



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Noslēguma pārskats
par projekta Nr. 1DP/1.1.1.2/13/APIA/VIAA/052
„Vitālu egļu audžu izaudzēšanas ekoloģiskie un tehnoloģiskie aspekti”
darba grupas paveikto

Pārskatā apkopota informācija par darba grupas paveikto projekta plānoto darba uzdevumu izpildi.

Projekta rezultāti prezentēti zinātniskās konferencēs (kopsavilkumu kopijas apkopotas pārskata pielikumā):

- 1) Bader E., Jōgiste K., **Taukacs K.**, Donis J., Jansons A. (2014) Long-term impact of wind storm on stand composition in hemiboreal forests: case study in Slitere National Park, Latvia. In: A. Kangur, M. Metslaid, W. Keith Moser, P. Trei (eds.) book of abstracts of international scientific conference Forest landscape mosaics: disturbance, restoration and management at times of global change, 11.-14. 08.2014, Tartu, Igaunijā (publicēts: Transactions of the institute of of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences, 40, 19);
- 2) **Lazdina D.**, Lazdins A., **Bardulis A.**, Liepins J., Prindulis U., Zimelis A., Makovskis K., Jansons A. (2014) Regeneration of wet and drained forests by mounding in Latvia. In: Workshop on Silvicultural technology, 26.-27.08.2014., Suonenjoki, Somija. Publicēts tiešsaistē: <http://www.metla.fi/tapahtumat/2014/silvicultural/programme.htm>;
- 3) Baders E., **Taukacs K.**, Dzerina B., Jansons A (2015) Characteristics of un-managed Norway spruce stands in windthrow area in Slitere national park, Latvia. In: Proceedings of the 25th NJF congress Nordic view to sustainable rural development, 16-18.06.2015., Rīga, Latvija, p. 402;
- 4) **Pobiarzens A.** (2015) Productivity of Norway spruce stands with low initial density. In: A. Jansons (ed.) Proceedings of international scientific conference Adaptation and mitigation: strategies for management of forest ecosystems, 23.-24.04.2015. Rīga, Latvija.
- 5) **Taukacs K.** (2015) Structure of semi-natural norway spruce (picea abies (l.) Karst.) Stands in oxalidosa forest site type. In: A. Jansons (ed.) Proceedings of international scientific conference Adaptation and mitigation: strategies for management of forest ecosystems, 23.-24.04.2015. Rīga, Latvija.
- 6) **Matisons R.** (2015) Effect of initial fertilization of seedlings on increment and wood properties of norway spruce in experimental plantation in Latvia. In: A. Jansons (ed.) Proceedings of international scientific conference Adaptation and mitigation: strategies for management of forest ecosystems, 23.-24.04.2015. Rīga, Latvija.
- 7) **Lazdina D.** (2015) Mechanized planting in Latvia first trials with bracke p11 a. In: A. Jansons (ed.) Proceedings of international scientific conference Adaptation and

mitigation: strategies for management of forest ecosystems, 23.-24.04.2015. Rīga, Latvija.

Projekta dalībniekiem visu prezentāciju sagatavošanā bijusi nozīmīgākā loma ($\geq 90\%$ no kopējā darba apjoma), taču atsevišķos gadījumos to līdzautori ir arī projektā neiesaistīti zinātnieki, tādēļ, lai nodrošināt atbilstību projekta mērķiem, kopumā sagatavots lielākā skaitā prezentāciju, nekā sākotnēji plānots (attiecīgi 7 un 4). Projekta rezultāti prezentēti arī vietējā zinātniskā konferencē: Latvijas Lauksaimniecības un meža zinātņu akadēmijas, Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava" un LLU Meža fakultātes organizētajā „Zinātne un prakse nozares attīstībai 2015” 16.-19.03.2015., kā arī meža nozares dalībniekiem Meža īpašnieku biedrības organizētā seminārā 28.05.2015. un LVMI Silava organizētās Mežzinātnes dienās, tādējādi ar pētījuma atziņām iepazīstinot potenciālos to praktiskos izmantotājus.

Par projekta rezultātiem sagatavotas zinātniskās publikācijas (manuskriptu/publikāciju kopijas apkopotas pārskata pielikumā). Kopumā dažādu pētījumā laikā konstatētu faktoru dēļ nav bijis iespējams sagatavot tieši tādas publikācijas, kā sākotnēji iecerēts (skat. pārskata tabulu nākamajā lpp.), tomēr nodrošināta sākotnēji plānotā publicitātes līmeņa sasniegšana:

- a) plānotas bija 2 publikācijas statusā „pieņemts publicēšanai” un 2 statusā „iesniegts” – nodrošināta 1 jau publicēta un 2 pieņemtas publikācijas, kā arī 2 statusā „iesniegts”;
- b) no visām četrām publikācijām 2 bija paredzētas žurnālā ar ietekmes faktoru augstāki nekā nozares vidējais, statusā „iesniegts” – nodrošinātas 2 šādas publikācijas (žurnālam iForest) turklāt vēl viena statusā „publicēts” žurnālā ar ietekmes faktoru, kas 3 reizes augstāks nekā nozares žurnāliem vidēji (Canadian Journal of Forest Research, IF – 1,683, nozares vidējais 0,543).

Projekta dalībniekiem visu prezentāciju sagatavošanā bijusi nozīmīgākā loma ($\geq 90\%$ no kopējā darba apjoma), taču atsevišķos gadījumos to līdzautori ir arī projektā neiesaistīti zinātnieki, kas ir saskaņā ar institūta nostāju, ka arī neliela līdzdalība manuskripta rediģēšanā pēc sagatavošanas ir atspoguļojama autoru sarakstā. Tādēļ, lai nodrošināt pilnīgu atbilstību projekta mērķiem, kopumā sagatavots par vienu publikāciju vairāk, nekā sākotnēji plānots.

Projekta rezultāti prezentēti zinātniskās publikācijās:

Nr.	Plānots		Īstenots	
	Projekta aktivitāte/ zinātniskā raksta tēma	Status ¹	Publikācija / ietekmes indekss ²	Piezīmes
1.	2.1. Egļu mežu atjaunošanās auglīgajās hemiboreālo mežu ekosistēmās	<i>iesniegts (Scandinavian Journal of Forest Research, IF>0,543)</i>	Zdors L., Donis J. (2015) Evaluating the edge effect on the initial survival and growth of Scots pine and Norway spruce after planting in different size gaps in shelterwood (pieņemts publicēšanai Baltic Forestry – 2 pozitīvas recenzijas; IF 2014 (2015) – 0,412)	Veikta projektā plānoto objektu uzmērīšana, tomēr konstatēts, ka paaugas egļu saglabāšanās ir pārāk ziema un iegūto rezultātu variācija – pārāk augsta, lai dati būtu piemēroti manuskripta sagatavošanai; tādēļ veikti mērījumi citā eksperimentu sērijā un nodrošināta aktivitātē plānotā rezultāta sasniegšana
2.	2.2. Augsnes sagatavošanas metožu izvēlē un ietekme uz egļu stādījumu ieaugšanos un augšanu auglīgajās hemiboreālo mežu ekosistēmās	<i>iesniegts (Scandinavian Journal of Forest Research, IF>0,543)</i>	Lazdina D. Comparison of mechanical site preparation methods for Norway spruce (<i>Picea abies</i>) forest regeneration in Latvia (sagatavots iesniegšanai iForest)	Projektā šajā aktivitātē veikts plašs eksperimentālais darbs, kas izmantots arī citās aktivitātēs paredzēto publikāciju sagatavošanā un prezentācijās konferencēs, tomēr zinātniskās literatūras analīze liecināja, ka saskaņā ar sākotnējo ieceri sagatavotu manuskriptu publicēt neizdosies, tādēļ tas pārstrādāts, bet vēl nav iesniegts.
3.	2.3. Pelnu mēslojuma izmantošanas ilgtermiņa ietekme uz koku pieaugumu un	<i>pieņemts publicēšanai (Baltic Forestry, IF<0,543)</i>	Matisons R., Bardulis A., Kanberga-Silina K., Krisans O., Jansons A. (2015) Sap flow in xylem of mature Norway spruce—a case study in northwestern Latvia during the season of 2014–2015 (pieņemts publicēšanai Baltic Forestry – 2 pozitīvas recenzijas; IF 2014 (2015) – 0,412)	Veicot darbu pie aktivitātes tēmas „Egļu audžu vitalitātes paaugstināšanas risinājumu izstrāde” konstatēti atsevišķi papildus aspekti, par kuriem lietderīgi sagatavot manuskriptu, tādēļ šajā aktivitātē kā

	noturību pret kaitēkļu bojājumiem		<p>Lazdina D., Lazdins A., Gaitnieks T., Klavina D., Okmanis M., Jansons A. (2015) Effect of extreme concentrations of wood ash fertilizing on development of Norway spruce (<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.) and Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) seedlings and soil properties 10 years after planting (iesniegts iForest - Biogeosciences and Forestry, IF 2014 (2015) – 1,269)</p> <p>Jansons A, Matisons R., Krisans O, Dzerina B (2015) Effect of initial seedling fertilization on increment and wood properties of Norway spruce in experimental plantation in Kalsnava (iesniegts iForest - Biogeosciences and Forestry, IF 2014 (2015) – 1,269)</p>	egļu vitalitātes indikators analizēta to sulas plūsma, tāpat analizēti vairāki egļu mēslošanas eksperimentu rezultāti, vērtējot šīs darbības ietekmi arī uz koksnes īpašībām.
4.	2.4. Sēņu infekcijas varbūtība egļu mizas bojājumos, to izplatība un ietekme uz koksnes īpašībām	<i>pieņemts publicēšanai (Baltic Forestry, IF<0,543)</i>	Arhipova N. , Jansons A., Zaluma A., Gaitnieks T., Vasaitis R. (2015) Bark stripping of <i>Pinus contorta</i> caused by moose and deer: wounding patterns, discoloration of wood, and associated fungi (publicēts Canadian Journal of Forest Research, 10.1139/cjfr-2015-0119, IF 2014 (2015) – 1,683)	Izvērtējot iegūto empīrisko materiālu un padziļināti studējot zinātnisko literatūru, konstatēts, ka augstāka varbūtība nodrošināt publicitāti ir kā pamatu izmantojot Klinškalnu priedi, kas salīdzināta ar egli – pieeja bijuši sekmīga un rakstu publicēts žurnālā ar ietekmes faktoru, kas 3 reizes augstāks nekā nozares žurnāliem vidēji

¹Web of Science (Science Citation Index) *mežzinātnes žurnālu grupas vidējā ietekmes faktora (IF) 50% vērtība projekta pieteikuma sagatavošanas laikā 0,543186 (www.lzp.lv)*

²jaunākais pieejamais ietekmes indekss (Impact factor) no: <http://www.impact-factor.org/>

Par projekta rezultātiem sagatavotas 4 faktu lapas (ietvertas pārskata pielikumā):

- 1) Parastā egles (*Picea abies* (L.) Karst.) kokaudžu struktūra vērī;
- 2) Parastā egles (*Picea abies* (L.) Karst.) atjaunošana uz pacilām;
- 3) Parastās egles ražība audzēs ar zemu sākotnējo biežumu;
- 4) Sākotnējā mēslojuma ietekme uz egļu radiālo pieaugumu un koksnes blīvumu.

Par projektu sagatavots informatīvs videomateriāls, kas demonstrēts TV24 (sižets: „Vai nauda aug kokos”: <http://rigatv24.lv/programma.php?d=2015-04-22>, atkārtojumi 26. un 27.04.) un izplatīts interneta vidē (<https://youtu.be/idBzQ0yzpp4>).

Projekta rezultāti izmantoti, sagatavojot efektīvu egļu audzēšanas tehnoloģiju.

Egļu audzēšanas tehnoloģija

1. Kopsavilkums

Meža sektora loma Latvijas ekonomikā ir ļoti nozīmīga. Tajā kopumā strādā vairāk nekā 2500 dažādu uzņēmumu, nodarbinot vismaz 44 000 strādājošo. 2014. gadā Latvijas meža nozares produktu (mežsaimniecības produkti, papīra izstrādājumi, koka mājas, mēbeles un citi koksnes izstrādājumi) eksports pārsniedza 1,2 miljardus eiro. Koksnes pārstrādes produkti Latvijai 2014. gadā nodrošinājuši 17-18% no eksporta vērtības, un meža nozare ir vienīgā, kuras produktu eksporta vērtība būtiski pārsniedz importa vērtību. Ievērojamu daļu šajā bilancē nodrošina egļu meži un egles koksne. Egle ir trešā izplatītākā Latvijas koku suga – tās audzes veido 17 % no Latvijas mežiem 537,35 tūkst. ha platībā (Latvijas meža statistiskās inventarizācijas I cikla dati, www.silava.lv).

Egle ir ātraudzīgākā Latvijas skujkoku suga, potenciāli meža īpašniekam nodrošinot lielāko peļņu. Tādēļ to atjauno samērā lielās platībās: ap 6500 ha gadā, turklāt lielāko daļu (ap 5700 ha) atjauno stādot. Likumsakarīgi jebkuram uzlabojumam meža atjaunošanas jomā ir tūlītējs pielietojums un ekonomiska vērtība. Dabisko sukcesiju rezultātā pēc pieaugušās kokaudzes nociršanas vai nopostīšanas hemiboreālajos mežos tās vietā ieviešas lapu koku pioniersugas (bērzs, apse, baltalksnis), kas neveido mežu pamatformāciju. Izaugot lapu koku paaudzei, zem to vainaga klāja ieviešas egles, kuras spēj ilgstoši augt paaugā un otrajā stāvā un ar laiku ieņemt valdošo vietu mežaudzē pēc lapu koku novecošanās un sabrukšanas.

Plaši izmantotās augsnes sagatavošanas metodes nenodrošina labas atjaunošanas sekmes platībās uz nosusinātām kūdras augsnēm, kur sagaidāma augstākā egļu audžu ražība, un ne vienmēr tās nodrošina slapjās augsnēs. Pēdējo divu gadu laikā, īstenojot īslaicīgus pētījumus par citu augsnes sagatavošanas metožu izmantošanu, ierīkoti pirmie izmēģinājumu objekti, taču ir būtiski sekot to attīstībai, novērtējot gan koku saglabāšanos un augšana gaitu (atjaunošanas sekmes), gan kopējās meža atjaunošanas izmaksas.

Pēdējā desmitgadē, uzkrājoties pētījumu informācijai un atbilstoši koriģējot likumdošanu, nozīmīgi samazināts nepieciešamais sākotnējais (iestādīto) koku skaits uz 1 ha, taču Latvijā tas joprojām ir būtiski augstāks nekā, piemēram, Skandināvijas valstīs, un ir nozīmīgs šķērslis divu jaunu tehnoloģiju praktiskai izmantošanai Latvijā: mehanizētai meža stādīšanai (pārāk augstas izmaksas) un celmu koksnes ieguvei (procesā netiek sagatavots pietiekams stādvieta skaits, tādējādi neļaujot izslēgt papildus augsnes sagatavošanu un ar to

saistītās izmaksas). Tāpat Latvijā veikto pētījumu rezultāti (J. Jansons, P. Zālītis) liecina par nepieciešamību veikt intensīvas jaunaudzju kopšanas (pamatsugas koku skaita samazināšanu), lai vecinātu koku radiālo pieaugumu un noturību. Finansiāli izdevīgāks risinājums varētu būt nevis iestādīt relatīvi lielu koku skaitu un agrā vecumā to nozīmīgi samazināt, bet stādīt mazāku skaitu jauno paša sākuma. Tādēļ būtiski iegūt datus par audzes biezuma ietekmi uz koku parametriem un koksnes īpašībām, vērtējot audžu biezuma turpmākas samazināšanas lietderību.

Latvijā pieaug pieprasījums pēc koksnes un ciršanas atlieku izmantošanas enerģētikā gan vietējam patēriņam, gan eksportam. Prognozējams, ka šāda tendence saglabāsies, tādēļ būtiski vērtēt risinājumus, kā no meža iznestās barības vielas atgriezt atpakaļ, neveicinot augsnes noplicināšanos un paaugstinot audžu vitalitāti un noturību pret nelabvēlīgiem vides faktoriem. Ja minerālvielu atgriešana meža ekosistēmā tiek veikta, nozīmīgi novērtēt tās ietekmi ilgtermiņā, mainot mežaudzes parametrus, tomēr šādi pētījumi egļu audzes Latvijā līdz šim trūkst.

Projekta ietvaros veikti pētījumi, lai iegūtu zināšanas par visiem uzskaitītajiem aspektiem, izstrādājot **efektīvu egļu mežu atjaunošanas tehnoloģiju**.

Šobrīd izmantotā atjaunošanas tehnoloģija	Efektīva egļu mežu atjaunošanas tehnoloģija
<p>Augsnes sagatavošana joslās, radot nozīmīgus zemesdzemes bojājumus un veicinot oglekļa emisijas. Ļoti reti iespējama sekmīga platību uz nosusinātām auglīgām kūdras augsnēm atjaunošana, problemātiska periodiski pārplūstošu platību atjaunošana. Stādīšanas biežums 2000-2500 koki ha⁻¹, veicot atcelmošanu, radītais stādvieta skaits nepietiekams un arī atcelmotajās platībās jāveic papildus augsnes sagatavošana. Netiek veikta mēslošana. Tiek veikta visu piemistrojuma koku sugu piemistrojuma izciršana kopšanās, to saglabājot tikai vietās, kur pamatsuga nav izeaugusies, līdz 10% platības</p>	<p>Augsnes sagatavošana pacilās vai uz apvērstas velēnas, samazinot zemesdzemes bojājumus un radot piemērotu mikrovidi, lai nodrošinātu labu iestādīto koku saglabāšanos arī uz periodiski pārplūstošām un nosusinātām kūdras augsnēm. Šādu stādījumu izmantošana nodrošina arī lielāku koku augstuma pieaugumu, tādējādi samazinot agrotehnisko kopšanu skaitu. Savukārt agrotehniskās kopšanas izpildes laiks un kvalitāte (līdz ar to – izmaksas) stādījumos uz pacilām nav lielāki kā stādījumos, kur augsne sagatavot vagās. Stādīšanas biežums: 1000-1200 koki ha⁻¹, kas nesamazina koksnes stiprību (blīvumu) tādā mērā, ka zāģmateriāli varētu nebūt piemēroti izmantošanai būvkonstrukcijās, bet nodrošina augstāku atjaunošanas ekonomisko efektivitāti un iespējas kombinēt augsnes sagatavošanu ar atcelmošanu (tādā gadījumā neveicot augsnes sagatavošanu kā atsevišķu operāciju), kā arī padara ekonomiski iespējamu kvalitatīvu meža mehānizētu stādīšanu. Ņemot vērā zemo sākotnējo biežumu, pamatsuga kombinējama ar piemistrojumu (dabiskā atjaunošanās). Selekcionēta egles stādāmā materiāla izmantošana, novēršot tādās negatīvas pazīmes kā greizšķiedrainība, risku. Sākotnējā mēslojuma izmantošana, statistiski būtiski palielinot egļu koku augstumu arī 30 gadu vecumā un neatstājot paliekošu negatīvu ietekmi uz koksnes blīvumu.</p>

Paredzēts, ka, samazinot stādīšanas biežumu uz pusi, salīdzinājumā ar šobrīd izmantoto, attiecīgi būs iespējams samazināt arī izmaksas. Līdzīgā veidā tiks sasniegts ekonomiskais ieguvums noteiktās platībās (uz periodiski pārplūstošām augsnēm un nosusinātām augsnēm ar relatīvi biezu kūdras slāni), novēršot nepieciešamību veikt audžu papildināšanu zemās iesaugšanās dēļ (kas šobrīd ir izplatīta), kā arī ilgtermiņā – nodrošinot augstražīgu egļu audžu izaudzēšanas iespējas platībās, kur šobrīd atjaunošanas problēmu dēļ veidojas mazražīgas audzes.

Jaunā tehnoloģija paredz lielāku lapu koku piemestrojumu (salīdzinājumā ar šī brīža praksi) un īpaši cieto lapu koku atstāšanu, jaunaudžu kopšanā lietojot jaunāko pieejamo tehniku (veicot kopšanu tikai ap mērķa kokiem un ne tikai nozāģējot, bet, kur iespējams, tikai zarojot vai galotņojot traucējošos kokus).

Jaunās tehnoloģijas ieviešana paplašinās mehanizācijas iespējas: veicot atcelmošanu un iegūstot augstāku enerģētiskās koksnes (atjaunojamā resursa) apjomus un kombinējot to ar augsnes sagatavošanu, kā arī veicot meža mehanizētu stādīšanu, ko šobrīd kavē izmaksas, stādot tradicionāli izmantoto koku skaits uz 1 ha.

Ņemot vērā, ka galvenā vērtība projektā veltīta egļu tieši atjaunošanas jautājumiem, turpmākajās 2 nodaļās sniegts pamatojums jaunajā tehnoloģijā ietvertajiem apgalvojumiem par augsnes sagatavošanu pacilās un agrotehnisko kopšanu. Pamatojums apgalvojumiem par egļu audžu mēslošanas (t.sk. ar augstām mēslojuma devām) ietekmi, stādījuma biežuma ietekmi un koksnes īpašībām ietverts projekta ietvaros sagatavotajās zinātniskajās publikācijās un faktu lapās.

2. Egļu augšanas uz pacilām novērtējums

Kā piemērs augsnes sagatavošanas pacilās (2.1. att.), veidojot dubultu trūda slāni (2.2. att.) ietekmei analizēti 2008. gada rudenī ietīkoti stādījumi Latvijas centrālajā (C) un ziemeļaustrumu (ZA) daļā.



2.1. attēls. Augsnes sagatavošana pacilās ar ekskavatoru.



2.2. attēls. Dubultā trūdvielu slāņa veidošanās zem pacilas.

Abi stādījumi ierīkoti ar divgadīgiem egles ievarsējeņiem, kuru augstums 16-36 cm, sakņu kakla diametrs 1,5-4,5 mm (Lazdiņa, 2009). Stādījums C izvietots 2 meža tipos (šaurlapju kūdrenis un damaksnis) 2 atkārtojumos. Salīdzinātie augsnes sagatavošanas veidi: pacilās un vagās. Stādīšana platībās ar abiem augsnes sagatavošanas veidiem veikta rudenī (septembrī) un platībā, kur augsne sagatavota vagās – arī pavasarī. Platībās regulāri veikta agrotehniskā kopšana (2.3. att.), taču informācija par kopšanu grafiku (izpildes laiku) vai darbietilpību nav pieejama.



(a)

(b)

2.3. attēls. Stādījums C 2011. gada novembrī pēc agrotehniskās kopšanas: augsne sagatavota pacilās (a) un vagās (b).

Stādījums ZA arī ierīkots 2 atkārtojumos, 2 meža tipos (vēris un slapjais vēris) vecots augsnes sagatavošanu pacilās un neveicot augsnes sagatavošanu (2.4. att.).

Abos stādījumos augošo egļu uzmērīšana veikta 2014./2015. gada ziemā ar mērlatu līdz 1 cm precizitātei, nosakot koku augstumu un pēdējo gadu pieaugumu garumus. Uzmērīšanas laikā fiksēti arī koku defekti (vairākas galotnes, padēli, dzīvnieku bojājumi), taču koki īpatsvars ar defektiem bija ļoti zems, tādēļ šie dati turpmākā analizē nav izmantoti.

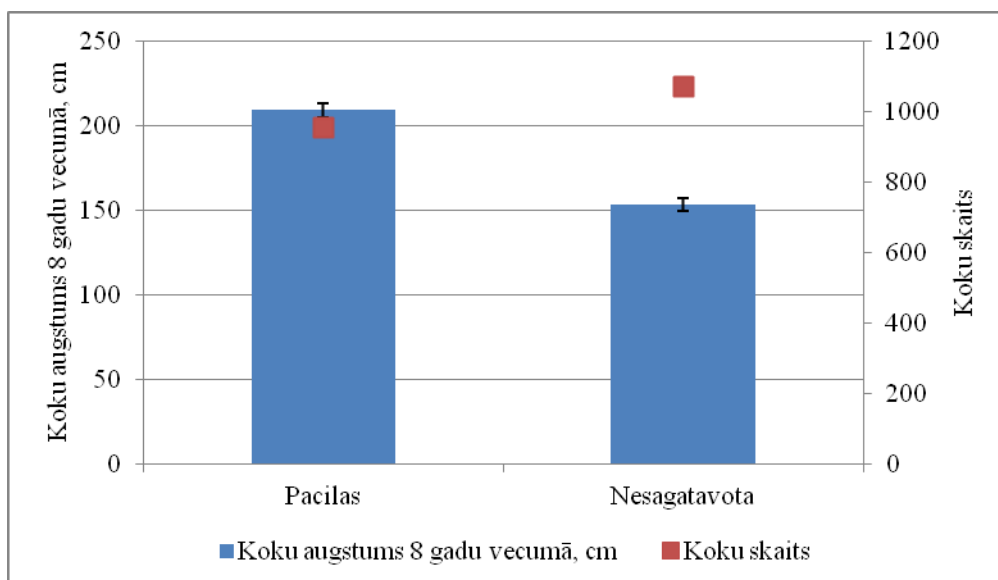


2.4. attēls. Stādījums ZA ierīkošanas gadā (foto: D. Lazdiņa).

Konstatēts, ka stādīto egļu augstums 8 gadu vecumā (2.5. att.) vērī ($198 \pm 3,8$ cm) (šeit un turpmāk ar \pm apzīmējot 95% ticamības intervālu) būtiski ($p < 0,05$, $\alpha = 0,05$) pārsniedza koku augstumu slapjajā vērī ($159 \pm 4,6$ cm), un koku augstums pacilās sagatavotajā augsnē ($209 \pm 3,9$ cm) būtiski pārsniedza koku augstumu nesagatavotajā augsnē ($154 \pm 4,0$ cm) (2.6. att.).

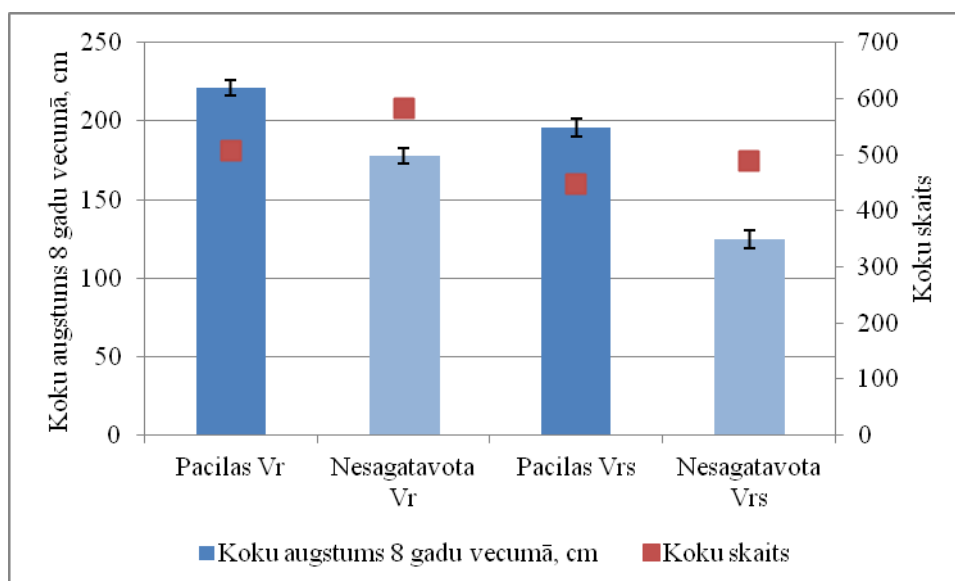


2.5. attēls. Egles stādījumā uz pacilām 8 gadu vecumā.



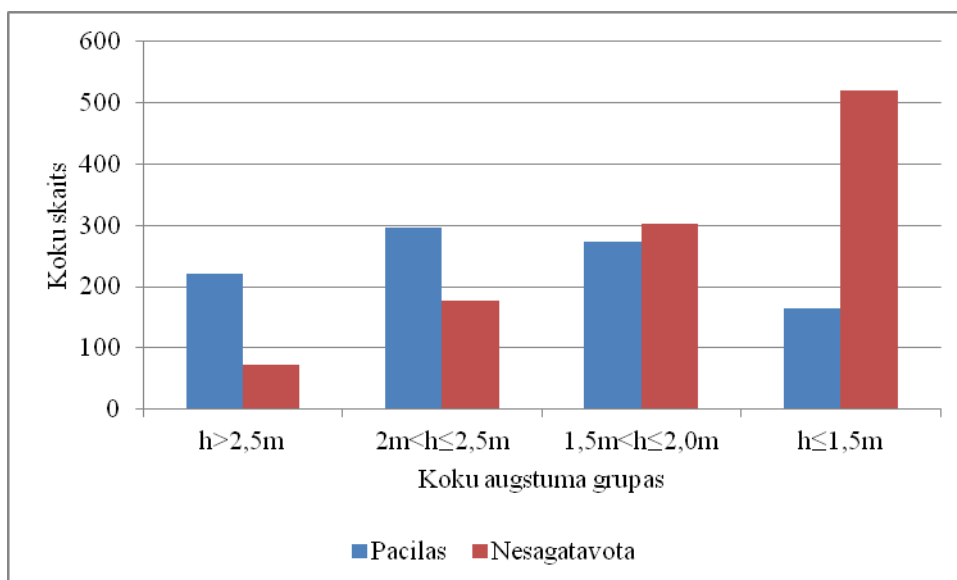
2.6. attēls. Koku augstums 8 gadu vecumā atkarībā no augsnes apstrādes veida.

Arī katrā meža tipā atsevišķi, salīdzinot koku augstumu atkarībā no augsnes sagatavošanas veida, konstatētas būtiskas atšķirības. Vēri koku augstums pacilās bija $221 \pm 5,1$ cm, bet nesagatavotā augsnē – $178 \pm 4,9$ cm, slapjajā vēri pacilās – $196 \pm 5,8$ cm, bet nesagatavotā augsnē – $125 \pm 5,7$ cm (2.7. att.).



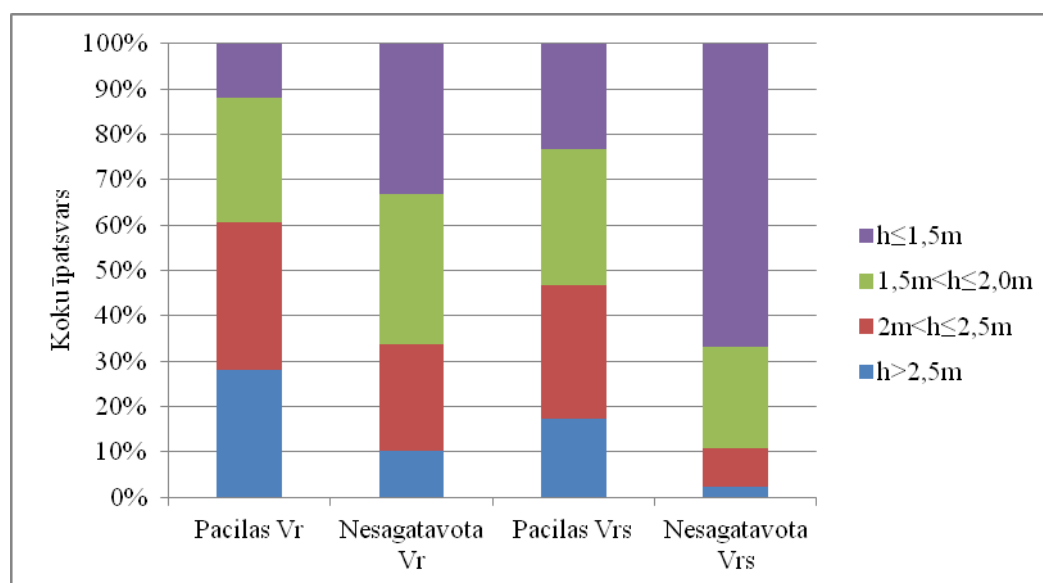
2.7. attēls. Koku augstums 8 gadu vecumā atkarībā no augsnes apstrādes vēri un slapjajā vēri.

Tālākajā analizē vērtēts koku skaita sadalījums pa augstuma grupām ($h > 2,5$ m; $2 < h \leq 2,5$ m; $1,5 < h \leq 2,0$ m; $h \leq 1,5$ m) atkarībā no augsnes apstrādes veida. Konstatētas statistiski būtiskas koku sadalījuma atšķirības pacilās sagatavotajā un nesagatavotajā augsnē stādītajās platībās (χ^2 tests; $p < 0,001$) (2.8. att.): pacilās sagatavotā augsnē konstatēts lielāks augstāko koku skaits (grupas: $h > 2,5$ m un $2 < h \leq 2,5$ m), savukārt nesagatavotajā augsnē lielākā daļa koku bija ar augstumu līdz 1.5 m.



2.8. attēls. Koku sadalījums augstuma grupās atkarībā no augsnes sagatavošanas veida.

Arī veicot analīzi pa meža tipiem konstatētas būtiskas atšķirības (χ^2 tests; $p < 0,001$) starp koku sadalījumu četrās izdalītajās augstuma grupās pacilās sagatavotajā augsnē un šo sadalījumu nesagatavotā augsnē augošiem kokiem (2.9. att.). Pacilās sagatavotā augsnē vērī tikai 12% koku augstums nepārsniedza 1,5 m, līdzīgi arī pacilās sagatavotajā augsnē slapjajā vērī šādu koku īpatsvars nebija lielāks par ceturtdaļu no koku skaita šajā variantā. Atšķirīgs koku sadalījums augstuma grupās novērots nesagatavotajā augsnē stādītajiem kokiem. Tādu koku īpatsvars, kuru augstums $\leq 1,5$ m, sastādīja trešdaļu vēra platībā un pat divas trešdaļas slapjā vēra platībā.



2.9. attēls. Koku sadalījums augstuma grupās vērī un slapjajā vērī atkarībā no augsnes apstrādes veida.

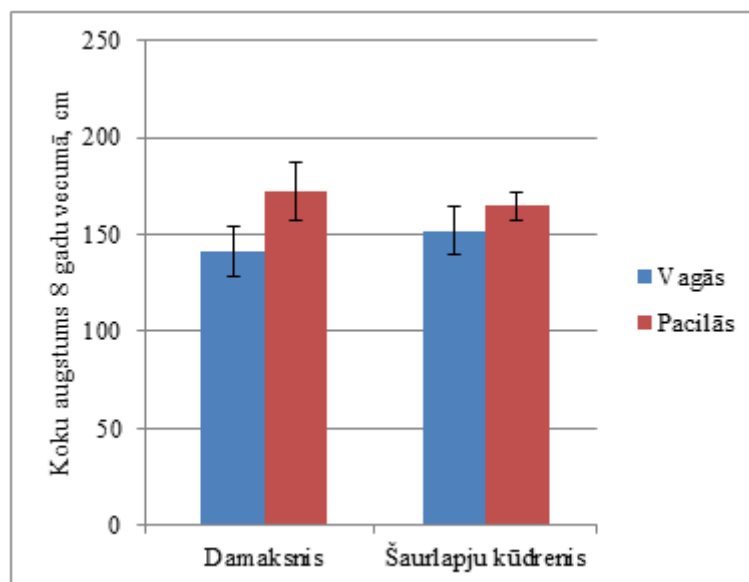
Vērtējot augsnes sagatavošanas veida ietekmi uz koku augšanu C stādījumā, vispirms vagās stādītajiem kokiem analizēta stādīšanas laika (rudens/ pavasaris) iespējamā ietekme uz koku augstumu. Konstatēts, ka koku augstums pavasarī vagās stādītajiem kokiem ir būtiski lielāks nekā rudenī vagās stādītajiem kokiem (attiecīgi $171 \pm 4,6$ cm un $152 \pm 6,5$ cm). Rudens

stādījumā vagās nav konstatēta būtiska meža tipa ietekme uz koku augstumu ($p=0,07$), bet pavasara stādījumā vagās šaurlapju kūdrēnī koku augstums bija būtiski ($p<0,001$) mazāks nekā abos pārējos meža tipos. Ņemot vērā eksperimentā konstatētās koku augšanas atšķirības atkarībā no stādīšanas sezonas, un to, ka pacilās sagatavotajā augsnē stādīšanas veikta tikai rudenī, augsnes sagatavošanas veida ietekme vērtēta, salīdzinot tikai rudens stādījumu (vagās un pacilās) datus.

Rudens stādījumā pacilās sagatavotajā augsnē augošo koku vidējais augstums statistiski būtiski ($p<0,001$) pārsniedza vagās sagatavotajā augsnē augošo koku vidējo augstumu – attiecīgi $179\pm 6,2$ cm un $152\pm 6,5$ cm (2.10. att.). Pacilās sagatavotajā augsnē, atšķirībā no vagās sagatavotās platības, konstatēta būtiska meža tipa ietekme uz koku augstumu. Atsevišķa meža tipa ietvaros koku augstums pacilās sagatavotajā augsnē bija lielāks nekā vagās sagatavotajā augsnē (2.11. att.). Šīs atšķirības bija statistiski būtiskas ($p<0,05$) lānā un damaksnī, bet ne šaurlapju kūdrēnī. Veicot divfaktoru dispersijas analīzi, par faktoriem izvēloties augsnes sagatavošanas veidu un meža tipu, konstatēts, ka būtiska ietekme uz koku augstumu bija katram no šiem abiem faktoriem, turklāt būtiska bija arī to mijiedarbības ietekme ($p<0,001$): kā redzams 2.11. attēlā, platībās uz minerālaugsnēm pacilu izmantošanai konstatēta lielāka priekšrocība (koku augstuma starpība salīdzinājumā ar vagās sagatavotu platību).

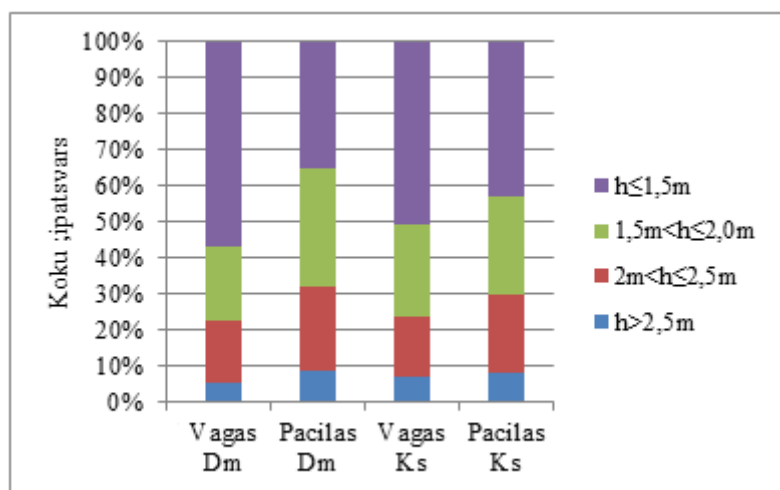


2.10. attēls. Egles stādījumā uz pacilām šaurlapju kūdrēnī 8 gadu vecumā.



2.11. attēls. Koku augstums 8 gadu vecumā damaksnī un šaurlapju kūdrēnī atkarībā no augsnes apstrādes veida.

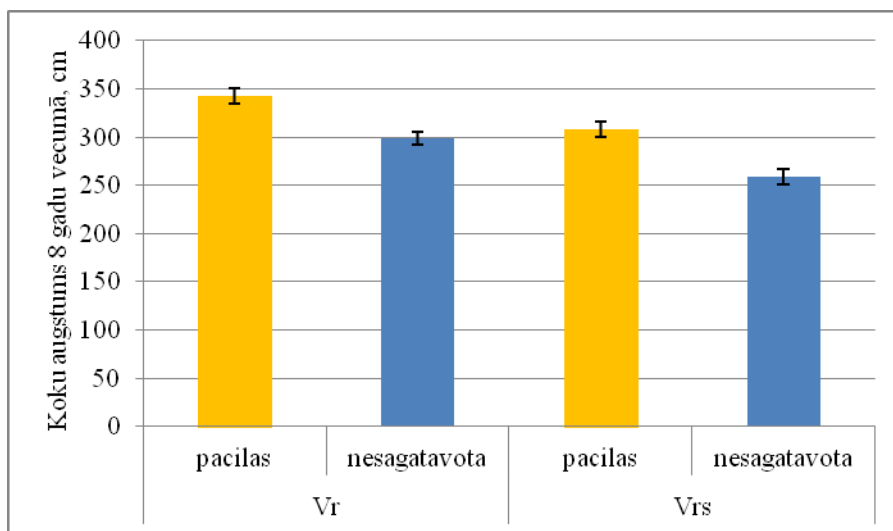
Tālākajā analīzē izmantots χ^2 tests, lai noteiktu, vai koku sadalījums augstuma grupās vagās un pacilās sagatavotajā platībā ir atšķirīgs. Damaksnī lielāks koku īpatsvars grupās ar lielāko augstumu novērots pacilās sagatavotajā platībā, tomēr šīs atšķirības nebija izteikta (χ^2 tests; $p=0,05$). Arī šaurlapju kūdrēnī tendence bija līdzīga, bet atšķirības nebija statistiski būtiskas (χ^2 tests; $p=0,53$).



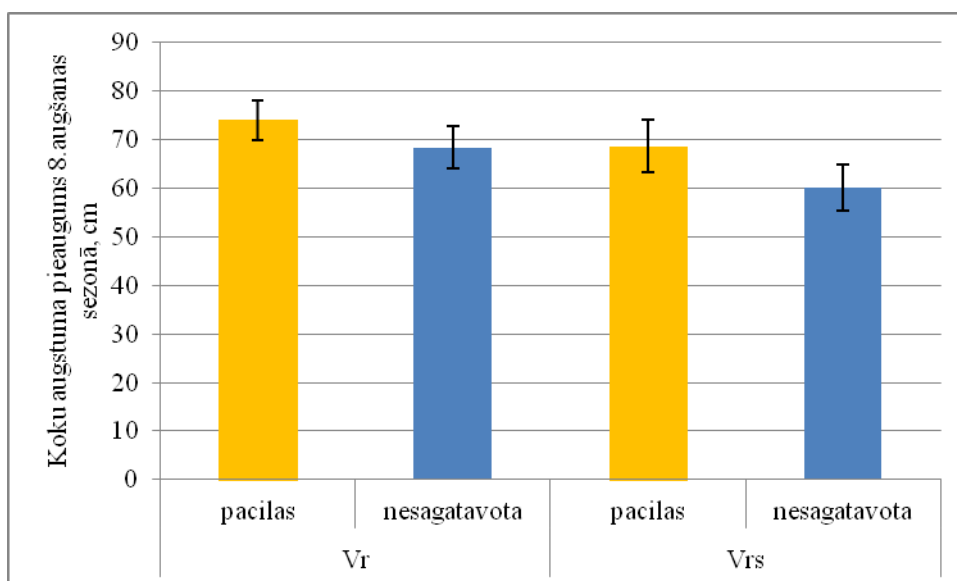
2.12.. attēls. Koku sadalījums augstuma grupās damaksnī un šaurlapju kūdrēnī atkarībā no augsnes apstrādes veida.

Vērtējot augsnes sagatavošanas nozīmi meža atjaunošanā ilgstošā periodā, svarīgi noskaidrot, kā tā ietekmē ne vien visu valdošās sugas koku vidējo augstumu konkrētā meža tipā, bet tieši dominējošo koku vidējo augstumu, kuriem ir vislielākā iespēja saglabāties platībā līdz galvenās cirtes vecumam. Tāpēc katrā meža tipā katrā augsnes sagatavošanas veidā atsevišķi veikta augstāko koku (t.s. dominējošo koku) atlase, iekļaujot tajā koku skaitu atbilstoši nosacījumam 100 koki ha^{-1} (virsaugstums).

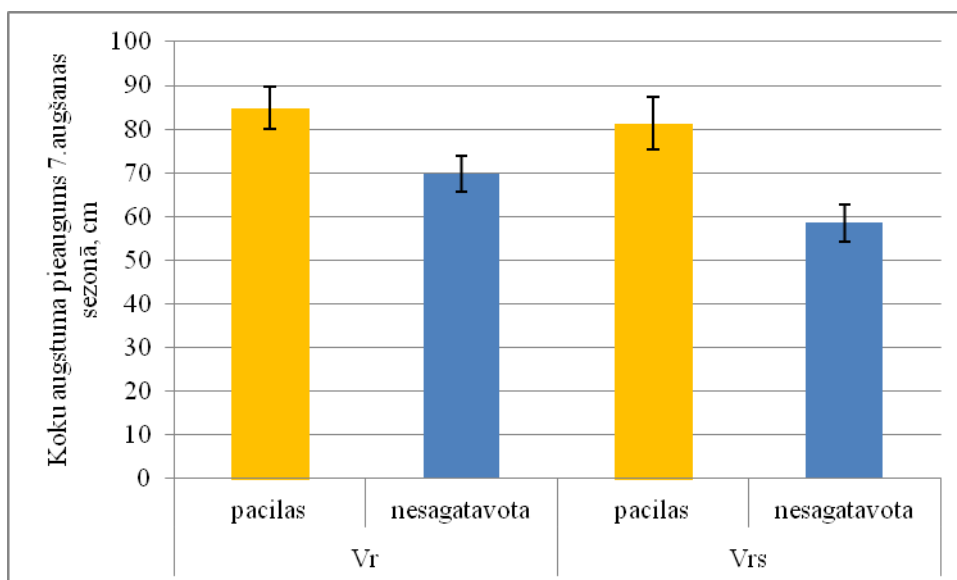
Dominējošo koku augstums 8 gadu vecumā (2.13. att.) pacilās sagatavotajā augsnē bija lielāks nekā nesagatavotajā augsnē – gan vērī, gan slapajā vērī atšķirības bija statistiski būtiskas ($p < 0,05$). Astotās augšanas sezonas augstuma pieaugums katrā meža tipā (2.14. att.) pacilās augošajiem kokiem bija lielāks nekā nesagatavotā augsnē stādītajiem, bet atšķirības nebija statistiski būtiskas ($p > 0,05$). Septītajā augšanas sezonā (2.15. att.) augstuma pieaugums katrā no meža tipiēm pacilās augošajiem kokiem bija statistiski būtiski lielāks ($p < 0,05$), bet sestajā augšanas sezonā (2.16. att.) būtiskas šīs atšķirības bija slapajā vērī ($p < 0,05$).



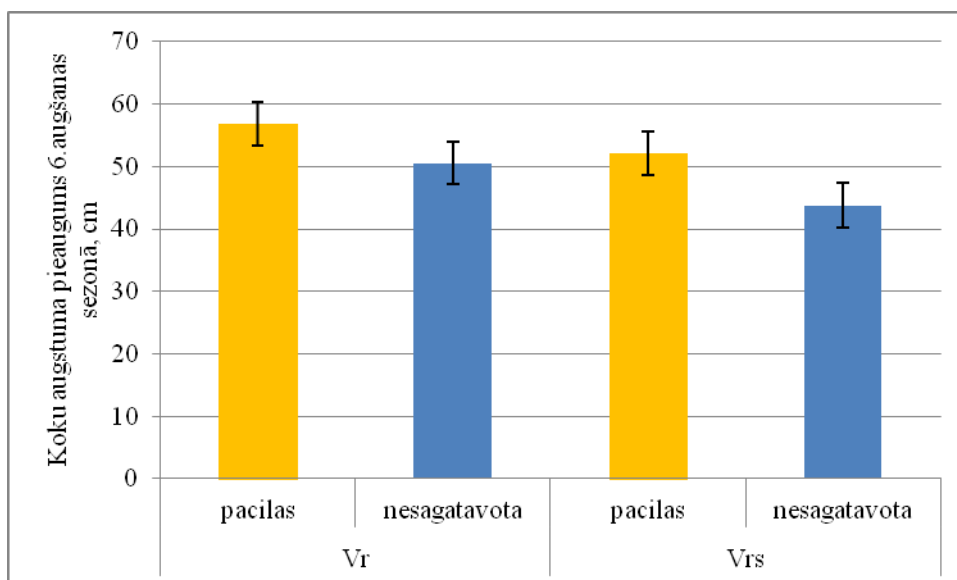
2.13. attēls. Dominējošo koku vidējais augstums 8 gadu vecumā.



2.14. attēls. Dominējošo koku vidējais augstuma pieaugums 8. augšanas sezonā.

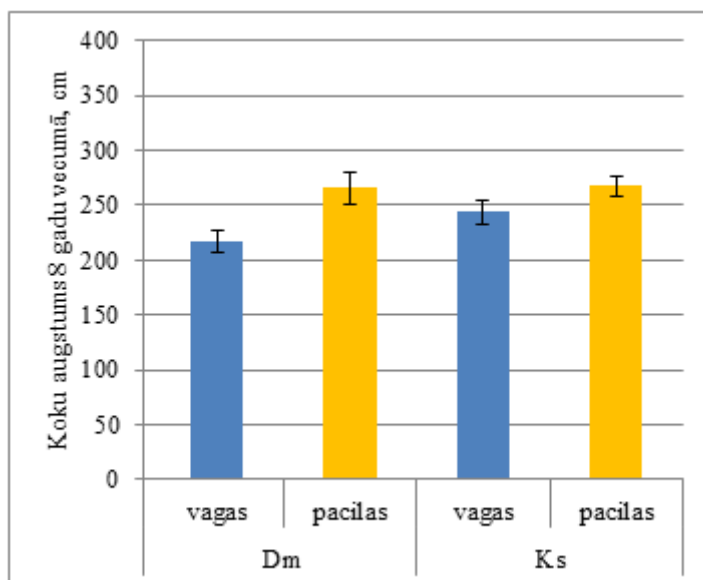


2.15. attēls. Dominējošo koku vidējais augstuma pieaugums 7. augšanas sezonā.



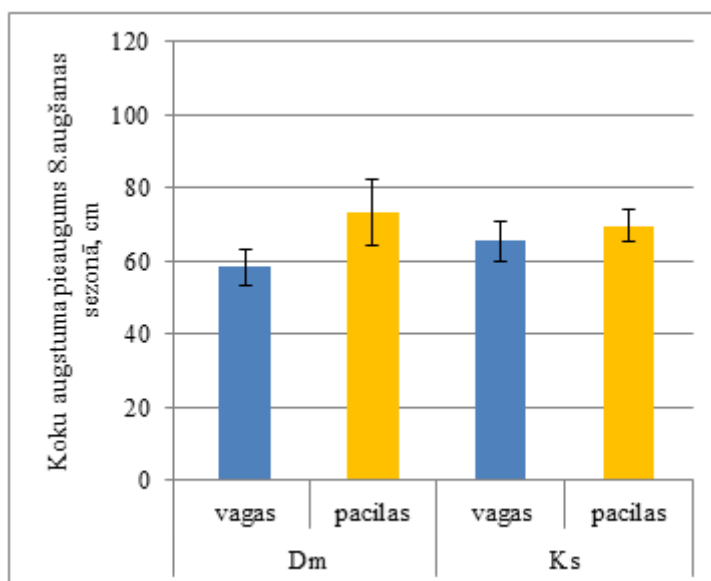
2.16. attēls. Dominējošo koku vidējais augstuma pieaugums 6. augšanas sezonā.

Dominējošo koku vidējais augstums pacilās sagatavotajā augsnē bija lielāks nekā vagās sagatavotajā (2.17. att.), turklāt abos meža tipos šīs atšķirības bija statistiski būtiskas ($p < 0,05$). Analizējot pēdējo trīs gadu augstuma pieaugumu atšķirības dominējošajiem kokiem, līdzīgi konstatēts, ka katrā meža tipā pacilās sagatavotajā augsnē pieaugums bija lielāks nekā vagās sagatavotajā augsnē (2.18., 2.19 un 2.20. att.). Astotās augšanas sezonas augstuma pieaugumam statistiski būtiskas šīs atšķirības bija damaksnī, bet ne šaurlapju kūdrēnī; septītās un sestajā augšanas sezonas augstuma pieaugumam atšķirības nebija būtiskas, tomēr saglabājās novērotā tendence – uz pacilām stādītiem kokiem augstuma pieaugums bija lielāks nekā vagās stādītajiem.

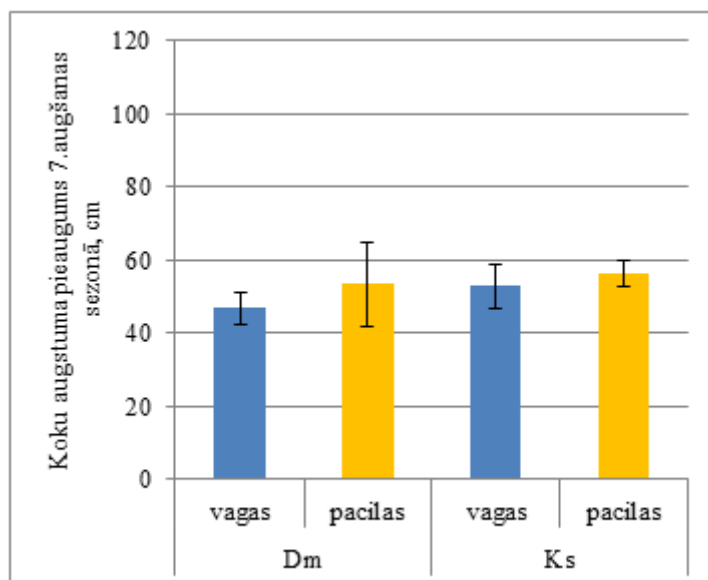


2.17. attēls. Dominējošo koku vidējais augstums 8 gadu vecumā.

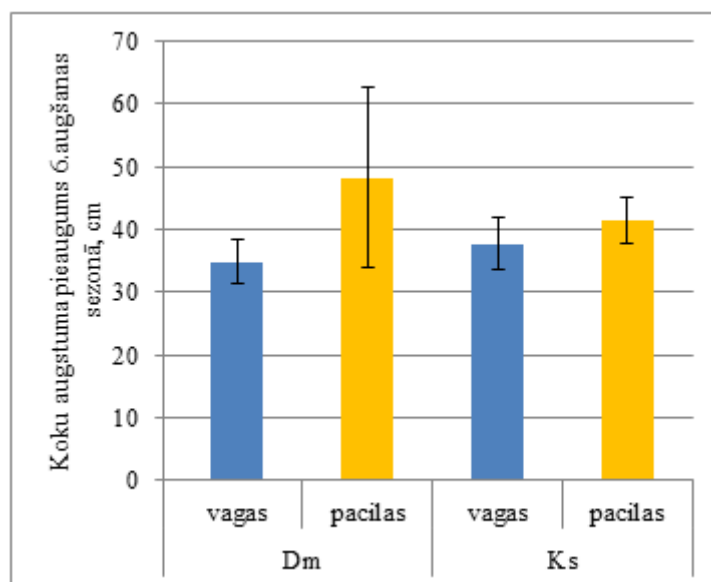
Iespējams, koku augstuma pieauguma atšķirību (atkarībā no augsnes apstrādes veida) būtiskuma palielināšanās līdz ar vecumu skaidrojama ar citu faktoru nozīmīgāku lomu egles attīstībā pirmajos tās augšanas gados, kā arī barības vielu pieejamības palielināšanos ciršanas atlieku sadalīšanās rezultātā, kas sākas aptuveni 5 gadus pēc ciršanas.



2.18. attēls. Dominējošo koku vidējais augstuma pieaugums 8. augšanas sezonā.

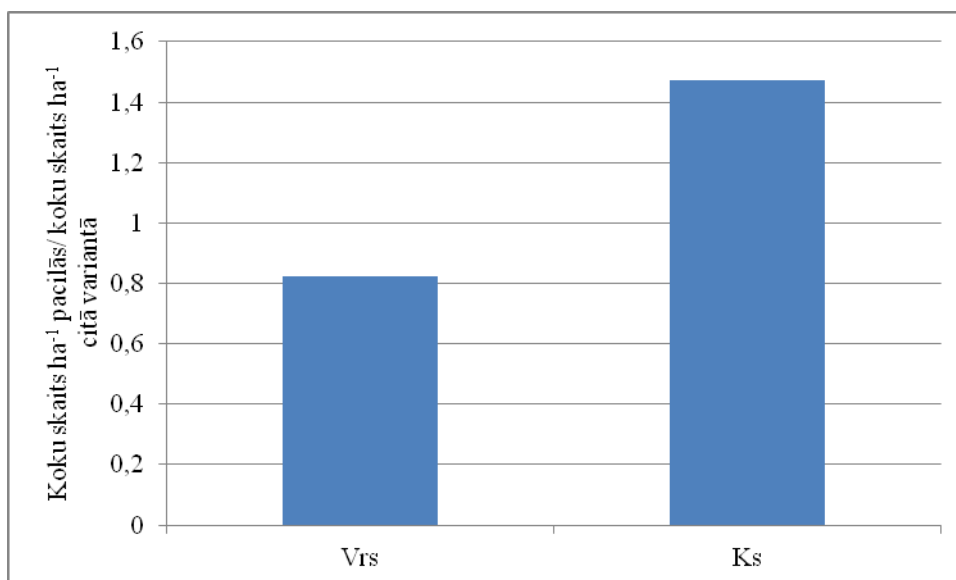


2.19. attēls. Dominējošo koku vidējais augstuma pieaugums 7. augšanas sezonā.



2.20. attēls. Dominējošo koku vidējais augstuma pieaugums 6. augšanas sezonā.

Koku saglabāšanās pacilās analizēta tajos meža tipos, kur augsnes sagatavošana pacilās salīdzinājumā ar citiem augsnes apstrādes veidiem meža apsaimniekošanas praksē ir visieteicamākā – platībās uz slapjām minerālaugsnēm un nosusinātām kūdras augsnēm (slapjajā vērī un šaurlapju kūdrenī). Konstatēts, ka šajos meža tipos pacilu izmantošana nodrošinājusi nozīmīgi augstāku koku saglabāšanos (2.21. att.).



2.21. attēls. Koku skaits (ha⁻¹) pacilās attiecībā pret koku skaitu (ha⁻¹) nesagatavotā augsnē (Vrs) vai vagās (Ks).

Kopumā var secināt, ka egļu augstuma 8 gadu vecumā pacilās sagatavotajā augsnē bija būtiski lielāks nekā nesagatavotajā (attiecīgi 209±3,9 cm un 154±4,0 cm) vai vagās sagatavotajā (attiecīgi 179±6,2 cm un 152±6,5 cm).

Konstatētas statistiski būtiskas (χ^2 tests; $p < 0,001$) koku augstuma sadalījuma atšķirības pacilās sagatavotajā un nesagatavotajā vai vagās sagatavotajā augsnē gan katra stādījuma ietvaros, gan pa meža tipiēm: pacilās sagatavotā augsnē konstatēts lielāks augstāko ($h > 2$ m) koku īpatsvars.

Dominējošo (100 augstākie koki ha⁻¹) egļu augstuma pieauguma starpība starp stādījumiem pacilās sagatavotā un nesagatavotā vai vagās sagatavotā augsnē pakāpeniski pieaug līdz ar koku vecumu: no vidēji 7 cm (14%) sestā gada augstuma pieaugumam līdz vidēji 17 cm (20%) astotā gada augstuma pieaugumam.

3. Agrotehniskās kopšanas novērtējums

Kā piemērs izmantoti agrotehniskās kopšanas hronometrāžas dati, kas ievākti 4 nogabalos, kur augsne sagatavota vagās ar augsnes frēzi TTS Delta Combi un pacilās ar ekskavatora kausu. Visās platībās šaulapju ārēnī veikta stādīšana pavasarī, stādīto koku augstums kopšana laikā vidēji 28 cm.

Katrā no audzēm izvietot 4 taisnstūra bloki ar platību 0,25, 0,4 vai 0,5 ha (bloka platība izvēlēta atkarībā no nogabala platība). Platībās ekoloģiskie koki izvietoti vienmērīgi (3.1. att.), tādēļ pieņemts, ka to ietekme visā teritorijā ir līdzīga un tie nav ņemti vērā, izvietojot uzskaites laukumus (blokus). Pirms kopšanas katrā blokā sistemātiski (vienādā savstarpējā attālumā) uz līnijām, kas paralēlas nogabala garākajai malai, izvietoti 10 apļveida uzskaites laukumi ($r=2,82$ m, platība 25 m²). Katrā parauglaukumā pēc acumēra noteikts aizzēluma projektīvais segums procentos atbilstoši ICP - Forest Assessment of Ground Vegetation metodikai (ICP Forest, 2011), izdalot 5 grupās:

- 1) krūmi (piem. lazdas, krūkli, segliņi);
- 2) atvases – koku sakņu atvases un mazie pašsējas koki;
- 3) puskrūmi (piem. avenes, kazenes, bebrukārkliņi);
- 4) stiebrzāles (piem. cieras, auzenes u.c.);
- 5) citi lakstaugi (piem. ugunspuķes, krustaines, mazā skābene u.c.)

Aizzēlumam pa grupām uzmērīts arī vidējais augstums (precizitāte 0,1 m). Inventarizācija atkārtota tajos pat punktos pēc agrotehniskās kopšanas darbu izpildes (3.2. att.). Lai nodrošinātu rezultātu savstarpēju salīdzināmību, uzskaiti vienos un tajos pašos punktos veic viens un tas pats cilvēks.



3.1. attēls. Agrotehniskās kopšanas izpilde



(a)

(b)

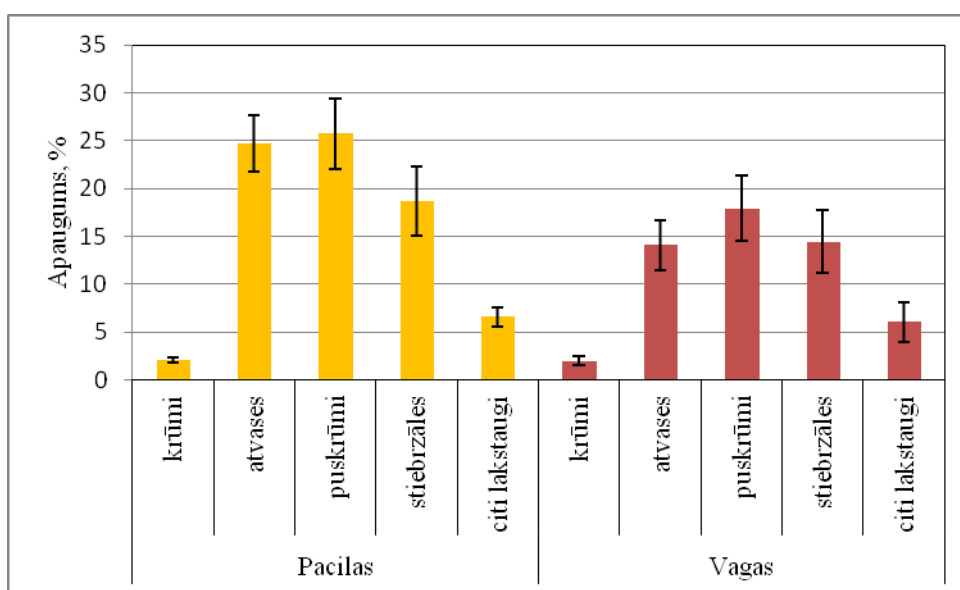
3.2. attēls. Aizzēluma uzskaites laukums (a) un platība pēc agrotehniskās kopšanas izpildes (b)

Agrotehnisko kopšanu veica 5 krūmgriežu operatori, kas visi piedalījās gan stādījumu uz pacilām, gan stādījumu uz vagām kopšanā, taču nebija organizēts tā, ka katrs kopj tikai vienu bloku. Darba laiks tika hronometrēts, iedalot to:

- 1) darba laiks – tīrais darba laiks (ar strādājošu krūmgriezi). Pēc šī darba laika tiek noteikts degvielas patēriņš motorstundā;
- 2) atpūtas laiks – laiks, kas nepieciešams strādniekam atpūtai pēc noteikta darba laika;
- 3) pusdienas pārtraukums – laiks, lai paēstu pusdienas;
- 4) degvielas uzpildes laiks – laika periods, kas nepieciešams, lai strādnieks no noteiktas vietas izpētes objektā (vieta kur beidzas degviela) aizietu līdz degvielas uzpildes vietai, uzpildītu krūmgriezi un nokļūtu atpakaļ objektā līdz vietai, kur viņš paredzējis atsākt darbu;
- 5) apkopes laiks – laika patēriņš, kas nepieciešams, lai veiktu krūmgrieža apkopi (profilaksi), uzasinātu griezējripu, iztīrītu filtrus u.c.;
- 6) kopjamās vietas atrašanas laiks – laika periods, kas nepieciešams no brīža kad strādnieks ir iegājis objektā un noorientējas, kurā vietā vēlas uzsākt darbu;
- 7) patērētais laiks nonākšanai līdz audzei – vidējais patērētais laiks, kurā strādnieks no auto apstāšanās vietas nonāk līdz kopjamās audzes vidusdaļai un iziet no tās.
- 8) citi – citiem darbiem, kuri saistīti ar kopšanu, patērētais laiks. Apģērba nomaiņa, sakārtošanās, uzkabes regulēšanas darbu u.c.

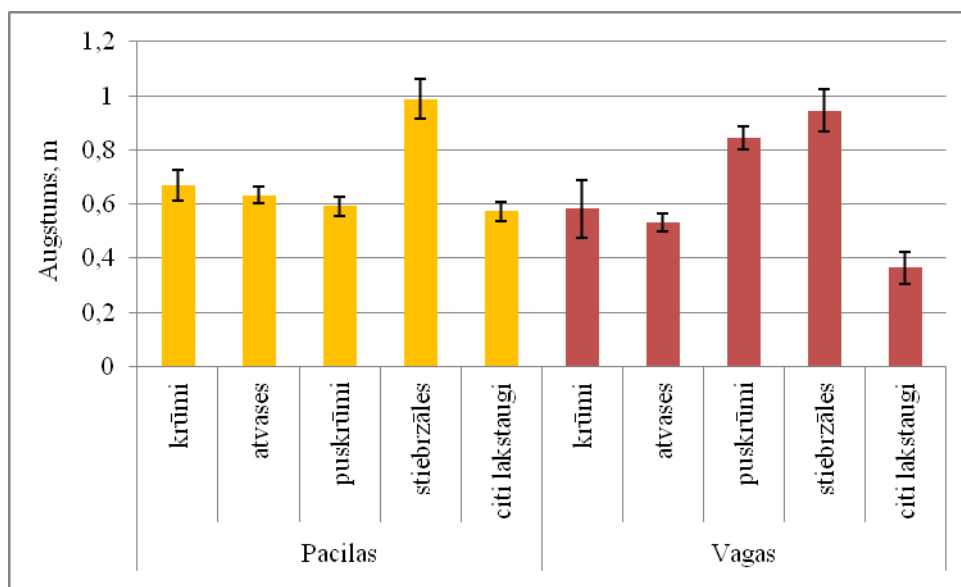
No iegūtajiem rezultātiem tie aprēķināts lietderīgais laiks (summa no 1, 4, 5, 6 un 7) un kopējais darba laiks. Vienlaikus ar hronometrāžu tiek fiksēts arī degvielas patēriņš.

Nogabalos, kur augsne sagatavota pacilās, apauguma projektīvais segums pirms kopšanas bija statistiski būtiski augstāks nekā platībās, kur augsne sagatavota vagās (vidēji 78% un 54%). Tas skaidrojams ar atšķirīgo pacilu un vagu mineralizētās augsnes virskārtas aizņemto platību 25m² uzskaites laukumā. Ja augsnes sagatavošanas procesā mineralizētā augsnes virskārta tiek izslēgta no aprēķina, statistiski būtiskas atšķirības vairs nav konstatējamas. Kopumā lielāko daļu (85-89%) apauguma platībās ar abiem augsnes sagatavošanas veidiem sastāda atvases, puskrūmi un stiebrzāles. Šo apauguma grupu aizņemtā platības daļa nogabala ar vienu augsnes sagatavošanas veidu ietvaros statistiski būtiski neatšķiras (3.3. att.).



3.3. attēls. Augauma projektīvais segums šaurlapju ārenī pirms agrotehniskās kopšanas.

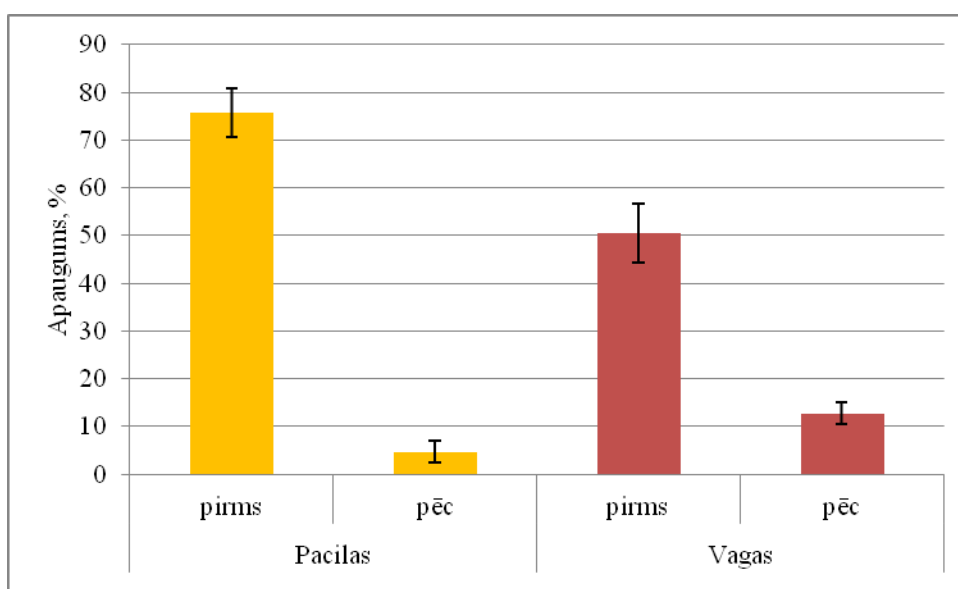
Apauguma vidējais svērtais (pret projektīvo segumu) augstums platībās ar abiem augsnes sagatavošanas veidiem statistiski būtiski neatšķiras un ir 0,7 m. Platībā, kur augsne sagatavota pacilās, statistiski būtiski augstākās ir stiebrzāles, pārējo apauguma grupu augstums būtiski neatšķīrās un ir ap 0,6 m (3.4. att.).



3.4. attēls. Apauguma augstums šaurlapju arenī pirms agrotehniskās kopšanas.

Stādījumā, kur augsne sagatavota vagās, lielākais augstums konstatēts stiebrzālēm un puskrūmiem (g.k. avenēm), būtiski mazāks augstums konstatēts citiem lakstaugiem.

Apauguma projektīvais segums, kas pirms kopšanas bija augstāks platībās ar pacilām, pēc kopšanas tajās ir statistiski būtiski zemāks nekā platībās, kur augsnes sagatavošana veikta vagās (attiecīgi 4 un 13%; 3.5. att.). Atsevišķu palikušo apauguma grupu vidējais augstums nav būtiski mazāks nekā pirms kopšanas, tomēr tie netraucē koku augšanu (3.6. att.).

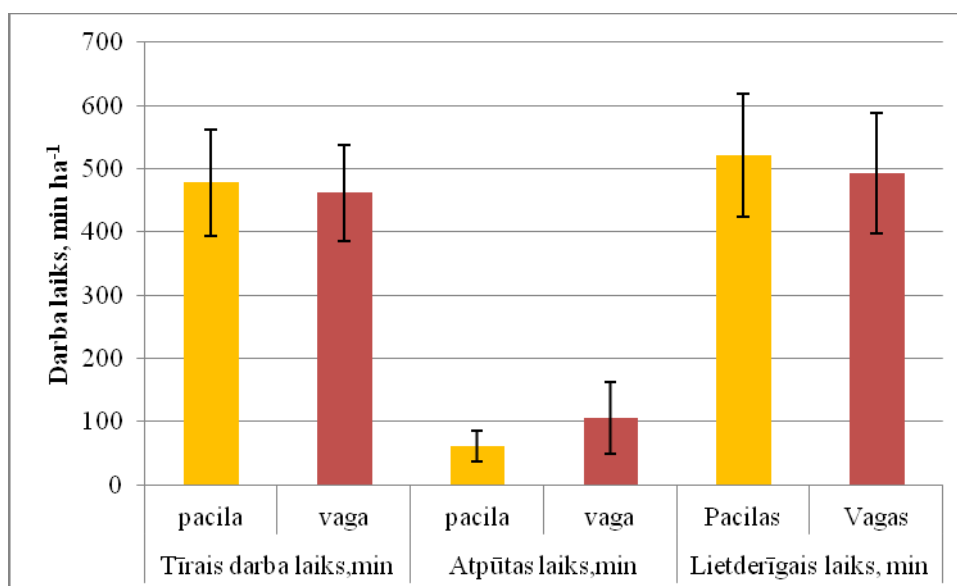


3.5. attēls. Apauguma projektīvais segums pirms un pēc agrotehniskās kopšanas platībās ar atšķirīgu augsnes sagatavošanas veidu.



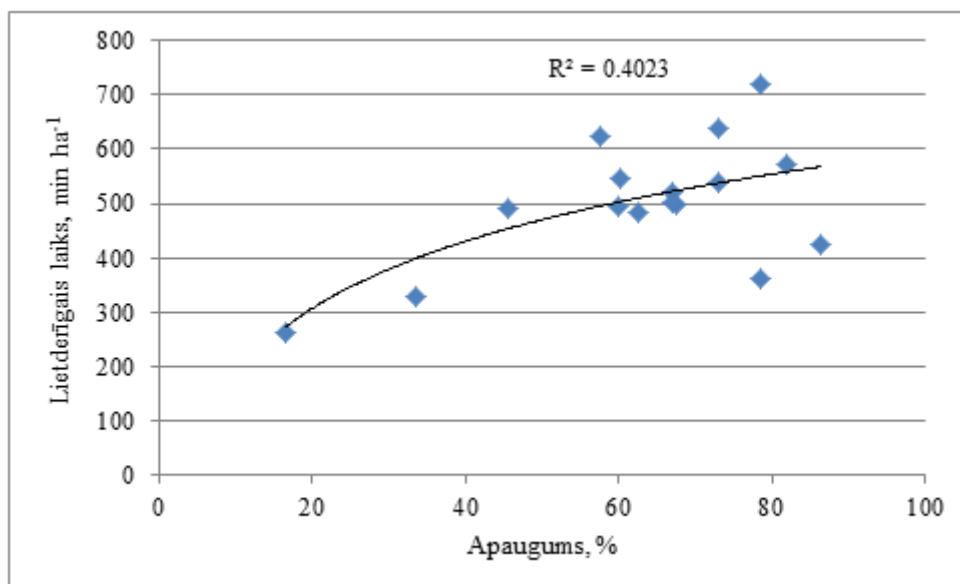
3.6. attēls. Platībā pēc agrotehniskās kopšanas palikušās atsevišķās stiebrzāles.

Tīrais darba laiks (kā arī tā īpatsvars no kopējā darba laika) agrotehniskās kopšanas izpildei statistiski būtiski neatšķirs platībās ar atšķirīgiem augsnes sagatavošanas veidiem un bija vidēji 462 min ha^{-1} ($68 \pm 8,3\%$) un 478 min ha^{-1} ($67 \pm 9,7\%$) attiecīgi vagās un pacilās. Tāpat statistiski būtiski starp platībām ar atšķirīgiem augsnes sagatavošana veidiem neatšķīrās atpūtas laiks un lietderīgais darba laiks (3.7. att.). Līdzīgi vidējais degvielas patēriņš būtiski neatšķīrās platībās ar dažādiem augsnes sagatavošanas veidiem un bija $5,5 \pm 1,1 \text{ m}$. Nozīmīgā šī rādītāja datu izkliede saistīta ar metodiskām grūtībām precīzā degvielas patēriņa katrā blokā noteikšanā.



3.7. attēls. Darba laika patēriņš agrotehniskajā kopšanā atkarībā no augsnes sagatavošanas veida.

Konstatēts, ka apauguma īpatsvaram ir būtiska ietekme uz lietderīgā darba laiku agrotehniskajā kopšanā neatkarīgi no augsnes sagatavošanas veida (3.8. att.). Tomēr, ja apauguma projektīvais segums sasniedz vismaz 40% no platības, šāda sakarība vairs nav spēcīga ($R^2=0.07$). Tas liecina, ka apaugumam pārsniedzot šo vērtību, krūmgrieža operatoram darba apjoms (un laiks tā izpildei) vairs nav atšķirīgs neatkarīgi no tā, apaugums ir piemēram, 50% vai 80%.



3.8. attēls. Darba laika patēriņa agrotehniskajā kopšanā saikne ar apaugumu.

Apkopojot iegūtos rezultātus, veikts meža atjaunošanas finansiālais novērtējums pieņemot, ka augsnes sagatavošanas izmaksas vagās (ar frēzi) ir 110 EUR ha⁻¹, pacilās (ar ekskavatoru) 350 EUR ha⁻¹, stādīšanas izmaksas 105 EUR ha⁻¹, agrotehniskās kopšanas 105 EUR ha⁻¹, stādu cena (ar ķīmisko apstrādi pret priežu lielo smecernieku) 208 EUR par 1000 gab. Tāpat ņemts vērā, ka stādot uz pacilām, būs iespējams par vienu (no 4 uz 3) samazināt agrotehnisko kopšanu skaitu un nebūs nepieciešama papildināšana. Konstatēts, ka šajā gadījumā egles atjaunošanas izmaksas augsni sagatavojot pacilās un vagās neatšķiras. Tātad, palielinot pacilu veidošanas efektivitāti (izmantojot citus mehānismus, apgūstot darba paņēmienus), līdz ar to samazinot izmaksas (kas šobrīd ir Latvijā ir nozīmīgi augstākas nekā Skandināvijas valstīs, kur šis augsnes sagatavošanas veids tiek plaši izmantots) vai arī kombinējot to ar citu operāciju (piemēram, atcelmošanu) un stādot mazāku koku skaitu uz ha, atjaunošana pacilās nodrošinās ne tikai labākus rezultātus (saglabāšanos, pieaugumu), bet arī zemākas izmaksas.