tikai piecos objektos konstatētas dažas I stāva egles, no kurām četru gadu laikā pēc ugunsgrēka ietekmes aptuveni puse atmirst (6.6.tabula). Arī no II stāva eglēm četrus gadus pēc ugunsgrēka vairāk kā puse aiziet bojā, savukārt no uzmērītajām paaugas eglītēm izdzīvojuši nav neviena. Turpmāko divu gadu laikā no izdzīvojušajām eglēm vēl tikai viena ir atmirusi.

6.6.tabula

Atmirušo egļu skaits pa objektiem četrus gadus pēc ugunsgrēka, skaits uz ha

Objekts	I stāvs		II stāvs		Paauga	
	Beigts	% no kopējā koku skaita	Beigts	% no kopējā koku skaita	Beigts	% no kopējā koku skaita
521-23	0	0	10	50	30	100
94-32	-	-	10	100	-	-
174-5	-	-	70	64	-	-
166-11	7	25	53	67	-	-
166-12	7	100	-	-	-	-
166-7	0	0	48	71	-	-
167-6	60	75	80	100	87	100
167-7	-	-	24	67	-	-

Bērzi konstatēti astoņos objektos (6.7.tabula). I stāva bērzi konstatēti piecos objektos, divos no tiem visi ir izdzīvojuši (174-3 un 167-6). 239-2 objektā izdzīvojuši 40 % no kopējā koku skaita, bet 239-8 un 166-11 objektā visi atmiruši. II stāva bērzi praktiski visi gājuši bojā, izņemot 166-7 objektu, kur visi ir dzīvi.

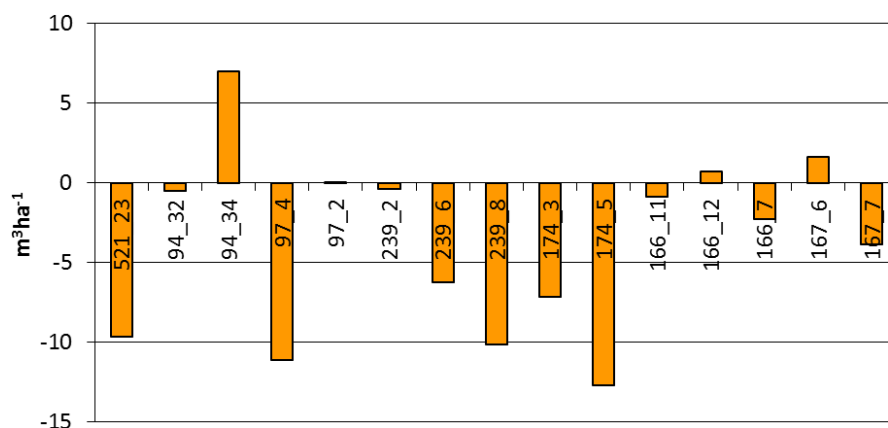
6.7.tabula

Atmirušo bērzu skaits pa objektiem četrus gadus pēc ugunsgrēka, skaits uz ha

Objekts	I stāvs		II stāvs	
	Beigts	% no kopējā koku skaita	Beigts	% no kopējā koku skaita
94-32	-	-	190	79
239-2	40	40	20	100
239-6	-	-	50	100
239-8	10	100	20	100
174-3	0	0	20	100
166-11	7	100	-	-
166-7	-	-	0	0
167-6	0	0	-	-

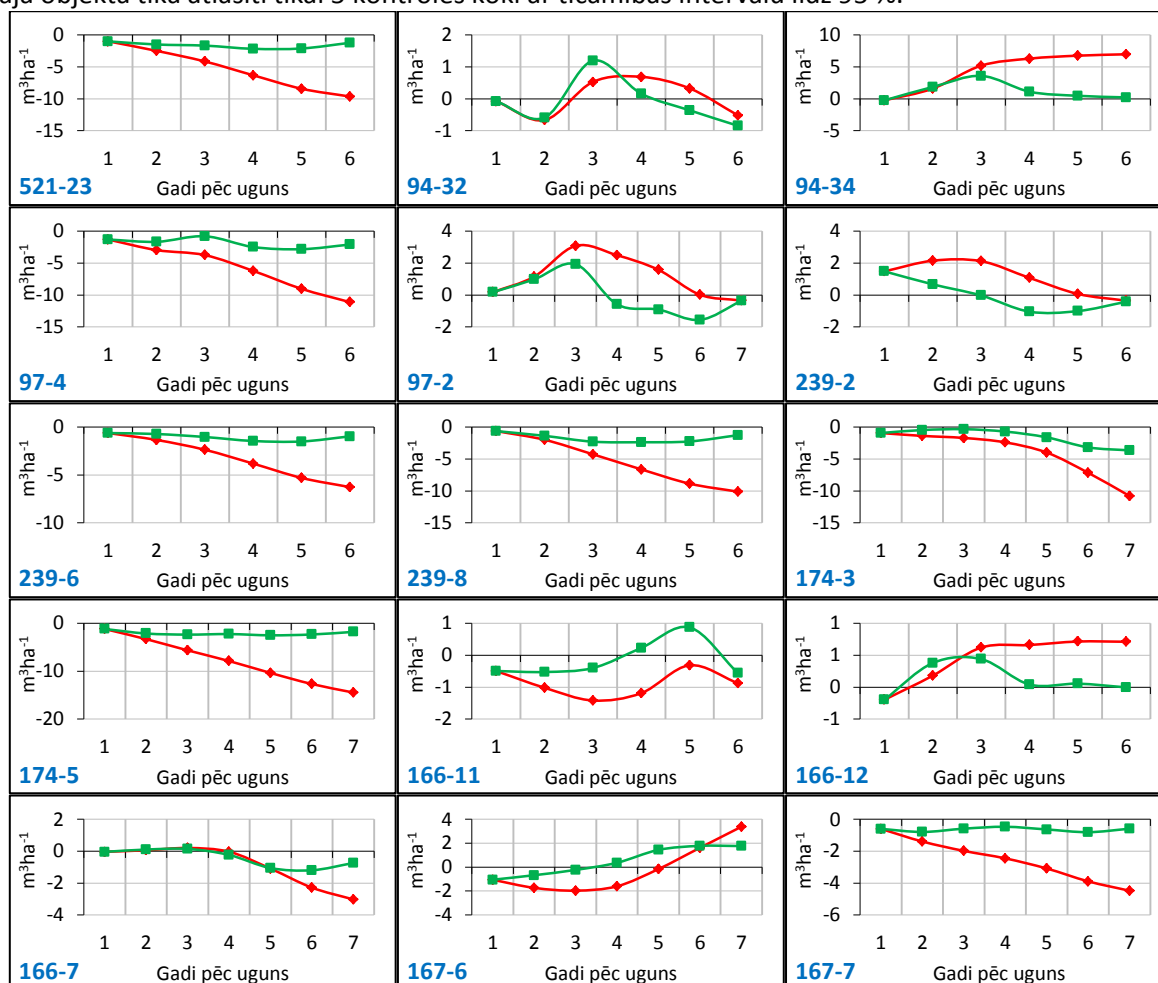
Uguns ietekmē izdzīvojušo koku pieauguma izmaiņu novērtējums priežu audzēs

Priežu audzēm pieauguma izmaiņas uguns ietekmē var izpausties dažādi (6.3.attēls). Pēc ugunsgrēka no piecpadsmit audzēm krājas kumulatīvais papildus pieaugums salīdzinājumā ar kontroli ir samazinājies vienpadsmit, bet palielinājies četrās audzēs, lai gan objektos 97-2 un 239-2 pieauguma izmaiņas ir minimālas.



6.3.att. Krājas kumulatīvais papildus pieaugums dažādos objektos 6 gadus pēc ugunsgrēka, m³ ha⁻¹.

Ugunsgrēka ietekmē priēžu audzēs vērojamas dažādas tendences ikgadējās papildus pieauguma izmaiņās (6.4.attēls). Jāatzīmē, ka, lai nodrošinātu rezultātu ticamību ar 95 % varbūtību, atbilstoši 1.3 nodaļā aprakstītajai metodikai par audzes papildus pieaugumu, atsevišķiem objektiem atlasīto kontroles koku skaits ir mazāk par 10, kas varētu būt nepietiekošs. Pirmajā gadā pēc ugunsgrēka no piecpadsmit audzēm ikgadējais papildus pieaugums ir negatīvs trīspadsmit audzēm. Izņēmums ir 97-2 objekts, kur pirmajos trijos gados pēc ugunsgrēka ikgadējais papildus pieaugums ir lielāks nekā prognozēts, un 239-2 objekts, kur šis pieaugums prognozēto pārsniedz pirmajos divos gados. Kumulatīvais papildus pieaugums sešu gadu laikā vislielākais ir 94-34 objektā. Jāpiebilst, ka šajā objektā tika atlasīti tikai 5 kontroles koki ar ticamības intervālu līdz 95 %.



— kumulatīvais papildus pieaugums — ikgadējais papildus pieaugums

6.4.att. Kumulatīvie un ikgadējie papildus pieaugumi pa objektiem, $m^3 ha^{-1}$.

521-23, 97-4, 174-3, 174-5 un 167-7 objektos ikgadējais papildus pieaugums vērtēšanas intervālā katru gadu ir negatīvs, kas liecina, ka uguns priedēm negatīvi ietekmē koksnes producēšanas spējas.

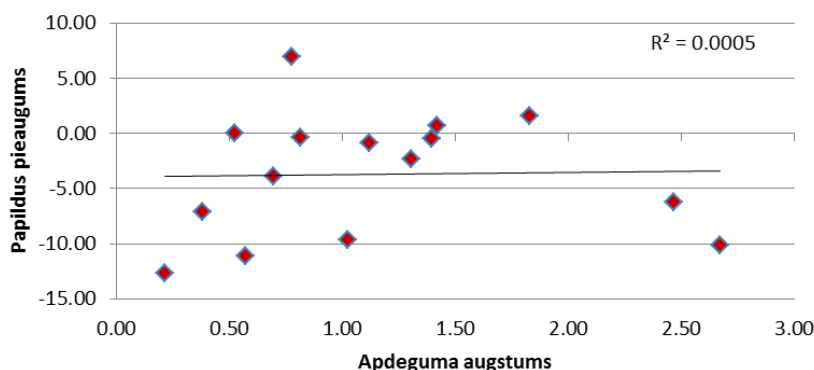
166-11 un 167-6 objektos sākot ar otro gadu pēc ugunsgrēka vērojama tendence pakāpeniski palielināties ikgadējam pieaugumam un ceturtajā gadā pēc ugunsgrēka tas jau uzrāda pozitīvas vērtības, un koku tālāko augšanas gaitu, iespējams, ietekmē jau citi faktori.

Savukārt 94-34 objektā pirmajā gadā pēc ugunsgrēka pieaugums ir samazinājies, bet nākamajos divos gados tas strauji palielinājās, ko nevar viennozīmīgi attiecināt uz ugunsgrēka ietekmi.

166-12 objektā vērojama līdzīga tendence kā 94-34 objektā. Otrajā gadā pēc ugunsgrēka krājas ikgadējais pieaugums nedaudz pārsniedz prognozēto pieaugumu, bet turpmākajos gados tas atkal tuvinās prognozētajam.

166-7 objektā pirmajos četros gados pēc ugunsgrēka nav vērojamas būtiskas papildus pieauguma izmaiņas, bet turpmākajos gados papildus pieaugums samazinās.

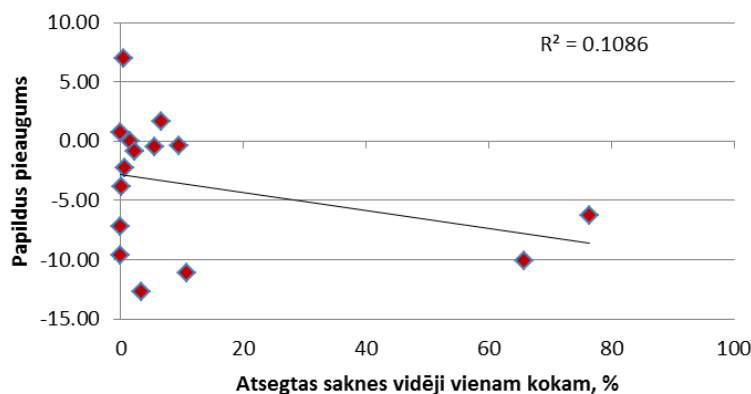
Vidējais koka stumbra apdeguma augstums priedēm pa objektiem ir robežās no 0.2 līdz 2.7 metriem. Starp kumulatīvā papildus pieauguma izmaiņām un vidējo apdeguma augstumu (6.5.attēls) nav vērojama korelācija $r = 0.022$. Konkrētajos pētījuma objektos pie vidējā koku stumbra apdeguma augstuma līdz vienam metram, kumulatīvais papildus pieaugums var būt mainīgs, bet lielāku vidējo apdeguma augstuma gadījumos (virs 2 metriem) pieaugums ir samazinājies.



6.5.att. Kumulatīvā papildus pieauguma korelācija ar vidējo apdeguma augstumu objektos.

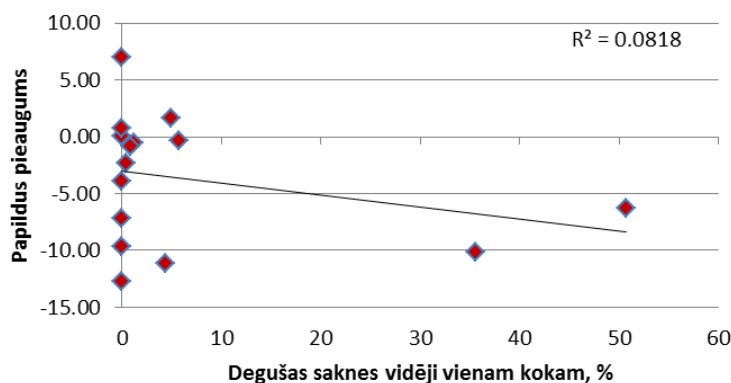
Degušās zemsedes platības īpatsvars 1 metra rādiusā ap koku konstatēts vidēji 95 līdz 100 % uz vienu izdzīvojušo priedi, izņemot 174-5 un 97-2 objektu, kur degusī platība attiecīgi ir vidēji 82 % un 89 %.

Procentuāli platība ar atsegtām saknēm vidēji vienam kokam pa objektiem mainās no 0 līdz 76 % (izdzīvojušām priedēm) (6.6.attēls). 3 objektos nevienai dzīvai priedei netika konstatētas atsegtas saknes, bet to kumulatīvie papildus pieaugumi ir mainīgi. 6.6. attēlā izlīdzinošā līkne vizuāli rāda tendenci samazināties kumulatīvajam papildus pieaugumam, ja palielinās platība, kurā atsegtas saknes, bet abu pazīmju korelācijas koeficienta vērtība $r = 0.330$ ir zemāka par kritisko vērtību $r_{0.05;15}=0.514$, līdz ar to abu pazīmju sakarība ir vāja.



6.6.att. Kumulatīvā papildus pieauguma korelācija ar ugunsgrēka rezultātā atsegtām saknēm vidēji vienam kokam objektos.

Degušas saknes dzīvajiem kokiem konstatētas astoņos objektos. Arī starp kumulatīvā papildus pieauguma un degušām saknēm vidēji vienam kokam (6.7.attēls) vērojama zema korelācija $r = 0.286$.



6.7.att. Kumulatīvā papildus pieauguma korelācija ar ugunsgrēka rezultātā degušām saknēm vidēji vienam kokam objektos.

Secinājumi

1. Priedēm pēc ugunsgrēka turpmāko dzīvotspēju daļēji ietekmē stumbra apdeguma augstums.
2. Priedēm izdzīvošanu nevar viennozīmīgi attiecināt uz ugunsgrēka radītajiem tiešajiem bojājumiem, jo uguns novājinātās priedes ir pakļautas pastiprinātam kukaiņu invāzijas draudiem.
3. Pētījumā izmantotajos objektos lielākā daļa egles četrus gadus laikā pēc ugunsgrēka aiziet bojā.
4. Ugunsgrēks var izraisīt gan pozitīvas, gan negatīvas kumulatīvā papildus pieauguma izmaiņas priežu audzēs, tomēr lielāka iespējamība pastāv, ka papildus pieaugums samazināsies.
5. Vistiešākā uguns ietekme priežu audzēm attiecībā uz ikgadējām papildus pieauguma izmaiņām izpaužas pirmajā gadā pēc ugunsgrēka.
6. Koku stumbru apdeguma augstums līdz 2 m maz ietekmē pieauguma izmaiņas.
7. Ugunsgrēka rezultātā starp audzes bojājuma pakāpi un kumulatīvā papildus pieauguma izmaiņām nav konstatēta statistiski būtiska sakarība.
8. Pēc ugunsgrēka izdzīvojušām priežu audzēm no iegūtajiem rezultātiem par koku bojājuma pakāpi un papildus pieaugumiem nevar viennozīmīgi prognozēt turpmākās pieauguma izmaiņas.

7. Radiālā pieauguma mērījumi (7.d.uzd.)

Koku taksācijas rādītāju pieaugumam bez sakarībām, kas saistītas ar vecuma izmaiņām, bieži vērojamas arī izmaiņas, kuras nosaka meteoroloģiskie apstākļi u.c. nejauši vai cikliski vides faktori. Koku caurmēra pieaugumi uzmērīti ar 5 gadu intervālu 3 gados. Aprēķinot caurmēra pieaugumus, balstot uz caurmēru starpībām 2 inventarizācijas ciklos, iespējamas arī kļūdas, kas saistītas ciklisko procesu ignorēšanu. Piem., ja piecgades meteoroloģiskie apstākļi ir labvēlīgāki koku augšanai nekā ilggadējie vidējie (piem., 10 vai 30 gadu meteoroloģiskie apstākļi), uz šīs piecgades pārmērījumu datiem būvētie modeļi var dot pārāk optimistiskas prognozes. Tāpat radiālā pieauguma mērījumi dod iespēju aprēķināt ne tikai vidējo periodisko pieaugumu, bet arī ikgadējo pieaugumu un izvērtēt būvēto modeļu adekvātumu.

Materiāls un metodika

2011. gadā uzmērīto 254 MSI (meža statistiskā inventarizācija) parauglaukumu tiešā tuvumā ar Preslera svārpstu iegūti koksnes paraugi koku radiālā pieauguma noteikšanai. Koksnes paraugi radiālā pieauguma noteikšanai veikti parauglaukumos, kuros valdošā koku suga ir priede, egle, bērzs, melnalksnis, apse un baltalksnis, katrā parauglaukumā iegūti 10 - 15 valdošās koku sugas koksnes paraugi. Kopā iegūti un apstrādāti 3349 paraugi. Skat. 7.1.tabula.

Radiālā pieauguma mērīšana veikta izmantojot iekārtu LINTAB IV. Datu pirmapstrādei izmantota datorprogrammu TSAP Win Scientific 0.55.

7.1.tabula

2012.g.uzmērīto radiālā pieauguma skaidu sadalījums pa sugām un parauglaukiem

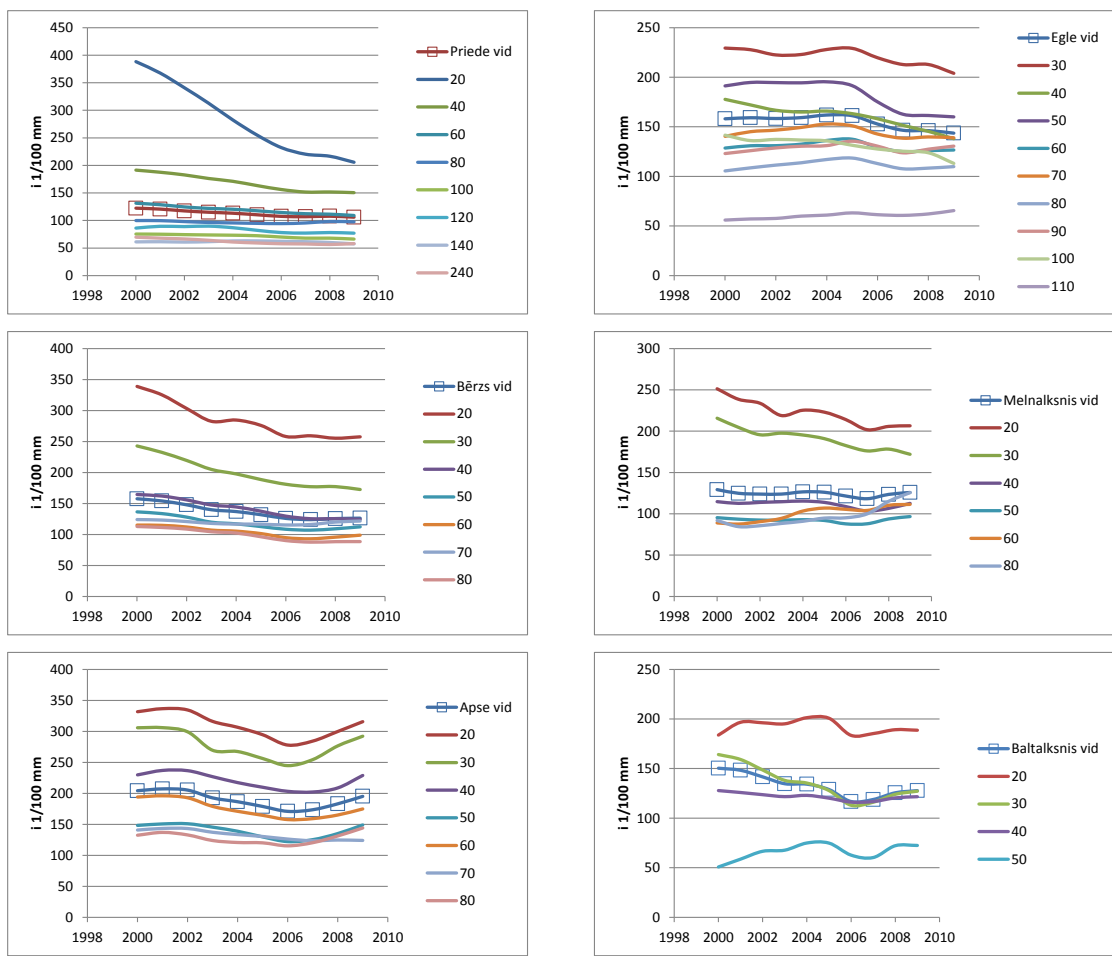
Suga	Parauglaukumu skaits	Urbumu skaidu skaits
Apse	16	195
Bērzs	61	792
Baltalksnis	19	256
Egle	35	469
Melnalksnis	19	256
Priede	104	1381

Lai novērtētu nejaušo vides apstākļu ietekmi uz ilggadējo vidējo radiālo pieaugumu, aprēķināti katra koka pēdējo 10 gadu (2000.-2009.gada) 5 gadu vidējie periodiskie pieaugumi un aprēķinātas regresijas starp vidējo periodisko pieaugumu vērtībām.

Rezultāti

Dažādu koku sugu un dažādu vecumklaşu „peldošie” vidējie radiālie pieaugumi atspoguļoti 7.1.attēlā. Konstatējama sakarība, ka visām analizētajām sugām vecākās audzēs peldošo 5 gadu vidējo radiālo pieaugumu vērtībām nav konstatējams nozīmīgs trends, taču jaunākās audzēs (20-30 gadu vecu audžu parauglaukumos) ir vērojams trends - pieauguma samazināšanās. Tas varētu būt arī saistīts vienkāršu radiālā pieauguma samazinājumu audzēm, pēc caurmēra pieauguma kulminācijas.

Tāpat izvērtējot radiālo pieaugumu un pēc diametrus starpībām konstatētos diametra pieaugumus, 1.3.7.tabula un 1.3.9.attēlā atspoguļotās atšķirības norāda, ka nākošajos pētījuma posmos nepieciešams vispusīgi izvērtēt arī radiālā pieauguma skaidu mērījumu rezultātus gala vienādojumu izstrādē.



7.1.attēls. 5 gadu vidējā periodiskā radiālā pieauguma „peldošās” vērtības dažādām koku sugām sadalījumā pa vecumgrupām. Uz 1 ass kalendārais gads. I1/100 –radiālais pieaugums milimetra simtdaļās. Skaitļi 20-240 – atbilstošās vecuma grupas (vidējais+5 gadi).

8. Vienādojumu izstrāde pieauguma modeļiem pēc pārmērīto pētniecisko parauglaukumu datiem (8.d.uzd.)

Mērķis pārbaudīt vai uz meža statistiskās inventarizācijas datiem izstrādātie vienādojumi objektīvi atspoguļo augšanas gaitu vairāk kārt pārmērītos parauglaukumos.

Analīzei izmantoti parauglaukumi, kuri pārmērīti P, E un B kopšanas ciršu parauglaukumi.

8.1. tabula

Ilglaicīgo parauglaukumu dati

ObjNr	Suga	1. uzmērīšana						2. uzmērīšana								3. uzmērīšana										
		H100	A	D	H	G	N	A	Uzmērītie				Aprēķinātie				A	Uzmērītie				Aprēķinātie				
									D	H	G	N	D	H	G	N		D	H	G	N	D	H	G	N	
1	P	23.2	14	3.8	3.7	15.9	14231	19	5.7	6.9	26.6	10381	5.4	5.3	30.2	13072	34	12.0	13.8	37.5	3330	10.5	9.5	79.9	10108	
2	P	24.2	13	5.4	3.8	7.4	3255	18	8.8	6.4	17.9	2940	7.7	5.6	14.8	2987										
3	P	27.1	13	6.2	4.6	12.7	4245	18	9.1	7.5	23.8	3625	8.8	6.7	25.5	3886	33	15.7	14.5	38.1	1975	16.2	11.9	66.9	2975	
4	E	25.8	17	5.8	5.2	8.8	3275	27	10.0	9.9	24.3	3075	10.5	9.4	31.6	2428	38	13.5	16.0	34.9	2450	15.7	13.4	45.2	1946	
5	E	27.8	17	7.5	6.3	8.9	2017	27	12.8	11.5	26.1	2017	12.8	11.0	27.6	1442	38	17.1	18.3	39.8	1725	18.4	15.3	37.7	1125	
6	E	26.8	17	6.5	5.7	6.8	2050	27	11.2	10.5	20.2	2050	11.5	10.2	22.9	1491	38	14.6	15.5	32.1	1925	16.8	14.3	32.0	1178	
7	E	27.2	17	6.8	5.9	5.6	1525	27	12.7	11.4	18.7	1483	11.9	10.4	18.3	1103	38	17.4	17.9	30.1	1267	17.3	14.6	25.3	868	
8	E	27.2	17	6.8	5.9	7.3	2000	27	10.7	10.2	17.7	1967	11.9	10.4	24.0	1446	38	13.5	14.7	26.6	1850	17.3	14.6	33.2	1138	
9	E	26.3	17	6.3	5.5	10.1	3278	27	10.2	9.9	24.8	3033	11.1	9.8	35.2	2407	38	15.2	16.0	34.8	1911	16.4	13.9	49.6	1916	

Augstuma pieaugums

Izvērtējot augstumu mērījumus, konstatēts, ka pašreiz vienādojumu nenovērtē jaunaudžu augstuma pieaugums pēc 5 gadiem, par 0.5m, savukārt pēc 20 gadiem šī augstuma starpība jau sasniedz 2-3 metrus. Tas nozīmē, ka nepieciešams izstrādāt jaunaudžu augstuma pieaugumam atsevišķus vienādojumus vai veikt korekcijas.

Caurmēra pieaugums

Caurmēra pieauguma prognoze 5 gadu periodam vidēji sakrīt ar uzmērīto – 10.2 un 10.1 cm attiecīgi, lai arī pa objektiem svārstības var sasniegt pat 1cm. 20 gadu laikā uzmērītā un prognozētā caurmēra starpība sasniedz 1.1cm, proti, prognozēti ir lielāki caurmēri nekā uzmērīti attiecīgi 14.9 un 16.1cm.

Koku skaita izmaiņas

Modelētās un ilgtermiņa parauglaukumos parāda, ka koku skaita izmaiņas ilgtermiņā tiek pārvērtētas, t.i., tiek prognozēta augstāka izdzīvošana nekā praktiski konstatēts. Faktiski ir izdzīvojuši vidēji 2050 koki uz ha, bet atbilstoši modelim tiek prognozēts, ka izdzīvos 2600 uz ha koki no sākotnēji 4000 kokiem uz ha.

Tas norāda, ka nepieciešams pilnveidot izdzīvošanas modeli.

9. Vienādojumu izstrāde augšanas gaitas modeļiem pēc pārmērītu pētniecisko parauglaukumu datiem (9.d.uzd.)

L.Zdors, J.Donis

Šis darba uzdevuma mērķis ir izpētīt detāli uzmērītos, vairākkārt pārmērītos parauglaukumos konstatētās sakarības, un šo sakarību detektēšanas iespēju novērtēt šana MSI laukumos.

Šajā gadā uzsvars likts uz „Malas efekta novērtējums uz stādītas egles augšanu dažāda lieluma audzes atvērumos”. Darbu paredzēts publicēt izdevumā „Mežzinātne”.

Materiāls un metodika

Pētījums veikts 2 objektos MPS Kalsnava (turpmāk tekstā Kalsnavas objekts) un MPS Mežole (turpmāk tekstā Mežoles objekts) teritorijā, kur izcirsti dažādu izmēru taisnstūrveida atvērumi Zemkopības ministrijas Meža attīstības fonda pasūtītā un LVMI „Silava” veiktā pētījuma „Nekailciršu meža apsaimniekošanas modeļa izstrāde” ietvaros (Donis, 2008). Abi objekti atrodas 98-104 gadu vecās priežu audzēs (Kalsnava – 8P2E; Mežole - 6P2B2E) lāna - damakšņa meža tipos (9.1.tab.).

9.1.tabula

Kokaudzes raksturojums objektos

Objekts	Meža tips	Sastāvs	Vecums, gadi	Vid. diametrs, cm	Vid. augstums, m	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
Kalsnava	Ln, Dm	8P2E	98	31,3	25,8	29,2	360,1
Mežole	Dm	6P2B2E	104	35,2	29,5	31,6	449,8

Objekti ierīkoti 2005. gadā sākotnēji izveidojot 40×40m kvadrātu tīklu visā nogabalā un kvadrātu vidū audzes raksturošanai uzmērot apļveida parauglaukumus ar rādiusu 12,62m. 2006.- 2007.gada ziemā iezīmēti un izcirsti dažāda izmēra taisnstūrveida atvērumi 10×10 m; 20×20 m; 20×40 m (izvietojot Z-D vai A-R virzienos - turpmāk tekstā 20×40ZD un 20×40AR) un 40×40 m, tā lai starp izcirstajiem atvērumi būtu vismaz 20m necirstas starpjostas (izņemot 10×10m atvērumiem, kur mazākais attālums starp atvērumiem 10m). 2008.gada pavasarī Kalsnava objektā izcirstie atvērumi sadalīti 10×10m kvadrātos un daļa no iezīmētajiem kvadrātiem apstādīti ar egles kailsakņu stādiem ($h_{vid}=27,1\pm 0,6$ cm; $h_{min}=8$ cm; $h_{max}=65$ cm) stādot iešķēlumā nesagatavotā augsnē. 10×10m atvērumos apstādīts viss atvērums, 20×20 m atvērumos apstādīts 1 no 4 kvadrātiem; 20×40 m kvadrātos - 2 no 8 un 40×40 m kvadrātos 3 no 12 (8.2.tab.). Stādīšana veikta izmantojot kvadrātveida stādvieta shēmu ar savstarpējo stādvieta attālumu 2×2m (25 kociņi vienā kvadrātā), līdz ar to katram kociņam ir zināms tā attālums līdz izcirstā atvēruma malai. 2009. gada pavasarī pēc tāda paša principa veikta stādīšana ar egles kailsakņu stādiem ($h_{vid}=35,1\pm 0,6$ cm; $h_{min}=12$ cm; $h_{max}=80$ cm) arī Mežole objektā. Katru gadu jūlijā veikta agrotehniskā kopšana.

9.2.tabula

Pētījuma materiāla raksturojums objektos

Atvērumu lielums	Atvēruma platība, m ²	Izcirsto atvērumu skaits		Atkārtojumu skaits logā	Iestādīto kociņu skaits		Analizēto kociņu skaits	
		Kalsnava	Mežole		Kalsnava	Mežole	Kalsnava	Mežole
10×10	100	3	3	1	75	75	58	48
20×20	400	2	4	1	50	100	45	49
20×40AR	800	2	3	2	100	150	79	96
20×40ZD	800	2	2	2	100	100	81	75
40×40	1600	3	3	3	225	225	168	166

Uzreiz pēc iestādīšanas kociņiem uzmērīts augstums. Pēc tam katru rudenī uzmērīts kociņu augstums, kā arī noteikts to stāvoklis (dzīvs, beigts vai bojāts), kā arī bojātajiem kociņiem fiksēts bojājuma veids (dzīvnieku bojājumi, slimības u.c.). 2012. gada rudenī Mežoles objektā uzmērīts arī kociņu diametrs pie sakņu kakla.

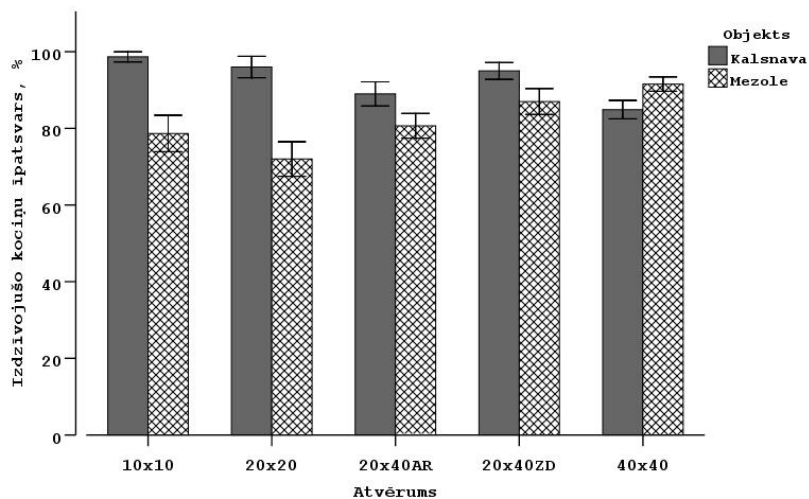
Kamerālo darbu metodika

Datu matemātiskajā apstrādē analizēta kociņu izdzīvošana Kalsnavas un Mežoles objektā. Bez tam analizēts kociņu augstuma pieaugums abos objektos un kociņu diametri pie sakņu kakla tikai Mežoles objektā 4 gadus pēc iestādīšanas. Analīzei izmantota daudzfaktoru dispersijas analīze, datorprogrammā SPSS14. Kā ietekmējošie faktori pārbaudīti – objekts, loga lielums, sākotnējais kociņu augstums un attālums līdz tuvākajai malai. Izdzīvojušo kociņu analīzē izmantoti visi kociņi, bet augstumu pieaugumu un diametru analīzei izmantoti tikai nebojātie kociņi.

Pārbaudot būtiski ietekmējošos faktoros, konstatēts, ka gan kociņu sākotnējie augstumi, gan 4 gadu augstuma pieaugums būtiski atšķiras pa objektiem, tāpēc turpmākā analīze veikta atsevišķi pa objektiem. Kā gradācijas klase izmantots loga lielums un attālums no loga malas, bet kovariācijas faktors – sākotnējais augstums. Ņemot vērā nelielo novērojumu skaitu (līdz 3 novērojumiem), gradācijas klasēs 5m 10×10m atvērumā un 9m 20×20m, šīs gradācijas klases pievienotas tuvākajām klasēm. Tāpat 40×40m atvēruma 15m gradācijas klasei pievienotas 17m un 19m gradācijas klases.

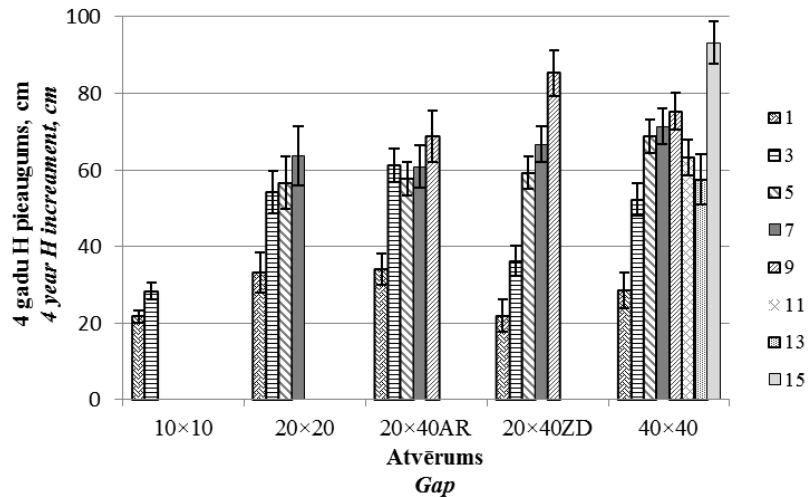
Rezultāti un diskusija

Attālums līdz atvēruma malai, atvēruma lielums un sākotnējais kociņu augstums būtiski neietekmē (p -vērtība $>0,05$) kociņu izdzīvošanu 4 gadus pēc iestādīšanas. Tomēr izdzīvošana būtiski atšķiras (p -vērtība $<0,05$) pa objektiem. Kalsnavā kopumā ir izdzīvojuši 90,4% iestādīto kociņu, bet Mežolē 84,4%. Objekta un atvēruma lieluma mijiedarbība arī ir būtiska un atšķiras izdzīvojušo kociņu īpatsvars Kalsnavas un Mežoles objektu 10×10m, 20×20m, 20×40ZD un 40×40m atvērumos – attiecīgi – 98,7% un 78,7%, 96% un 72%, 95% un 87%, un 84,9% un 91,6% (8.1.att.). Lielbritānijā veiktā pētījumā konstatēts, ka 4 gadus pēc iestādīšanas audzes atvērumos ar 20m diametru izdzīvo tikai aptuveni 50% iestādītās Sitkas egles (Page, Cameron, 2006), līdz ar to izdzīvojušo kociņu īpatsvars ir salīdzinoši augsts.

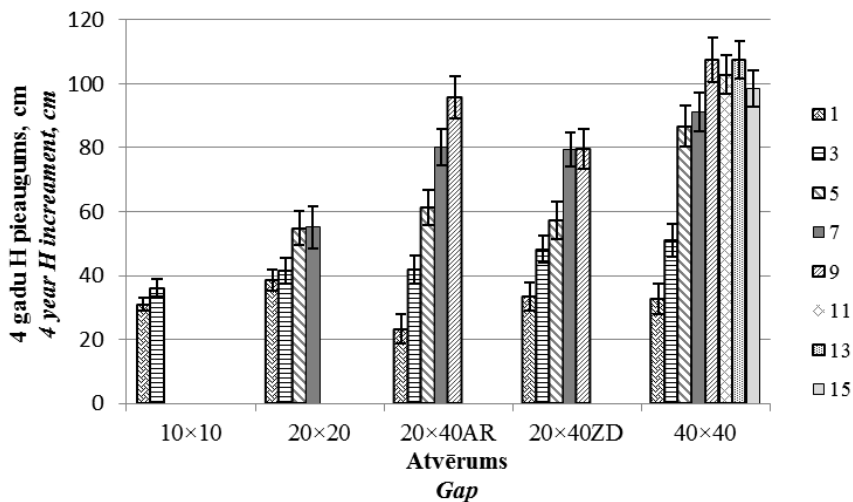


9.1.attēls. Stādītās egles izdzīvojušo kociņu īpatsvars 4 gadus pēc iestādīšanas dažāda lieluma audzes atvērumos Kalsnavas un Mežoles objektā.

Lielākos atvērumos (20×40AR, 20×40ZD un 40×40m) 1m attālumā no atvēruma malas augošiem kociņiem ir būtiski (p -vērtība $< 0,05$) mazāki kociņu augstuma pieaugumi nekā 3m attālumā augošiem kociņiem, bet mazākos atvērumos Kalsnavas objektā atšķiras būtiski, bet Mežoles objektā nebūtiski (9.3.tab; 9.2; 9.3.att.).



9.2.attēls. Stādītas egles 4 gadu augstuma pieaugums atkarībā no audzes atvēruma lieluma dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai Kalsnavas objektā



9.3.attēls. Stādītas egles 4 gadu augstuma pieaugums atkarībā no audzes atvēruma lieluma dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai Mežoles objektā.

9.3.tabula

Stādītas egles 4 gadu augstuma pieaugums dažāda lieluma audzes atvērumos atkarībā no attāluma līdz atvēruma malai

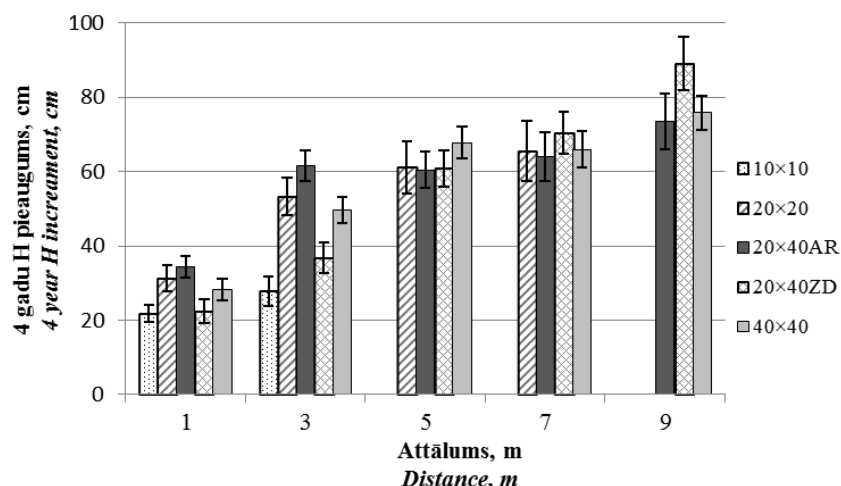
Objekts		Kalsnava		Mežole	
Atvēruma lielums	Attālums līdz atvēruma malai, m	4 gadu augstuma pieaugums*, cm	Standartklūda	4 gadu pieaugums*, cm	Standartklūda
10x10	1	21,7 ^a	1,6	31,0 ^a	2,1
	3	28,3 ^b	2,1	36,2 ^a	2,8
20x20	1	33,3 ^a	5,3	38,6 ^a	3,2
	3	54,2 ^b	5,5	41,4 ^{ab}	4,0
	5	56,6 ^b	6,9	54,8 ^b	5,3
20x40AR	7	63,6 ^b	7,8	55,1 ^b	6,7
	1	34,1 ^a	4,0	23,3 ^a	4,7
	3	61,2 ^b	4,4	41,9 ^b	4,4
	5	57,7 ^b	4,5	61,2 ^c	5,6

	7	60,8 ^b	5,6	80,2 ^d	5,7
	9	68,9 ^b	6,7	95,7 ^d	6,6
20×40ZD	1	21,9 ^a	4,2	33,4 ^a	4,2
	3	36,2 ^b	4,0	48,3 ^b	4,4
	5	59,3 ^c	4,1	57,4 ^b	5,9
	7	66,6 ^c	4,6	79,5 ^c	5,4
	9	85,3 ^d	6,0	79,6 ^c	6,2
40×40	1	28,5 ^a	4,6	32,8 ^a	4,9
	3	52,3 ^b	4,2	51,0 ^b	5,1
	5	68,8 ^{cd}	4,5	86,7 ^c	6,4
	7	71,3 ^{cd}	4,7	91,1 ^{cd}	6,0
	9	75,3 ^d	4,7	107,6 ^d	7,0
	11	63,2 ^{bcd}	4,7	102,8 ^{cd}	6,0
	13	57,5 ^{bc}	6,6	107,6 ^d	5,9
	15	93,2 ^e	5,5	98,4 ^{cd}	5,6

Apzīmējumi – ^{a, b, c, d} – homogēni kompleksi pēc attāluma līdz atvēruma malai grupēti pa atvēruma lielumiem un objektiem; *- vidējās vērtības un homogēnie kompleksi aprēķināti ņemot vērā kovarianti- sākotnējo kociņu augstumu;

20×20m atvērumos tālāk par 3m no atvēruma malas kociņu augstuma pieaugums ir lielāks, tomēr būtiski neatšķiras. 20×40ZD atvērumos pie lielāka attāluma no audzes malas augstuma pieaugumi ir lielāki un Kalsnavas objektā būtiski lielāki kociņi ir 9m attālumā no atvēruma malas, bet Mežoles objektā atvēruma malas ietekme ir tikai līdz 7m no atvēruma malas. 20×40AR atvērumos tendences ir neviennozīmīgas – ja Mežoles objektā pie lielāka attāluma no atvēruma malas augstuma pieaugums ir lielāks, tad Kalsnavas objektā situācija nav viennozīmīga. 40×40m atvērumos Kalsnavas objektā sākot no 3m attāluma no atvēruma malas augstuma pieaugums ir svārstīgs un, lai gan tālāk par 3m augstuma pieaugums ir lielāks nekā 3m attālumā no atvēruma malas, un 5m, 7m un 9m attālumā ir būtiski lielāks (un ir lielāks arī lielākā attālumā no atvēruma malas), tomēr 11m un 13m attālumā būtiski neatšķiras no 3m attālumā esošajiem kociņiem. Turklāt 13m attālumā kociņu augstuma pieaugums ir būtiski mazāks nekā 9m attālumā, bet 15m attālumā būtiski lielāks nekā 9m attālumā. Savukārt Mežoles objektā 40×40m atvērumos tālāk par 3m no atvēruma malas esošie kociņi ir ar būtiski lielāku augstuma pieaugumu nekā 3m attālumā esošie kociņi. Savukārt sākot no 9m attāluma kociņu augstuma pieaugumi ir svārstīgi un savstarpēji būtiski neatšķiras.

Kalsnavas objektā neatkarīgi no atvēruma lieluma pie konkrēta attāluma no atvēruma malas kociņu augstuma pieaugums ir līdzīgs – ja konkrētā attālumā no atvēruma malas lielākais kociņu pieaugums ir vienā no atvērumiem, tad citā attālumā – cita atvēruma lieluma kociņiem ir lielāks augstuma pieaugums. Piemēram, 1m attālumā lielākais augstuma pieaugums ir kociņiem 20×20m atvērumos, 3m attālumā – 20×40AR atvērumos, 5m attāluma – 40×40m atvērumos, bet 7 un 9m attālumā 20×40ZD atvērumos (4.tab., 4.att.). Turklāt, 5m, 7m un 9m attālumā kociņu augstuma pieaugumi dažādos atvērumos savstarpēji būtiski neatšķiras.



9.4.attēls. Stādītas egles 4 gadu augstuma pieaugums dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai atkarībā no audzes atvēruma lieluma Kalsnavas objektā

9.4.tabula

Stādītas egles 4 gadu augstuma pieaugums dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai atkarībā no audzes atvēruma lieluma

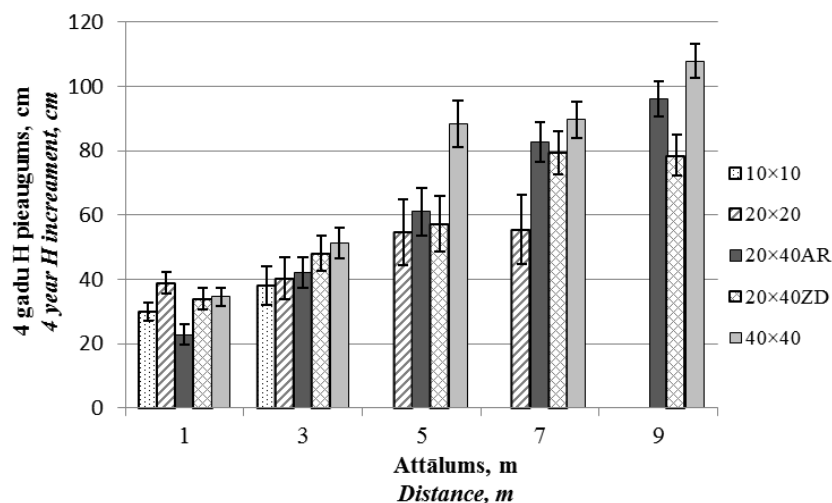
Objekts Object		Kalsnava		Mežole	
Attālums līdz tuvākajai malai, m	Atvēruma lielums	4 gadu augstuma pieaugums*, cm	Standartkļūda	4 gadu augstuma pieaugums*, cm	Standartkļūda
1	10x10	21,8 ^a	2,3	29,9 ^{ac}	2,8
	20x20	31,3 ^{bc}	3,5	38,9 ^b	3,3
	20x40AR	34,3 ^c	2,9	22,8 ^{ac}	3,2
	20x40ZD	22,4 ^{ab}	3,2	34,0 ^{ab}	3,4
	40x40	28,3 ^{abc}	2,9	34,6 ^{ab}	2,9
3	10x10	27,7 ^a	4,0	38,1 ^a	6,1
	20x20	53,2 ^b	5,0	40,4 ^a	6,6
	20x40AR	61,6 ^b	4,2	42,1 ^a	4,7
	20x40ZD	36,7 ^a	4,1	48,0 ^a	5,5
	40x40	49,7 ^b	3,5	51,3 ^a	4,8
5	20x20	61,1 ^a	7,0	54,6 ^a	10,2
	20x40AR	60,4 ^a	5,0	61,0 ^a	7,4
	20x40ZD	60,8 ^a	4,8	57,2 ^a	8,7
	40x40	67,8 ^a	4,3	88,4 ^b	7,2
7	20x20	65,5 ^a	8,2	55,5 ^a	10,9
	20x40AR	63,9 ^a	6,6	82,6 ^b	6,2
	20x40ZD	70,5 ^a	5,7	79,4 ^{ab}	6,8
	40x40	65,9 ^a	4,9	89,6 ^b	5,7
9	20x40AR	73,5 ^a	7,5	96,1 ^a	5,6
	20x40ZD	89,1 ^a	7,0	78,5 ^b	6,3
	40x40	75,8 ^a	4,5	107,8 ^a	5,2

Apzīmējumi – ^{a, b, c} – homogēni kompleksi (p -vērtība $> 0,05$) pa atvēruma lielumiem grupēti pēc attāluma līdz atvēruma malai un objektiem; * - vidējās vērtības un homogēnie kompleksi aprēķināti ņemot vērā kovarianti- sākotnējo kociņu augstumu.

Mežoles objektā novērojama tendence, ka pie konkrēta attāluma no atvēruma malas un lielāka audzes atvēruma kociņu augstuma pieaugums ir lielāks, tomēr atšķirības kociņu augstuma pieaugumos starp gradācijas klasēm lielākoties ir nebūtiskas (8.4.tab., 8.5.att.).

Ņemot vērā atšķirības tendencēs starp objektiem nav pamata apgalvot, ka pie konkrēta attāluma no atvēruma malas lielākos atvērumos kociņu augstuma pieaugums ir lielāks.

Kā viens no iespējamiem iemesliem, kāpēc atšķiras kociņu augstuma pieaugumu tendences starp objektiem, ir būtiskā atšķirība (p -vērtība $<0,05$) sākotnējos kociņu izmēros (hvid=27,1±0,6cm Kalsnavā un 35,1±0,6cm Mežolē). Sākotnēji mazākie kociņi Kalsnavas objektā kombinācijā ar nedaudz lielāku aizzēlumu (nav detalizēti aprakstīts) un līdz ar to lielāku konkurenci pēc resursiem, varētu izskaidrot atšķirību. Iespējams, pozitīvu lomu Mežoles objektā atstāj arī mātesaudzes koku sugu sastāvs, kur 2 vienības veido bērzs. Tomēr vienlaikus Kalsnavas objektā ir būtiski lielāks izdzīvojušo kociņu īpatsvars, ko varētu skaidrot ar izmēros mazāku stādu veiksmīgāku adaptēšanās spēju.



9.5.attēls. Stādītas egles 4 gadu augstuma pieaugums dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai atkarībā no audzes atvēruma lieluma Mežoles objektā.

Kociņu diametrs pie sakņu kakla Mežoles objektā 4 gadus pēc iestādīšanas ir būtiski atkarīgs (p -vērtība $< 0,05$) gan no sākotnējā kociņu augstuma, gan audzes atvēruma lieluma, gan attāluma līdz atvēruma malai. Pie lielāka attāluma no atvēruma malas kociņu diametrs ir lielāks (izņemot 40x40m atvērumu 15m attālumā esošos kociņus), tomēr nelielos atvērumos (10x10m un 20x20m) šī tendence nav būtiska (5.tab.,6.att.). 20x40AR un 20x40ZD atvērumos būtiski tievāki kociņi ir 1m attālumā no atvēruma malas. Savukārt 40x40m atvērumos kociņi ir būtiski tievāki tuvāk par 3m no atvēruma malas, bet 5m līdz 15m attālumā kociņu diametrs pakāpeniski palielinās, tomēr būtiski neatšķiras.

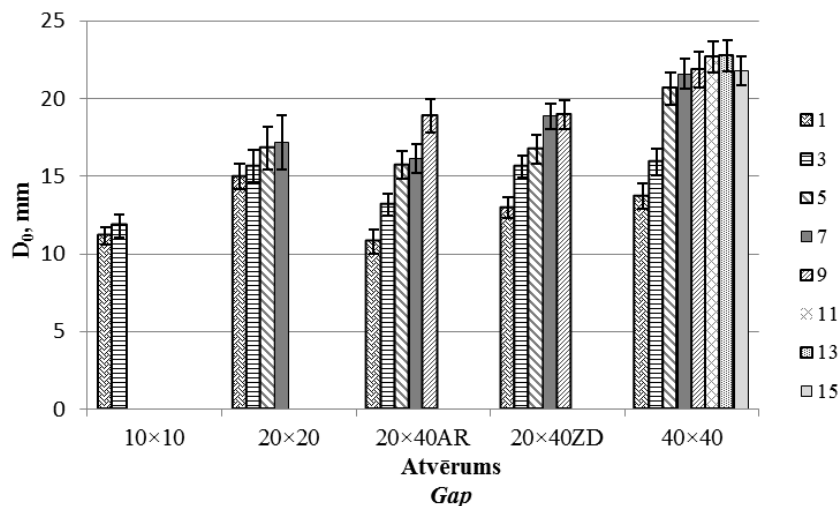
9.5.tabula

Stādītas egles diametrs pie sakņu kakla (D_0) 4 gadus pēc iestādīšanas dažāda lieluma audzes atvērumos atkarībā no attāluma līdz atvēruma malai Mežoles objektā

Atvēruma lielums	Attālums līdz tuvākajai malai, m	D_0^* , cm	Standartklūda
10x10	1	11.2 ^a	0.5
	3	11.8 ^a	0.7
20x20	1	15.0 ^a	0.8
	3	15.6 ^a	1.0
	5	16.8 ^a	1.4
	7	17.2 ^a	1.7
20x40AR	1	10.8 ^a	0.8
	3	13.2 ^b	0.7
	5	15.7 ^c	0.9

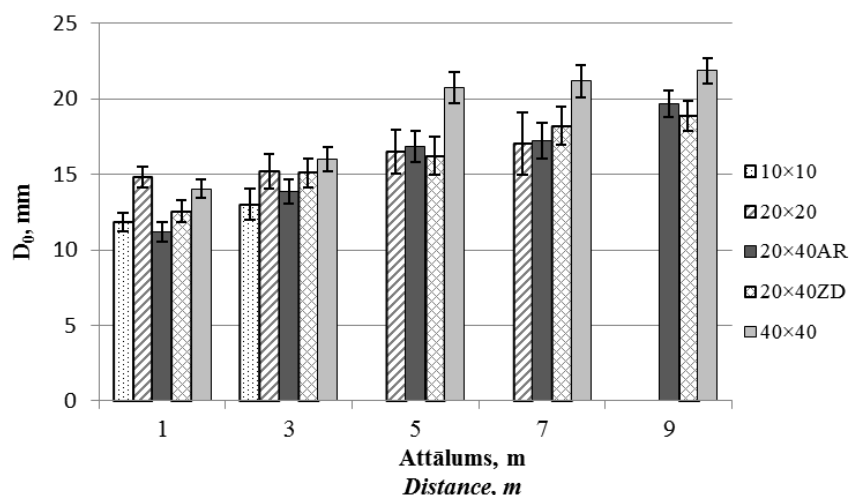
	7	16.1 ^{cd}	0.9
	9	18.9 ^d	1.1
20×40ZD	1	13.0 ^a	0.7
	3	15.6 ^b	0.7
	5	16.8 ^{bc}	0.9
	7	18.9 ^c	0.8
	9	19.0 ^c	1.0
	15	21.8 ^b	0.9
40×40	1	13.7 ^a	0.8
	3	15.9 ^a	0.9
	5	20.7 ^b	1.1
	7	21.6 ^b	1.0
	9	21.9 ^b	1.2
	11	22.7 ^b	1.0
	13	22.7 ^b	1.0
	15	21.8 ^b	0.9

Apzīmējumi – ^{a, b, c, d} – homogēni kompleksi (p -vērtība > 0,05) pēc attāluma līdz atvēruma malai grupēti pa atvēruma lielumiem un objektiem; * - vidējās vērtības un homogēnie kompleksi aprēķināti ņemot vērā kovarianti- sākotnējo kociņu augstumu.



9.6.attēls. Stādītas egles diametrs pie sakņu kakla (D_0) 4 gadus pēc iestādīšanas dažāda lieluma audzes atvērumos atkarībā no attāluma līdz atvēruma malai Mežoles objektā.

1m attālumā no atvēruma malas būtiski resnāki kociņi ir 20×20m un 40×40m atvērumos, salīdzinot ar citiem atvēruma lielumiem (6.tab.7.att.). 3m attālumā no atvēruma malas būtiski resnāki kociņi ir 40×40m atvērumos, salīdzinot ar 10×10m atvērumiem. 5m attālumā būtiski resnāki kociņi ir 40×40m atvērumā, turklāt salīdzinot ar visiem pārējiem atvēruma lielumiem. 7m un 9m attālumā resnākie kociņi arī ir 40×40m atvērumos, tomēr būtiskas atšķirības 7m attālumā ir tikai ar 20×40AR, bet 9m attālumā ar 20×40ZD atvērumos augošiem kociņiem. Kopumā var secināt, ka pie konkrēta attāluma no atvēruma malas, 40×40 m atvērumos ir lielākie kociņu diametri pie sakņu kakla.



9.7.attēls. Stādītas egles diametrs pie sakņu kakla (D_0) 4 gadus pēc iestādīšanas atkarībā no attāluma līdz atvēruma malai dažāda lieluma audzes atvērumos Mežoles objektā.

9.6.tabula

Stādītas egles diametrs pie sakņu kakla (D_0) 4 gadus pēc iestādīšanas dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai atkarībā no audzes atvēruma lieluma Mežoles objektā

Attālums līdz tuvākajai malai, m	Atvēruma lielums	D_0^* , cm	Standartkļūda
1	10×10	11.8 ^a	0.6
	20×20	14.8 ^b	0.7
	20×40AR	11.2 ^a	0.7
	20×40ZD	12.5 ^a	0.7
	40×40	14.0 ^b	0.6
3	10×10	13.0 ^a	1.0
	20×20	15.2 ^{ab}	1.1
	20×40AR	13.9 ^{ab}	0.8
	20×40ZD	15.1 ^{ab}	0.9
	40×40	16.0 ^b	0.8
5	20×20	16.5 ^a	1.5
	20×40AR	16.8 ^a	1.0
	20×40ZD	16.2 ^a	1.2
	40×40	20.7 ^b	1.0
7	20×20	17.1 ^{ab}	2.1
	20×40AR	17.2 ^b	1.2
	20×40ZD	18.2 ^{ab}	1.3
	40×40	21.2 ^a	1.1
9	20×40AR	19.7 ^{ab}	0.9
	20×40ZD	18.9 ^b	1.0
	40×40	21.9 ^a	0.8

Apzīmējumi – ^{a, b, c, d} – homogēni kompleksi (p -vērtība > 0,05) pēc attāluma līdz atvēruma malai grupēti pa atvēruma lielumiem un objektiem; * – vidējās vērtības un homogēnie kompleksi aprēķināti ņemot vērā kovarianti- sākotnējo kociņu augstumu.

Kociņu diametra pie sakņu kakla 4 gadu vecumā un 4 gadu augstuma pieauguma tendences Mežoles objektā ir samērā līdzīgas (9.3;9.5;9.6;9.7.att.), lai gan viena atvēruma lieluma ietvaros krasākas atšķirības starp attālumiem no atvēruma malas ir novērojamas augstuma pieaugumiem.

Salīdzinot savstarpēji 20×40AR un 20×40ZD atvērumus kociņu augstumu pieaugumi un diametri pie sakņu kakla pie konkrēta attāluma no atvēruma malas lielākajā daļā gadījumu būtiski neatšķiras. Ja pie viena attāluma no audzes malas kociņi ir ar lielāku augstuma pieaugumu 20×40AR atvērumos, tad pie cita attāluma – kociņu augstuma pieaugumi ir lielāki 20×40ZD atvērumos, turklāt atšķirības ir novērojamas arī starp objektiem (9.4;9.5.att.). Piemēram, Kalsnavas objektā 1m un 3m attālumos kociņu augstuma pieaugumi ir būtiski lielāki 20×40AR atvērumos, bet 5m, 7m un 9m attālumos - 20×40ZD atvērumos atšķirības nav būtiskas. Savukārt Mežoles objektā 1m un 3m attālumos kociņu augstuma pieaugumi ir lielāki 20×40ZD atvērumos, bet 5m, 7m un 9m attālumā – 20×40AR atvērumos, turklāt 9m attālumā atšķirības ir būtiskas. Diametri pie sakņu kakla Mežoles objektā 1m, 3m un 7m attālumā lielāki ir 20×40AR atvērumos, bet 5m un 9m attālumos- 20×40ZD atvērumos, tomēr atšķirības nevienā gadījumā nav būtiskas. Var secināt, ka, nav konstatējamās atšķirības egles augšanā 4 gadus pēc iestādīšanas 20×40m atvērumos, garāko malu izvietojot A-R vai Z-D virzienā.

Kā jau iepriekš minēts, lielākos atvērumos (20×40AR, 20×40ZD un 40×40m) 1m attālumā no atvēruma malas augošiem kociņiem ir būtiski (p -vērtība < 0,05) mazāki kociņu augstuma pieaugumi nekā 3m attālumā augošiem kociņiem, bet mazākos atvērumos - vienā objektā atšķiras būtiski, bet otrā objektā nebūtiski. Sākot no 3m līdz 9m attālumam no atvēruma malas lielākoties katra nākošā gradācijas klase ir ar lielāku augstuma pieaugumu un lielākiem kociņu diametriem pie sakņu kakla, tomēr būtiskas atšķirības ir konstatējamās tikai daļā gadījumu, turklāt tendences atšķiras pa objektiem. Savukārt sākot no 9m no atvēruma malas kociņu augstuma pieaugumi un diametri pie sakņu kakla vienā no objektiem praktiski vairs neatšķiras, bet otrā objektā augstuma pieaugumi ievērojami variē. Tas norāda, ka līdz 9m attālumam uzlabojoties gaismas režīmam un samazinoties koku sakņu ietekmei kociņu augšana uzlabojas, bet lielākā attālumā kociņu augšanu ietekmē citi fona apstākļi, piemēram, aizzēlums, kas abos objektos ir samēra ievērojams. Piemēram, 40×40 m atvērumu centrālajās daļās, ārpus ap iestādītajiem kociņiem koptajām platībām, aveņu augstums vietām pārsniedz 1,5m (nav aprakstīts detalizēti). Iepriekš jau minēts, ka agrotehniskā kopšana veikta reizi gadā katru gadu parasti jūlijā, tomēr, oktobrī uzmērot kociņus, radās subjektīvs iespaids, ka kopšana 40×40m atvērumos būtu jāveic divas reizes gadā, lai novērstu konkurējošā aizzēluma ietekmi.

Arī citos pētījumos, kur nav kontrolēts aizzēlums, ir konstatēta līdzīga tendence, ka lielākos atvērumos, tālāk no atvēruma malas, kociņu augšanu ietekmē arī aizzēluma konkurence, samazinot gaismas režīma uzlabošanās pozitīvo efektu (Kern, et al., 2012).

J. Donis (2007) pētot dabisko atjaunošanos dažādu konfigurāciju audzes atvērumos priežu audzēs mētrājā konstatējis, ka būtiski īsākas priedītes ir tuvāk par 5 m no audzes malas. Savukārt katrā nākošajā gradācijas klasē kociņu augstums ir lielāks, tomēr būtiski neatšķiras. Atšķirības rezultātos varētu izskaidrot tas, ka pētījums ir veikts 10 gadus pēc izciršanas un priede kā gaismas prasīga suga daudz aktīvāk reaģē uz gaismas režīma uzlabošanos. Turklāt pētījumā gradācijas klašu robežas ir daudz plašākas (5 un 10m).

Tā kā, sākot no 9m no atvēruma malas, kociņu augstuma pieaugumi vairs ievērojami neatšķiras un svārstās, un pieņemot katra kociņa augšanas telpu 1m rādiusā ap kociņu, var novērot tendenci, ka egles augšana tiek negatīvi ietekmēta līdz 8m no atvēruma malas. Līdz ar to var konstatēt, ka 10×10m un 20×20m atvērumos (20×20m atvērumu gadījumā nav aplūkoti 4% no platības) malas efekts novērojams visā atvēruma platībā. 20×40m atvērumos tiek negatīvi ietekmēti 88%, bet 40×40m atvērumos 64% no atvēruma platības. Vienlaikus jānorāda, ka tās ir tikai tendences, jo gan kociņu augstuma pieaugumi, gan diametri pie sakņu kakla 7m un 9m attālumā pārsvarā būtiski neatšķiras.

Ziemeļamerikas mērenās joslas ziemeļu daļas mežos (Coates, 2000) ir konstatēts, ka audzes atvērumam nav jābūt ļoti lielam (0,1-0,2ha), lai kociņi sasniegtu augšanas gaitu, kas ir līdzvērtīgs ar kailcirtēs augošiem kociņiem. Zviedrijā veiktā pētījumā tiek ieteikti līdzīgi atvēruma lielumi – 20-40×30-60m (Erefur et al., 2011). Latvijā Ž. Sūna (1973) ieteicis sākotnēji izcirst atvērumus ar diametru, kas līdzīgs koku augstumam (aptuveni 25m). Līdzīgu atvēruma lielumu - 30×30m ieteicis A.Zviedris (1949).

Salīdzinot atjaunošanās sekmīguma novērtējumu šajos pētījumu objektos, jākonstatē, kā šādu efektu MSI laukumos konstatēt būtu grūti vai pat faktiski neiespējami, jo atbilstoši MSI metodikai netiek

vērtēts cik tālu atrodas koki ārpus parauglaukuma un visa neizskaidrotā datu izkliede tiktu saistīta ar vienādojuma kļūdu. Faktiski tas norāda uz to, ka meža koku augšanas gaitas modelēšanai nepieciešams kombinēt kā MSI, tā arī specializēto pētījumu rezultātus.

Secinājumi

1. Attālums līdz atvēruma malai, atvēruma lielums un sākotnējais kociņu augstums būtiski neietekmē (p -vērtība $>0,05$) egles izdzīvošanu 4 gadus pēc iestādīšanas.
2. Lielākos atvērumos (20×40AR, 20×40ZD un 40×40m) 1m attālumā no atvēruma malas augošiem kociņiem ir būtiski (p -vērtība $< 0,05$) mazāki kociņu augstuma pieaugumi nekā 3m attālumā augošiem kociņiem, bet mazākos atvērumos (10×10m un 20×20m) Kalsnavas objektā atšķiras būtiski, bet Mežoles objektā nebūtiski.
3. Novērota tendence, ka 9m attālumā no atvēruma malas 20×40AR, 20×40ZD un 40×40m atvērumos kociņi ir ar lielāko augstuma pieaugumu.
4. Visos aplūkotajos audzes atvērumu lielumos pie lielāka attāluma no atvēruma malas kociņu diametrs ir lielāks.
5. Pie konkrēta attāluma no atvēruma malas kociņu augstuma pieaugums lielākos atvērumos nav ievērojami lielāks.
6. Pie konkrēta attāluma no atvēruma malas, 40×40 m atvērumos ir lielākie kociņu diametri pie sakņu kakla.
7. Novērota tendence, ka malas efekts uz egles augšanu ir līdz 8m no atvērumu malas.
8. Nav atšķirības egles augšanā 4 gadus pēc iestādīšanas 20×40m atvērumos, garāko malu izvietojot A-R vai Z-D virzienā.
9. MSI laukumos malas efekta radīto datu izkliedi augstuma pieaugumos faktiski iekļautu fona jeb neizskaidrotajā izklienē, kas norāda uz vienādojumu izstrādē kombinēt kā MSI datus, tā arī specializēto pētījumu rezultātus.

Secinājumi

1. Izstrādāts augstuma un virsaugstuma pieauguma vienādojums, kurš balstīts uz vispārinātās algebriskās diferences pieeju, tādējādi augstuma pieaugumu var prognozēt zinot tikai audzes augstumu un vecumu, bet nav nepieciešama informācija par bonitāti.
2. Lai arī virsaugstuma pieaugumu vienādojumi aproksimēti uz MSI datiem, pagaidām priežu audzēm iesakām izmantot koeficientus, kas iegūti aproksimējot J.Matuzāņa virsaugstuma bonitāšu skalas, jo tās ir konservatīvākas.
3. Caurmēra pieaugums aproksimēts 1) kā funkcija no vecuma un sākotnējā caurmēra 2) kā funkcija no šķērslaukuma, bonitātes, vidējā kvadrātiskā caurmēra, lielāko meža elementu šķērslaukuma u.c. rādītājiem. Pašreiz 2) vienādojums nav pārāks par 1) vienādojumu, kuru arī rekomendējam izmantot.
4. Koku skaita aproksimācijai precizēti iepriekš izstrādāto vienādojumu koeficientu vērtības.
5. Šķērslaukuma aproksimācija balstīta uz to pašu vienādojumu, kas izmantots caurmēra pieauguma aproksimācijai.
6. Izstrādāts jauns vienādojums faktiskās audzes tekošā pieauguma aproksimācijai. Nepieciešamas palielināt parauglaukumu apjomu un precizēt koeficientus.
7. Izstrādāts jauns vienādojums atmiruma aproksimācijai, lai varētu ievērtēt arī bonitāšu ietekmi.
8. Salīdzinot modelētās vērtības ar ilglaicīgo parauglaukumu pārmērījumu datiem, konstatēts, ka 5 gadu prognozes ir relatīvi tuvas uzmērītajām, bet 20 gadu prognozēs koku skaita samazināšanās un augstuma pieaugums tiek sistemātiski nenovērtēti, bet caurmēra pieaugums un šķērslaukuma pieaugums pārvērtēti.
9. Konstatētas trenda sakarības salīdzinot caurmēra pieaugumu pēc urbuma skaidām, kas nozīmē, ka izstrādājot vienādojumus nepieciešams ievērtēt arī šīs sakarības.
10. Pēc ugunsgrēka priežu audzēs kokiem atsevišķos gadījumos ir iespējams papildus pieaugums, tomēr lielākajā daļā pieaugums samazinās.
11. Konstatēts negatīvs malas koku efekts uz egļu pieaugumiem līdz 8m attālumam no meža sienas.

Literatūra

- Álvarez González, J.G., Castedo Dorado, F., Ruíz González, A.D., López Sánchez, C.A. (2004) A two-step mortality model for even-aged stands of *Pinus radiata* D. Don in Galicia (Northwestern Spain) Ann. For. Sci., 61, pp. 439-448.
- Bergqvist, G. (1999). Wood volume yield and stand structure in Norway spruce understorey depending on birch shelterwood density. Forest Ecology and Management, 122, pp. 221-229.
- Bisenieks, J., Daugavietis, M., Daugaviete, M. (2010). Baltalkšņu audžu ražības modeļi. Yield models for grey alder stands. Mežzinātne | Forest Science 21(54): 31-44.
- Bušs, K. (1981a). Praktiskā meža tipoloģija. Rīga, LatZTIZPI, 44.lpp.
- Bušs, K. (1981b). Meža ekoloģija un tipoloģija. Rīga, Zinātne, 65.lpp.
- Cannell, M. G. R., Rothery, P., Ford, E. D. (1984). Competition within stands of *Picea sitchensis* and *Pinus contorta*. Ann. Bot., 53, pp. 349–362.
- Chrimes, D. (2004). Stand Development and Regeneration Dynamics of Managed Uneven-aged *Picea abies* Forests in Boreal Sweden. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå , 25 pp.
- Chrimes, D., Nilson, K. (2005). Overstorey density influence on the height of *Picea abies* regeneration in northern Sweden. Forestry, 78, pp. 433-442.
- Czieszewski, C.J., Bailey, R.L. 2000. Generalized algebraic difference approach: Theory based derivations with polymorphism and variable asymptotes. For.Sci 46 (1) 115-126
- Donis J. (projekta vad.), (2009) Latvijas meža resursu ilgtspējīgas, ekonomiski pamatotas izmantošanas un prognozēšanas modeļu izstrāde. Pārskats. 90 lpp: http://www.zm.gov.lv/doc_upl/2009_12.pdf– Resurss aprakstīts 2010. gada 25.maijā
- Donis J. Meža ugunsgrēka ietekmes uz koka dzīvotspēju novērtēšanas metodikas izstrāde. 2010. [skatīts 2012. gada 30. martā]. Pieejams: http://www.lvm.lv/lat/lvm/zinatniskie_petijumi/?doc=12047.
- Granhus, A. (2001). Partial cutting in Norway spruce: impacts on advance regeneration and residual stand [Lukkede hogster i granskog - effekter på forhåndsgjenvekst og restbestand]. Doctor Scientiarum Theses. Norges landbrukshøgskole, 34p.
- Greis, I., Kellomäki, S. (1981). Crown structure and stem growth of Norway spruce undergrowth under varying shading. Silva Fennica, 15, pp. 306-322.
- Igaunis, A. (1960). Pētījumi par gaismas, veco koku sakņu sistēmas un mitruma ietekmi uz egļu paaugu. Mežsaimniecības problēmu institūta raksti, 20, 149.-187.lpp.
- Igaunis, A. (1961). Dabiskās atjaunošanās gaita egļu pauguraiņa vēra pakāpeniskās cirtes audzēs. Jaunākais mežsaimniecībā, 2, 32.-37.lpp.
- Liepa, I. (1996) Pieauguma mācība. Jelgava. 123 lpp.
- Liepa, I. (2003). Lāns. No: Meža enciklopēdija.1.sējums. Rīga, Zelta grauds, 159.-160. lpp.
- Liepa, I. (2008) Latvijas skujkoku mežu krājas pieaugums. LLU raksti, 20 (315), 2008, Jelgava, 46-52 lpp.
- Liepa, I. (2009) Krājas tekošā pieauguma noteikšanas kamerālā metode. Mežzinātne, 20(53), 2009, 60.-67. lpp.
- LR Ministru kabinets. Meža inventarizācijas un Meža valsts reģistra informācijas aprites noteikumi. Rīga. 2007.gada 28.augusta Noteikumi Nr.590: <http://www.likumi.lv/doc.php?id=162676&from=off> – Resurss aprakstīts 2010. gada 25.maijā
- LR Ministru kabinets. Meža inventarizācijas un Meža valsts reģistra informācijas aprites noteikumi. Rīga. 2007.gada 28.augusta Noteikumi Nr.590. [skatīts 2012.g.apr.]. pieejams: <http://www.likumi.lv>
- LR Ministru kabinets. Meža likums. Rīga. 2000.gada 16. marts. <http://www.likumi.lv/doc.php?id=2825&from=off> – Resurss aprakstīts 2010. gada 25.maijā
- LR Ministru kabinets. Meža valsts reģistra informācijas aprites noteikumi. Rīga. 2003.gada 15.aprīļa Noteikumi Nr.169. [skatīts 2012.g.apr.]. pieejams: <http://www.likumi.lv>

Lundqvist, L. (1995). Simulation of sapling population dynamics in uneven-aged *Picea abies* forests. *Ann. Bot.*, 76, pp. 371-380.

Lundqvist, L., Fridman, E. (1996). Influence of local stand basal area on density and growth of regeneration in uneven-aged *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, pp. 364-369.

Lundqvist, L., Nilson, K. (2007). Regeneration dynamics in an uneven-aged virgin Norway spruce forest in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.*, 22, pp. 304-309.

Mangalis, I. (2004). Meža atjaunošana un ieaudzēšana. Rīga, Et Cetera, 455. lpp.

Mård, H. (1996). The influence of a birch shelter (*Betula* spp.) on the growth of young stands of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, pp. 343-350.

Matuzānis, J. (1975) Egļu audžu augšanas gaita. *Apskats. Rīga, LRZTIPI*, 1975, 64 lpp.

Matuzānis, J., (1983) Audžu augšanas gaitas un produktivitātes modeļi. *Apskats. Rīga, LatZTIZPI*. 32 lpp.

Meža inventarizācijas datu sagatavošanas programmatūra, 2000. [skatīts 2012. gada 22. aprīlī].

Pieejams: http://www.vmd.gov.lv/doc_upl/INSTRUKC.pdf

Nilson, K., Lundqvist, L. (2001). Effect of stand structure and density on development of natural regeneration in two *Picea abies* stands in Sweden. *Scand. J. For. Res.*, 16, pp. 253-259.

O'Hara, K. L. (1996). Silviculture for structural diversity: a new look at multiaged systems. *Journal of Forestry*, 96, pp. 4-10.

Ozolins R. Forest stand assortment structure analysis using mathematical modelling, 2002. [skatīts 2012. gada 1. maijā]. Pieejams: http://mivana.emu.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=269942/mets_37-3.pdf

Ozols, J. 1926. Meža taksācija un mežierīcība. Rokas grāmata mežkopjiem. Rīga. Mežu departamenta izdevums. 173 lpp.

Saceniņš, R., Matuzānis, J. (1964) Mežsaimniecības tabulas. Latvijas valsts izdevniecība, Rīga, 207 lpp.

Sarma, P. (1948). Meža taksācija. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga, 590. lpp.

Siren, G. (1955). The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. *Acta Forestalia Fennica*, 62, pp.1-408.

Skudra, P., Dreimanis, A., (1993) Mežsaimniecības pamati. - R.: Zvaigzne. 262 lpp

Spiecker, H. 1999. Overview of recent growth trends in European forests. *Water Air and Soil Pollution*. 116: 33-46.

Taksācijas darbu vietējie noteikumi Latvijas PSR mežu nepārtrauktajā ierīcībā. (1987). Latvijas mežierīcības uzņēmums, 228. lpp.

Valkonen, S., Valsta, L. (2001). Productivity and economics of mixed two-storied spruce and birch stands in Southern Finland simulated with empirical models. *Forest Ecology and Management*, 140, pp. 133-149.

Zviedris, A. (1960a). Egle un egļu mežs Latvijas PSR. Rīga, LPSRZAI, 240.lpp.

Zviedris, A., Matuzānis, J. (1960b). Egļu II stāvs Latvijas PSR mežos. Mežsaimniecības problēmu institūta raksti, 20, 79.-98.lpp.

Анучин, Н.П. (1982) Лесная таксация . Москва, Лесная промышленность, 552 с.

Антанайтис В. В., Загреев В. В., Прирост леса, М., 1981

Звиедрис, А.И., Калнынь, А. Я. (1968). Лесоводственные основы постепенных рубок В: Повышение продуктивности леса. Отв. ред. Сарма, П. Э., Рига, Зинатне, 151.-174.с.

Колпиков, М.В. (1957.) О рубках ухода в елово-лиственных молодняках на концентрированных вырубках, *Лесное хозяйство*, 7, С. 23-26.

Матузанис, Я.К. (ред.) (1988) Нормативы для таксации леса Латвийской ССР, Рига. ст. 176.

Ониськив, Н.И. (1979). Создание культур под пологом низкопродуктивных насаждений. Москва, Лесная промышленность, 111 с.

Правила заготовки древесины. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) от 1 августа 2011 г. N 337 г. Москва "Об утверждении Правил заготовки древесины".[skatīts2012.g.oktobrī]. Pieejams: <http://www.rg.ru/2012/01/20/drevesina-dok.html>

Рубцов, М.В. Дерюгин, А.А. (2002). Закономерности роста ели под пологом березняков в онтоценогенезе древостоев, Лесоведение, 5, С. 18–25.

Рубцов, М.В. Дерюгин, А.А. Никитин А.П. (2000). Возрастная структура популяции ели под пологом березняков южной тайги, Лесоведение, 4, С. 28–34.

Сироткин Ю.Д., Праходский А. Н. (1970). Подпологовые культуры ели в сосняках разного возраста. Изв. вузов. Лесной журн., 2, С. 16-20.