

PĀRSKATS

PAR AS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" PĒTĪJUMA

ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS,
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPnieciskais PĒTĪJUMS

DARBU IZPILDI

Pārskata nosaukums **HARVESTERA AR BRACKE C 16.B
GRIEZĒJGAVLU RAŽĪGUMA
MONITORINGS KOPŠANAS CIRTĒ**

Līguma Nr. 3. 5.5-5.1-000p-101-12-8

Pārskata Nr. 2015/04

Pārskata versija 1.0

Izpildes laiks 20.10.2014 - 06.01.2015

Izpildītājs Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir noskaidrot Bracke C16.b griezējgalvas ražīguma izmaiņas jaunaudžu kopšanā pēc gandrīz 12 mēnešu ilga darba ražošanā – grāvju trašu apauguma novākšanā un jaunaudžu kopšanā. Pētījumi veikti ar John Deere 1070 D harvesteru Auces apkārtnē 2014. gada oktobra beigās. Plānotais pētījuma ilgums bija 40 stundas, taču tehnisku iemeslu dēļ darba laika uzskaitē notika pusi no plānotā laika.

Harvestera griezējgalvas Bracke C16.b ražīguma monitorings veikts priežu audzē, kas atbilst krājas kopšanas kritērijiem (vidējā koka augstums pēc kopšanas 17 m). Kopšanā izzāgēti augšanā atpalikušie koki, kā arī pameža kociņi un krūmi. Vidēji 1 ha sagatavoti 93 ber. m³ biokurināmā. Kopšanas kvalitāte izmēģinājumā atbilst kopšanas kvalitātes normatīviem, tomēr, saglabājoties esošajām prasībām par minimālo šķērslaukumu izkoptās audzēs, atstājamo koku šķērslaukums palielināms par 5 %, lai kompensētu kopšanā bojātos kokus.

Salīdzinot ar 2013. un 2014. gada sākumā veiktajiem izmēģinājumiem, pētījumā konstatēts, ka harvestera ražīgums būtiski samazinājies (zāgējot par 15 cm resnākus kokus, ražīguma samazinājums pārsniedz 20 %). Tāpat, konstatēts, ka būtiski atšķiras abu operatoru, kas piedalījās izmēģinājumos, darba ražīgums. Sliktāki rādītāji 2014. gada oktobrī veiktajos izmēģinājumos saistīti, galvenokārt, ar būtiski lielāku darba laika patēriņu pameža zāgēšanai, garāko koku garumošanai un nozāgēto kociņu novietošanai starp koridoriem.

Vērtējot rezultātus, jāņem vērā arī izkoptās audzes koku dimensijas; iegūtie rezultāti var neraksturot ražīguma rādītājus audzēs, kas vislabāk piemērotas kopšanai ar Bracke C16.b griezējgalvu. Daļēji ražīguma samazinājums skaidrojams ar neraksturīgajiem darba apstākļiem, tomēr lielākā nozīme ir darba metodes izvēlei, piemēram, operatoru reti izmantotā koku paketēšanas funkcija, koki netiek garumoti uz zemes pakās, bet gan pa vienam, nozāgējot vispirms galotnes, tad atlikušo stumbra daļu.

Būtisku ražīguma palielinājumu var panākt, izvairoties no pameža koku un krūmu zāgēšanas, koncentrējoties uz valdaudzes retināšanu, lai nodrošinātu optimālus attīstības apstākļus mērķa kokiem. Lielāku koku audzēs būtisku ražīguma palielinājumu var panākt, pārzāgējot garākos kokus pēc noguldīšanas zemē, veidojot paku no vairākiem kokiem.

Pētījuma rezultātos un diskusijās ar darbu izpildītājiem un AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem par kvalitātes kritēriju noteikšanu mehānizēti izkoptām audzēm definēta nepieciešamība iegūt eksperimentālus datus par pameža saglabāšanas ietekmi uz bojājumu īpatsvaru, pievešanas ražīgumu un mežaudzes attīstību pēc kopšanas, strādājot ar Bracke C16.b griezējgalvu, lai izstrādātu instrukcijas mežizstrādes mašīnu operatoriem.

Saturs

Kopsavilkums	2
Ievads	5
Izmēģinājumu objekti un Darba metodika	6
Pētījumu objekti.....	6
Taksācijas rādītāju noteikšana pēc audžu kopšanas.....	6
Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums.....	7
Darba metodes.....	8
Darba laika uzskaitē.....	8
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	9
Biomases un krājas aprēķini.....	9
Bojājumu uzskaitē.....	10
Darba rezultāti	11
Mežaudžu raksturojums.....	11
Izstrādes darba ražīgums.....	13
Kopšanas kvalitāte.....	21
Ražības rādītāju salīdzinājums.....	23
Secinājumi un ieteikumi praksei	27
Literatūra	28

Attēli

Att. 1: Izmēģinājumu objektu shēma.....	6
Att. 2: Parauglaukumu novietojuma shēma.....	7
Att. 3: John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.....	7
Att. 4: Hronometrāzā izmantotais laukdatore Allegro CX.....	8
Att. 5: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra aprēķināšanai (Lazdiņš et al., 2013).....	10
Att. 6: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs.....	11
Att. 7: Krājas sadalījums izkoptajā audzē.....	12
Att. 8: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai.....	12
Att. 9: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stubra krājas sakarības raksturošanai.....	13
Att. 10: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai.....	13
Att. 11: Nostrādātā laika sadalījums.....	14
Att. 12: Ar John Deere 1070 D nozāgēto koku īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	14
Att. 13: Tiešā darba laika sadalījums.....	17
Att. 14: Tiešā darba laika sadalījums atkarībā no zāgējamā koka caurmēra.....	18
Att. 15: Tiešā darba laika sadalījums atkarībā no zāgējamā koka caurmēra.....	18
Att. 16: Tiešā darba laika patēriņa 1 koka apstrādei un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.....	19
Att. 17: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.....	19
Att. 18: Tiešā darba laika patēriņa 1 ber. m ³ sagatavošanai un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.....	20
Att. 19: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.....	20
Att. 20: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.....	21
Att. 21: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāgējamā koka caurmēra sakarības salīdzinājums abiem operatoriem.....	21
Att. 22: Atstāto koku skaita un krājas izvietojums slejā.....	22
Att. 23: Atstāto koku caurmēra un attāluma no slejas centra sakarība.....	22
Att. 24: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.....	23
Att. 25: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.....	24
Att. 26: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.....	24
Att. 27: Tiešā darba laika elementu īpatsvars 6-12 cm resnu koku nozāgēšanai.....	25

Att. 28: Tiešā darba laika elementu ilgums 6-12 cm resnu koku nozāgēšanai.....	25
Att. 29: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāgējamā koka caurmēra sakarības salīdzinājums.....	26

Tabulas

Tab. 1: Izstrādes darba laika uzskaites elementi.....	8
Tab. 2: Pārreķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai.....	9
Tab. 3: Pārreķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai (Lazdiņš et al., 2013).....	10
Tab. 4: Izkoptās audzes raksturojums.....	11
Tab. 5: Darba ražības kopsavilkums (ber. m ³ stundā).....	15
Tab. 6: Darba laika uzskaites kopsavilkums sadalījumā pa tehnoloģiskajiem koridoriem (centiminūtēs).....	16
Tab. 7: Nozāgēto koku un koridoru raksturojums.....	16
Tab. 8: Vidējie darba laika patēriņa rādītāji 1 ber. m ³ sagatavošanai (sekundēs).....	16
Tab. 9: Bojājumu raksturojums.....	23

IEVADS

Pētījumā, kas veikts no 2013. gada novembra līdz 2014. gada janvārim, noskaidrots Bracke C 16. b griezējgalvas ražīgums, izmantojot atsevišķu koku un shematiskās kopšanas darba metodes un nosacījumus par nozāgējamo koku izvēli. Tradicionālā darba metode ir individuālu koku izkopšana, kad vispirms paralēli tehnoloģiskajam koridoram abās pusēs no harvestera izzāgē slejas, kurās novieto savāktos kokus. Pēc sleju izzāgēšanas izkopj atlikušo audzes daļu starp slejām. Vienkāršajā simetriskajā darba metodē ik pēc 2-3 m abās harvestera pusēs paralēli tehnoloģiskajam koridoram izzāgē vidēji 1-1,5 m platas taisnas paralēlas slejas, kurās nokrauj izzāgētos kokus. Atšķirībā no pirmās darba metodes, slejas ir izvietotas blīvāk un neveic kopšanu starp slejām. Kompleksajā simetriskajā metodē slejas veido vidēji ik pēc 5-6 m, vispirms paralēli tehnoloģiskajam koridoram uz abām pusēm no harvestera izzāgējot slejas, kurās nokraut sortimentus un tad tajā pašā vietā 45 grādu leņķī uz abām pusēm no pirmās slejas izzāgē vēl 2 slejas, kurās iegūto materiālu nokrauj pirmajā slejā.

Pētījumā konstatēts, ka jaunaudzū kopšanā ar Bracke C16.b vidējais efektīvā un tiešā darba laika īpatsvars ir būtiski lielāks, salīdzinot ar citām izmēģinājumos izmantotajām mašīnām, kas skaidrojams ar to, ka ar Bracke C16.b neveic atzarošanu (Kalēja *et al.*, 2014). Izvērtējot darba rezultātus, konstatēts, ka, izmantojot komplekso shematiskās kopšanas metodi, pieaugot vidējā koka caurmēram un vidējā koka augstumam, visstraujāk pieaug darba ražīgums uz 1 ber. m³ efektīvajā darba stundā. Vidēji 1 ber. m³ sagatavošanai patērē 14 min. tiešā darba laika. Kompleksā shematiskā metode pielietojama tajos gadījumos, kad nozāgējamo koku skaits ir salīdzinoši liels, bet koku dimensijas mazas. Otrajai darba metodei ir priekšrocības lielāku un retāku koku zāgēšanā (Kalēja & Lazdiņš, 2014).

2013.-2014. gada sākuma izmēģinājumos no izkoptām jaunaudzēm pievesti 952 m³ biokurināmā. Pievešanas apstākļi bija ļoti labi un pievešanas ražīgums būtiski lielāks, nekā pirms tam, veicot pievešanu rudenī koptajās audzēs Skrīveru un Koksnes apkārtnē. Šie rezultāti norāda uz vēl vienu Bracke C16.b griezējgalvas un tai līdzīgo iekārtu, kas gatavo tikai biokurināmā sortimentu, priekšrocību – nav jāsteidzas ar apaļkoku izvešanu no audzes, bet var sagaidīt tam labāko laiku, būtiski samazinot zudumus un palielināt pievešanas ražīgumu. Vidējais kravas iekraušanai patērētais laiks bija 13,4 min., bet izkraušanai – 4,2 min. Kopā vienas kravas iekraušana un izkraušana aizņēma vidēji 27 min.

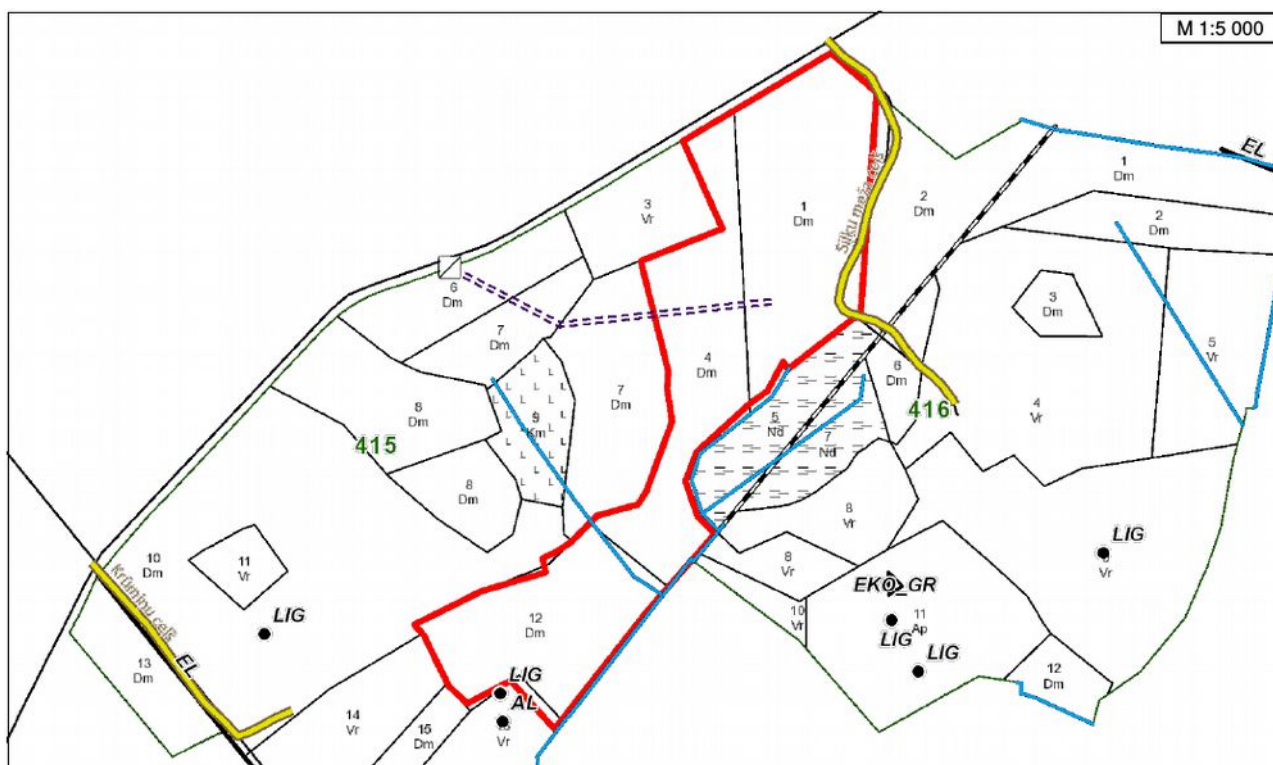
Strādājot ar tradicionālo atsevišķu koku kopšanas darba metodi, izmaksas uz 1 ber. m³ šķeldu pie vidējiem izmēģinājumos iegūtajiem nozāgēto koku caurmēra rādītājiem ir 10,14 EUR; Strādājot ar vienkāršo un komplekso shematiskās kopšanas darba metodi, izmaksas uz 1 ber. m³ šķeldu ir, attiecīgi, 11,84 EUR un 11,90 EUR. Izmaksu palielinājums, strādājot ar 2. un 3. darba metodi, saistīts ar vidēji par 1 cm mazāku vidējā koka caurmēru izmēģinājumos, kas saistīts ar lielāku nozāgēto pameža koku īpatsvaru.

Ieņēmumu un izdevumu analīze 2014. gada sākumā parādīja, ka visām darba metodēm ienākumi pārsniedz izdevumus, ja vidējā nozāgētā koka krūšaugstuma caurmērs nav mazāks par 8 cm. Komplekso shematisko kopšanu izdevīgāk pielietot biežās, nekoptās audzēs, savukārt, sleju izzāgēšanu (vienkāršā shematiskā kopšana) izdevīgāk veikt retākās lielu koku audzēs. Tradicionālā metode ir izdevīgāka dabiski atjaunojušās lapkoku audzēs, kur koki aug puduros un kopšanā jāizzāgē daļa no puduros augošajiem kokiem, līdz ar to sleju ierīkošana nav efektīva (Kalēja & Lazdiņš, 2014).

IZMĒĢINĀJUMU OBJEKTI UN DARBA METODIKA

Pētījumu objekti

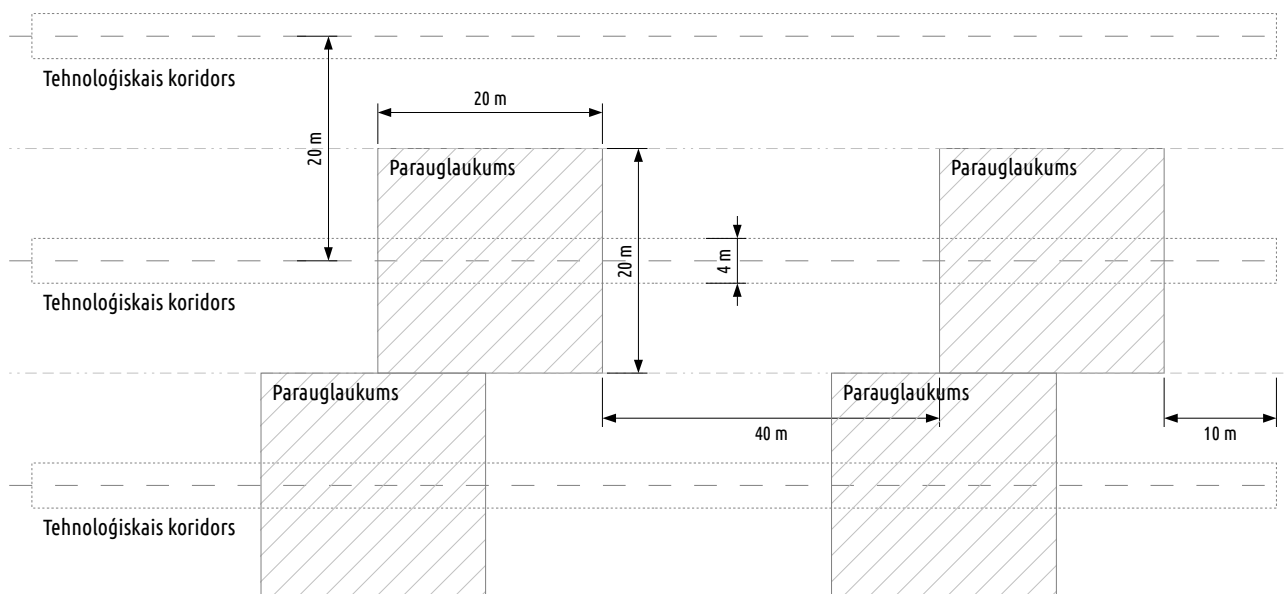
Izmēģinājumi veikti AS "Latvijas valsts meži" Zemgales mežsaimniecības Dobeles iecirkņa 406. kvartālu apgabala 415. kvartāla 1. un 4. nogabalā (Att. 1). Kopējā izcērtamā krāja, ieskaitot. 415. kvartāla, 12. nogabalu, kas nav iekļauts izmēģinājumos – 466,85 m³, vidējā koka tilpums – 0,06 m³, sugu sastāvs cismā – 1B1E6P1Bl. Pievešanas ceļa garums – 364,56 m.



Att. 1: Izmēģinājumu objektu shēma.

Taksācijas rādītāju noteikšana pēc audžu kopšanas

Audzū uzmērīšana veikta pēc kopšanas, lai noteiktu kopšanas kvalitāti un iegūtu datus nozāgēto koku raksturošanai. Taksācijas rādītāju noteikšanai audzēm pēc kopšanas ierīkoti taisnstūrveida parauglaukumi, kuru garums 20 m un platums – 20 m. Parauglaukumi izvietoti paralēli tehnoloģiskajiem koridoriem tā, lai to vidus ass sakristu ar slejas vidus asi, bet parauglaukumu malas sakristu ar slejas malu līnijām (Att. 2). Attālums starp parauglaukumiem atkarīgs no koridora garuma. Ja tehnoloģiskais koridors garāks par 160 m, tad parauglaukumi izvietoti ik pēc 40 m, ja īsāks, tad ik pēc 20 m. Visiem parauglaukumā esošajiem kokiem noteikta suga, ar dastmēru uzmērīts caurmērs 1,3 m augstumā virs sakņu kakla (ja tas lielāks par 4 cm), kā arī noteikts attālums no tehnoloģiskā koridora vidus ass līdz kokam. Augstuma noteikšanai izmantots jau pirms kopšanas izveidotais augstuma līknes vienādojums.



Att. 2: Parauglaukumu novietojuma shēma.

Operatoriem uzdots audzes izkopt līdz minimālajam šķērslaukumam. Tehnoloģiskie koridori apaļkoku pievešanai ierīkoti 20 m attālumā viens no otra.

Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums

John Deere 1070 harvesters ar Bracke C16.b griezējgalvu (Att. 3) izmantots lapkoku un skuju koku audzēs, kā arī mistraudzēs. Hidraulikas darba spiediens 24/28 MPa, strēles izlice 10 m, dzinēja jauda 182 zirgspēki (136 kW). Garums – 6,82 m, platums 2,96 m, pašmasa 15,5 tonnas. Degvielas patēriņš – vidēji 11 L stundā.



Att. 3: John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.

Darba metodes

Kopšanā izmantota tradicionālā darba metode individuālu koku izkopšanai, kad vispirms paralēli tehnoloģiskajam koridoram abās pusēs no harvestera izzāgē slejas, kurās novieto savāktos kokus, katru sleju cenšas veidot ne vairāk kā divos darba ciklos, attālums starp slejām aptuveni 5 m (atkarībā no audzes biežības). Pēc sleju izzāgēšanas izkopj atlikušo audzes daļu starp slejām.

Darba laika uzskaitē

Pētījuma ietvaros veikta kopšanas darba laika uzskaitē, izmantojot specializētu triecienu un mitruma izturīgu laukdatoru Allegro CX (Att. 4), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI.



Att. 4: Hronometrāzā izmantotais laukdators Allegro CX.

Darba laika uzskaitē nav atsevišķi uzskaitīts degvielas patēriņš, pieņemot ražotāja dotos vidējos rādītājus. Harvesteru darba laiks iespēju robežās pielāgots motorstundu uzskaitē, t.i. pēc dzinēja noslāpēšanas darba laika uzskaitē aptur un atsāk tad, kad dzinējs tiek atkal iedarbināts. Iespējamā efektīvā darba laika īpatsvara pārspilēšana, izmantojot šādu pieeju, tiek risināta, pašmaksas aprēķinos pieņemot, ka dzinējs ir iedarbināts 85 % no operatora darba laika, t.i., ja darba diena ir 10 stundas, tad pieņemtais motorstundu skaits ir 8,5.

Izstrādes darba laika uzskaitē veikta 1 maiņā, dienas gaišajā laikā. Maiņas ilgums – 6-8 stundas. Operatori strādāja 3-4 maiņās. Darba laika patēriņš noteikts katram krāna ciklam atsevišķi, fiksējot satverto koku vidējo caurmēru (zāģējuma augstumā pēc acumēra) un skaitu. Darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 1.

Tab. 1: Izstrādes darba laika uzskaites elementi

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	obs	darba laika uzskaites cikla numurs
	d	satverto koku vidējais caurmērs $d_{1,3}$, mm
	skaits	satverto koku skaits, gab.
	pus	nozāģētie pusstumbri

Darba laika kategorija	Saisinājums	Skaidrojums
	piezīmes	dažādas piezīmes, tajā skaitā par pārtraukumiem, pārbraucieniem, koridora maiņu un taml.
Produktīvais darba laiks	sniedz	sniegšanās pēc koka
	satver	koka satveršanas laiks
	zage	koka nozāģēšana
	noliek	stumbra pievilksana un novietošana sortimentu kaudzē
	pamezs	pameža zāģēšana
	parzag	koku pārzāģēšana
	iebrauc	patērētais laiks iebraucot
	izbrauc	patērētais laiks izbraucot
	citas	citas nestandarta operācijas, t.sk. pameža zāģēšana un mašīnas apkope
Neproduktīvais darba laiks	stop	ar darbu nesaistītas darbības

Laika apstākļi izmēginājumu laikā

Gaisa temperatūra kopšanas izmēginājumu laikā dienā bija 9-13 °C, naktī – 0-6 °C. 29. oktobrī novēroti nelieli nokrišņi (2 mm dienas laikā). Vēja ātrums izmēginājumu laikā bija vidēji 2 m sekundē. 30. un 31. oktobra rītā bija migla¹, kas nedaudz apgrūtināja darbu. Kopumā darba apstākļi bij ļoti labi.

Biomases un krājas aprēķini

Mežaudzes krājas aprēķināšanai izmantota profesora I. Liepas izstrādāto aprēķina modeli, kur krāja aprēķināta katram koka stumbam individuāli (Liepa, 1996). Aprēķinos izmantots koka augstums un krūšaugstuma caurmērs.

Lai metodi varētu pielietot, nepieciešams zināt koka augstumu (H) un krūšaugstuma caurmēru (D_{1.3}). Aprēķinos izmantotā formula:

$$V = \Psi * L^{\alpha} * D^{\beta * \lg(L) + \phi}, \text{ kur}$$

V – krāja (m³);
 D – caurmērs 1,3 m augstumā (cm);
 L – stumbra garums (m);
 $\Psi, \alpha, \beta, \phi$ – koku sugai raksturīgi aprēķina koeficienti.

Koku sugai atbilstoši pārrēķina koeficienti doti Tab. 2

Tab. 2: Pārrēķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai

Koku suga	Ψ	α	β	ϕ
Priede	1,6541*10 ⁻⁴	0,56582	0,25924	1,59689
Egle	2,3106*10 ⁻⁴	0,78193	0,34175	1,18811
Bērzs	0,9090*10 ⁻⁴	0,71677	0,16692	1,75701
Apse, blīgzna	0,5020*10 ⁻⁴	0,92625	0,02221	1,95538
Melnalksnis	0,7950*10 ⁻⁴	0,77095	0,13505	1,80715
Baltalksnis	0,7450*10 ⁻⁴	0,81295	0,06935	1,85346
Osis, goba, viksna, kļava	0,8530*10 ⁻⁴	0,73077	0,0682	1,91124

¹ Avots - <http://www.wunderground.com/history/airport/EVRA/2014/10/28/WeeklyHistory.html?MR=1>

Audzēs koku virszemes biomasas aprēķināšanai izmantots biomasas aprēķina vienādojums:

$$\text{Virszemes biomasas (kg)} = x * D^y, \text{ kur}$$

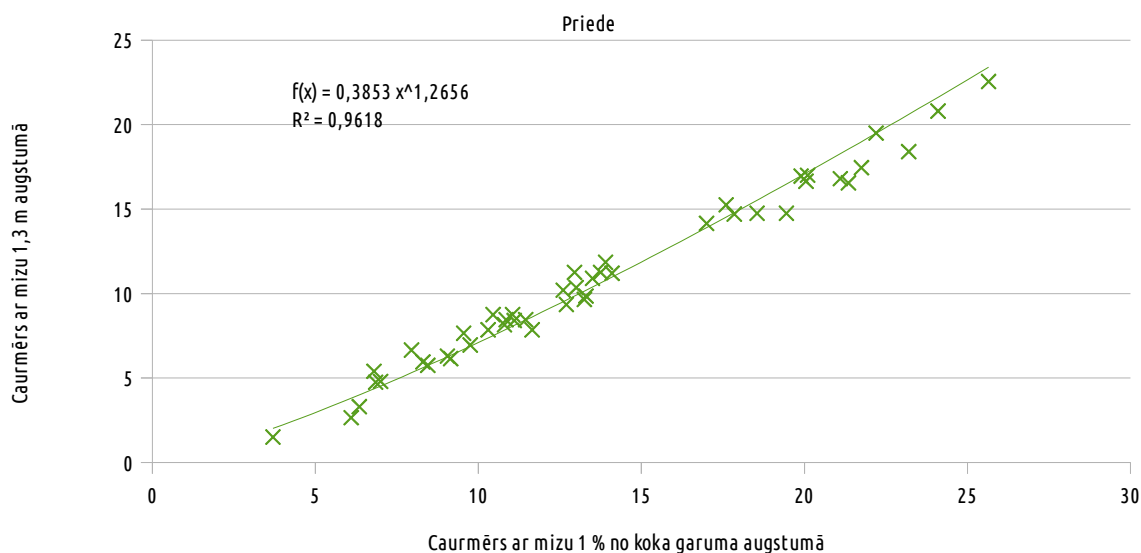
$$D - \text{caurmērs 1,3 m augstumā (cm)}.$$

X un Y pārrēķina koeficienti doti Tab. 3.

Tab. 3: Pārrēķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai (Lazdiņš *et al.*, 2013)

Koku suga	x	y
Egle	0,0002	2,3519
Priede	0,00007	2,5639
Apse	0,00006	2,6631
Bērzs	0,00006	2,724

Darba laika uzskaites laikā mērīts celma caurmērs zāgējuma vietā. Aprēķinos pieņemts, ka zāgējuma vieta atbilst 1 % no koka stumbra garuma un krūšaugstuma caurmēra aprēķiniem izmantots atbilstošs vienādojums (Att. 5).



Att. 5: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra aprēķināšanai (Lazdiņš *et al.*, 2013).

Bojājumu uzskaitē

Bojājumi uzskatīti tikai parauglaukumos esošajiem kokiem, kuru krūšaugstuma caurmērs lielāks par 4 cm. Tika nodalīti 4 veidu bojājumi: stumbra bojājumi līdz 0,5 m virs zemes, no 0,5 m uz augšu, iezāgējums un sakņu bojājums. Par bojājumu tika uzskatīts mizas nobrāzums gan stumbram, gan saknei (sakne atrodas ne vairāk kā 70 cm attālumā no koka un saknes caurmērs vismaz 2 cm), ja kokam atsegtās koksnes laukums bija lielāks par 15 cm², iezāgējums bija vismaz 10 % no bojājuma vietā esošā caurmēra. Bojājumu uzskaitē tika veikta atsevišķi pēc audzes kopšanas un kokmateriālu pievešanas, pēc audzes kopšanas bojājumus atzīmējot un galīgo uzskaiti un koku uzmērīšanu veicot pēc kokmateriālu pievešanas.

DARBA REZULTĀTI

Mežaudžu raksturojums

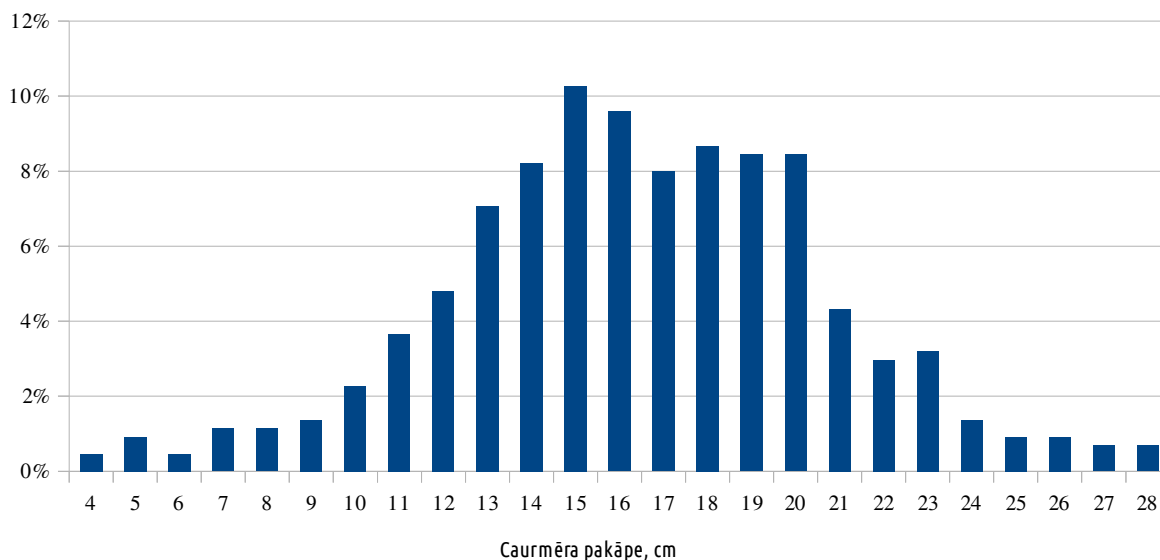
Mežaudžu uzmērīšana veikta pēc kopšanas darbu izpildes, vienlaicīgi novērtējot kopšanas kvalitāti un mežaudzes taksācijas rādītājus. Mērījumi veikti katram tehnoloģiskajam koridoram atsevišķi (Tab. 4).

Kopējā izkoptā platība ir 1,4 ha, kopējais izkopto sleju garums – 853 m, vidēji 1 sleja ir 170 m gara. Paliekošās audzes vidējā koka caurmērs ir 16 cm, augstums – 17 m, šķērslaukums – 18 m² ha⁻¹. Paliekošais šķērslaukums atbilst Ministru Kabineta noteikumu Nr. 935 1. pielikuma prasībām priežu audzēs, taču nav saglabāta rezerve bojāto koku šķērslaukuma kompensēšanai.

Tab. 4: Izkoptās audzes raksturojums

Objekts	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H apr. m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Slejas platība, ha
4	833	17	17	21	87	174	0,4
7	683	17	17	17	75	145	0,3
8	775	15	16	14	49	112	0,4
10	917	15	17	18	77	155	0,3
Visas slejas	798	16	17	18	73	147	1,4

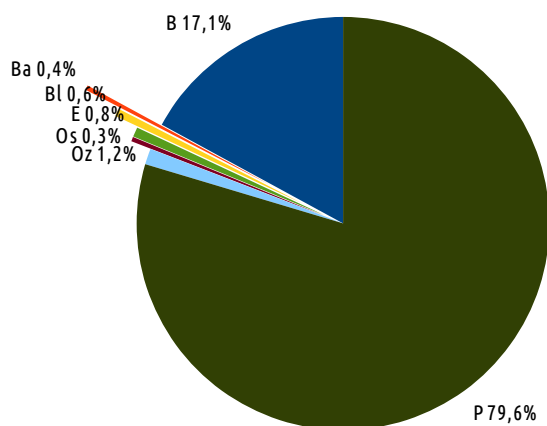
Lielākā daļa koku audzē ir 13-20 cm resni; par 10,1 cm tievāko koku īpatsvars pēc kopšanas ir 8 %; par 20 cm resnāku koku īpatsvars audzē pēc kopšanas ir 15 % (Att. 6).



Att. 6: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs.

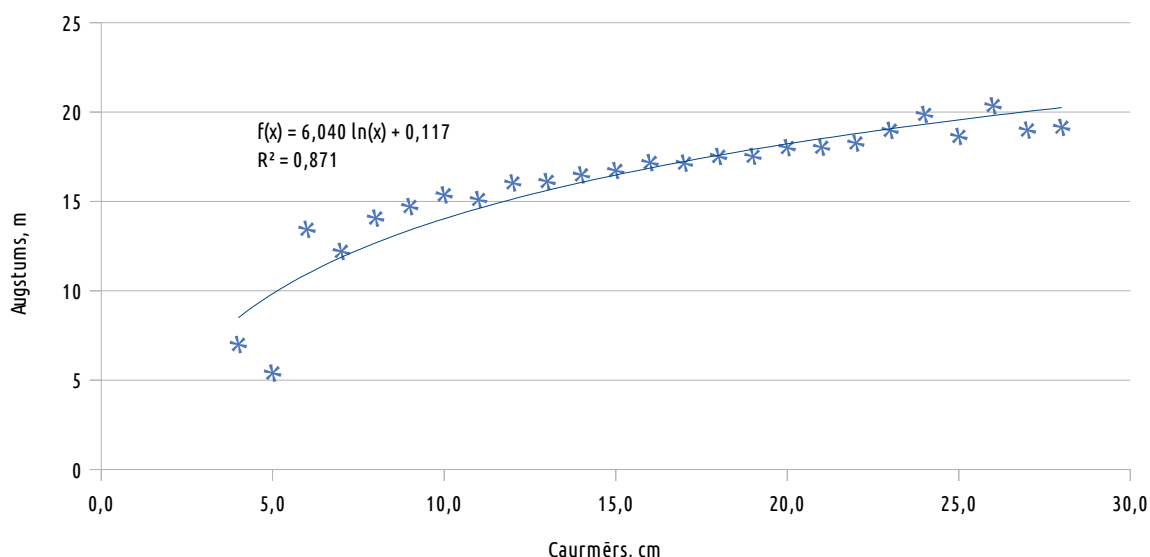
Lielāko daļu krājas (80 %) izkoptajā audzē veido priede; salīdzinoši daudz (17 %) saglabāts bērzs (Att. 7), taču bērzs nav nozāgēts, galvenokārt, tajās vietās, kur priede nav ieaugusi vai

kopšanas laikā jau ir nomākta un augšanas gaitā būtiski atpalikusi vai nokaltusi. Attiecīgi, bērza saglabāšana nav uzskatāma par nekvalitatīvu priežu audzes izkopšanu.

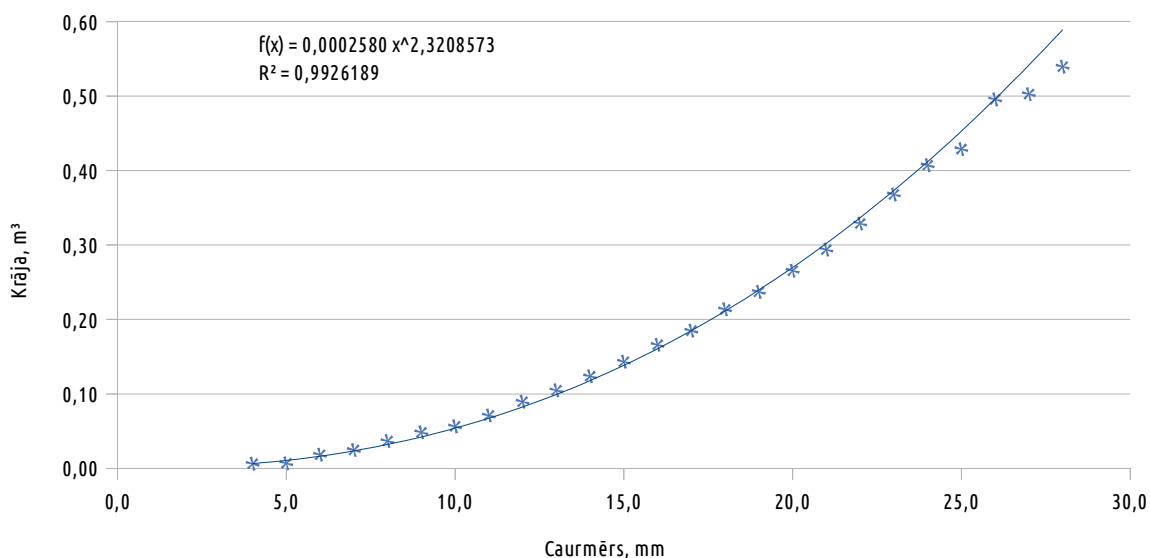


Att. 7: Krājas sadalījums izkoptajā audzē.

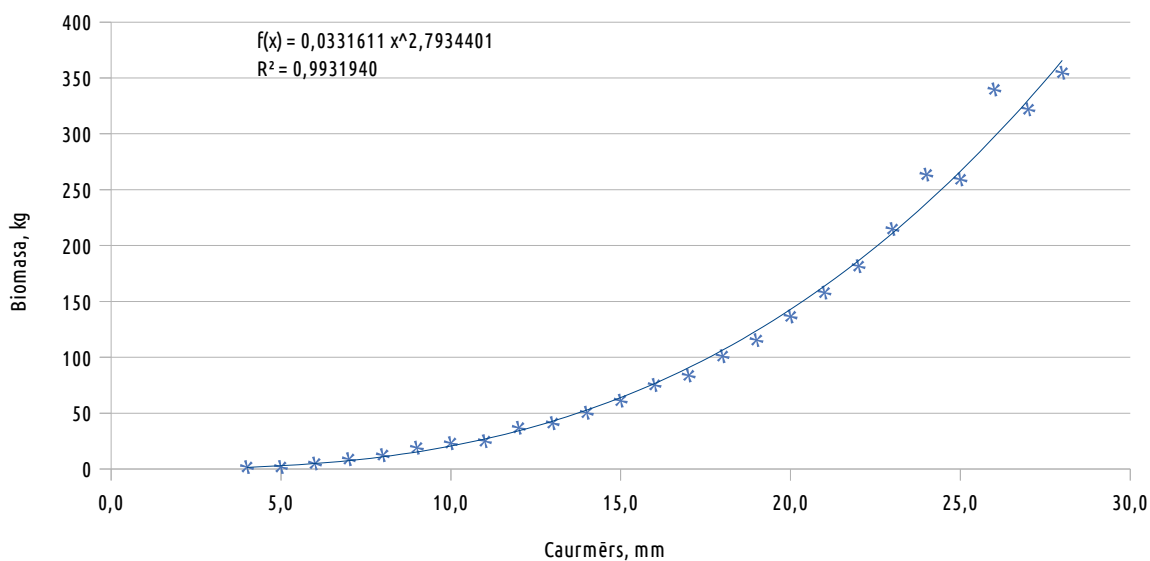
Izmantojot mērījumu datus, izstrādāti regresijas vienādojumi kopšanā nozāgēto koku raksturošanai un krājas aprēķiniem. Zāgēšanas laikā nav noteikta koku suga, tāpēc nozāgēto koku raksturošanai izmantoti regresijas vienādojumi, ko veido visi parauglaukumos uzņēmītie koki. Koku augstuma aprēķināšanai sagatavots logaritmiskās regresijas vienādojums (Att. 8), bet krājas un biomasas raksturošanai izveidoti pakāpes vienādojumi, kas parādīti, attiecīgi, Att. 8 un Att. 9.



Att. 8: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai.



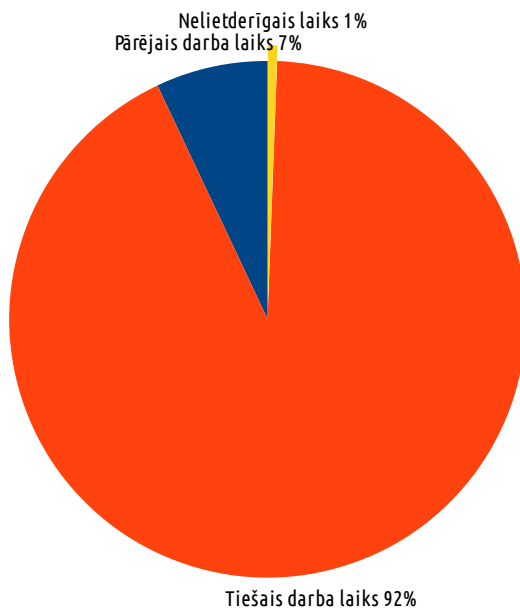
Att. 9: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stumbra krājas sakarības raksturošanai.



Att. 10: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai.

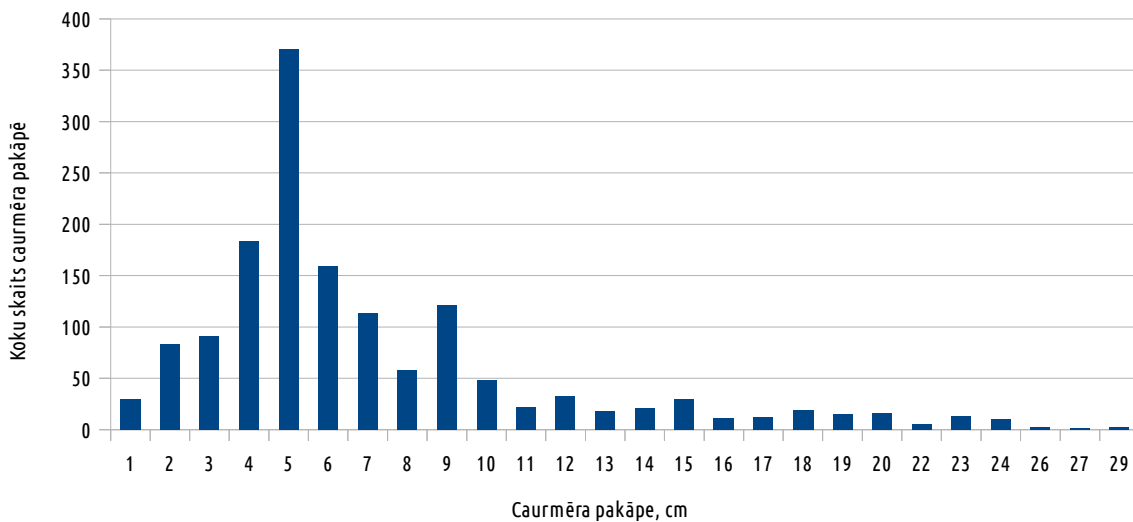
Izstrādes darba ražīgums

Darba laika uzskaitē veikta 4 dienas (32 stundas), no kurām faktiski nostrādātas 20 stundas. Lielākā daļa nostrādātā laika izmantota kokmateriālu sagatavošanai (Att. 11); iebraukšana un izbraukšana no audzes, kā arī darba cikli, kas nenoslēdzās ar kokmateriālu sagatavošanu, ir 7 % no kopējā nostrādātā laika.



Att. 11: Nostrādātā laika sadalījums.

Kopšanas laikā zāģēti lielākoties par 8 cm tievāki koki (Att. 12), kuru īpatsvars no kopējā nozāģēto koku skaita ir 69 %, bet krāja – tikai 18 % no sagatavotajiem kokmateriāliem. Ņemot vērā, ka valdaudzes koku augstums pēc kopšanas ir 17 m, atpalikušo, līdz 10 m augsto koku un krūmu zāģēšana ir nelietderīga un to vajag maksimāli ierobežot, lai palielinātu ražīgumu.



Att. 12: Ar John Deere 1070 D nozāģēto koku īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.

Darba laika uzskaites kopsavilkums centiminūtēs sadalījumā pa tehnoloģiskajiem koridoriem dots Tab. 6; bet Tab. 7 apkopota informācija par sagatavotajiem kokmateriāliem. Kopā izmēģinājumos sagatavoti kokmateriāli, kas atbilst 167 ber. m³ šķeldu (vidēji 93 ber. m³ ha⁻¹). Vidējā nozāģētā koka caurmērs ir 9 cm (par 47 % mazāks, nekā paliekošās audzes koku caurmērs). Kopšana veikta, izzāģējot mazākos un augšanā atpalikušos kokus.

Ekonomiski izdevīgāk būtu izretināt valdaudzes kokus, iespēju robežās saglabājot par 10 m mazākos kokus, kas netraucē valdaudzes koku attīstībai. Ja operatori zāgētu tikai kokus, kas augstāki par 10 m, sagatavotā biokurināmā apjoms samazinātos par 2 %, bet kopšanai patērētais tiešais darba laiks samazinātos par 29 %, attiecīgi, gandrīz par trešdaļu samazinātos kokmateriālu sagatavošanas tiešās izmaksas.

Vidēji 1 ber. m³ kokmateriālu sagatavošanai patērētas 310 sekundes tiešā darba laika (320 sekundes efektīvā darba laika, Tab. 8). Ja pieņem, ka efektīvais laiks ir 85 % no plānotā darba laika, vidēji 1 ber. m³ sagatavošanai harvesters patērē 376 sekundes plānotā darba laika.

Vidēji efektīvā darba stundā harvesters sagatavoja 11,2 ber. m³ biokurināmā (Tab. 5), attiecīgi, ja harvestera motorstundas izmaksas ir 80 EUR, 1 ber. m³ sagatavošana izmaksā 7,14 EUR.

Tab. 5: Darba ražības kopsavilkums (ber. m³ stundā)

Koridora Nr.	Tiešais darba laiks	Efektīvais darba laiks	Kopējais darba laiks	Modelētais kopējais darba laiks ²
4	10,7	10,1	9,9	8,6
7	8,4	8,0	8,0	6,8
8	11,1	9,8	9,8	8,4
10	11,4	11,3	11,3	9,6
11	17,6	17,6	17,6	14,9
Vidēji	11,6	11,2	11,2	9,6

² Pieņemot, ka efektīvais darba laiks ir 85 % no plānotā darba laika.

Tab. 6: Darba laika uzskaites kopsavilkums sadalījumā pa tehnoloģiskajiem koridoriem (centiminūtēs)

Koridora Nr.	Novēroju mu skaits	Koku skaits ciklā	Kopējais nostrādātais laiks											Kopējais koku skaits	Kopējais darba laiks	Efektīvais darba laiks	Tiešais darba laiks	
			Efektīvais darba laiks										nedarbi					
			Tiešais darba laiks									iebrauc audzē						izbrauc no audzes
			sniedzas	satver	zāgē	noliek	zāgē pamežu	pārzāgē kokus	klāj ceļu	brauc audzē	citi darbi							
4	239	1,83	3062	1617	2904	5638	3519	7815		2507	781	739	517	609	433	29708	29099	27469
7	217	1,47	2298	934	1926	3441	7872	6837		1555	2276	302	486	41	284	27968	27927	23829
8	50	1,2	497	223	549	669	641	1826		514	839	22	812		53	6592	6592	5241
10	248	1,96	4671	1476	1835	5255	9760	7490	402	1792	435	228			471	33344	33344	32199
11	167	1,47	2454	692	1055	3704	5138	5657		940	141			59	245	19840	19781	19781
Kopā	921	1,69	12982	4942	8269	18707	26930	29625	402	7308	4472	1291	1815	709	1486	117452	116743	108519

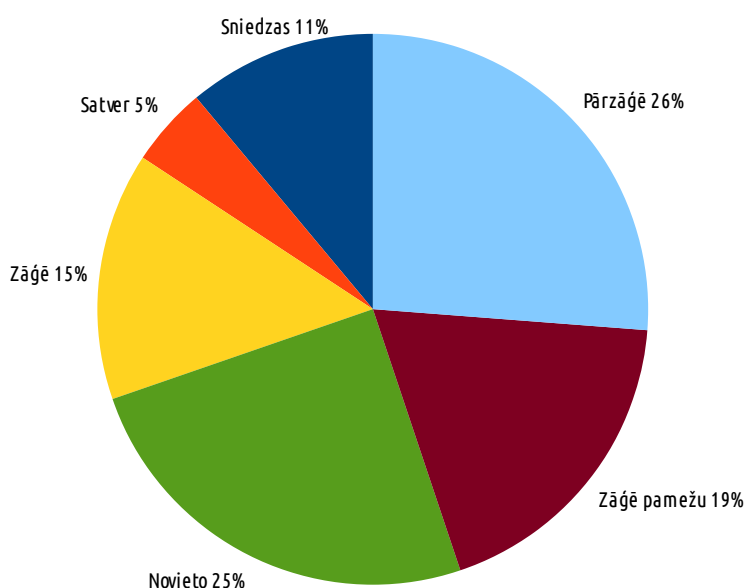
Tab. 7: Nozāgēto koku un koridoru raksturojums

Koridora Nr.	Koku augstums, m	D _{1,3l} , cm	Vidējā koka biomasa, kg	Koka stumbra tilpums, m ³	Biomasa kopā, kg	Šķeldas kopā, ber. m ³	Šķeldas kopā, ber. m ³ ha ⁻¹	Krāja kopā, m ³
4	12	9	27	0,059	6 650	40	100	15
7	12	9	22	0,052	4 840	29	97	12
8	14	10	34	0,074	1 562	9	23	3
10	12	8	26	0,056	7 003	42	140	16
11	13	10	45	0,091	7 830	47	118	16
Visi koridori	12	9	30	0,063	27 885	167	93	62

Tab. 8: Vidējie darba laika patēriņa patēriņa rādītāji 1 ber. m³ sagatavošanai (sekundēs)

Koridora Nr.	Sniedzas	Satver	Zāgē	Noliek	Pamežs	Pārzāgē	Klāj TK	Pārvietojas pa cirsnu	Iebrauc	Izbrauc	Cits	Stop	Efektīvais darba laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais darba laiks
4	35,6	18,6	37,7	66,2	36,1	104,4	0,0	30,3	11,3	7,9	8,1	8,3	356,3	364,6	337,0
7	39,7	15,1	36,2	59,3	98,0	114,7	0,0	24,4	6,4	10,3	43,3	0,9	447,5	448,3	430,8
8	30,1	13,8	34,3	40,9	28,6	95,4	0,0	28,6	1,4	39,8	52,7	0,0	365,6	365,6	324,4
10	42,2	13,7	16,4	53,7	83,3	77,2	5,6	17,4	3,4	0,0	5,0	0,0	317,9	317,9	314,5
11	25,1	7,2	11,6	40,1	49,1	61,6	0,0	9,1	0,0	0,0	1,2	0,0	204,9	204,9	204,9
Vidēji	34,6	13,3	24,6	53,1	61,7	86,9	1,4	20,0	4,7	6,0	14,1	2,1	320,3	322,5	309,6

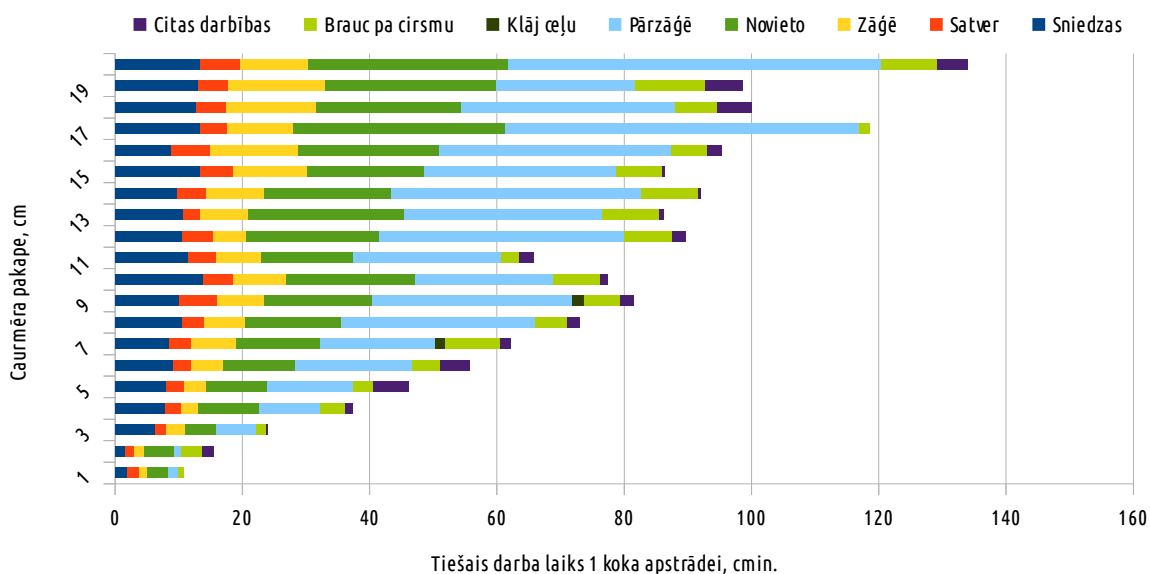
Visvairāk tiešā darba laika patērēts garāko koku pārzāgēšanai (Att. 13). No kopējā koku skaita 62 % ir garāki par 9 m, attiecīgi to pievešana no audzes bez pārzāgēšanas nav iespējama. Daudz laika patērēts arī koku novietošanai gar tehnoloģisko koridoru malām (25 % tiešā darba laika). Arī šeit būtisks darba laika patēriņa pieaugums saistīts ar lielajām nozāgēto koku dimensijām. Daļēji lietderīgs ir tiešā darba laika patēriņš pameža zāgēšanai (sīko koku un krūmu izpļaušana, negatavojot kokmateriālus). Pameža zāgēšanas laiks ir maksimāli jāsamazina, izpļaujot tikai tos kokus un krūmus, kas apgrūtina harvestera darbu, tajā skaitā redzamību, bet saglabājot pameža kokus un krūmus uz tehnoloģiskajiem koridoriem, kā arī vietās, kur tie netraucē kopšanu.



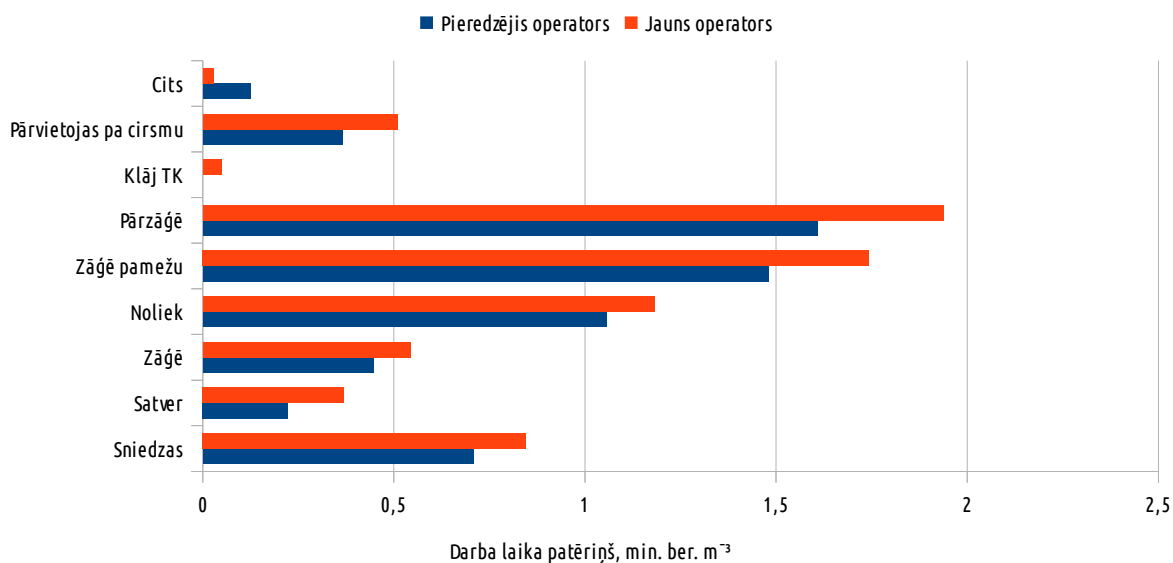
Att. 13: Tiešā darba laika sadalījums.

Palielinoties nozāgējamo koku dimensijām, pieaug visu darba laika elementu ilgums 1 koka apstrādei. Vislielāko ietekmi uz darba laika patēriņa pieaugumu rada lielāko koku pārzāgēšana un novietošana (Att. 14).

Salīdzinot abus izmēģinājumos iesaistītos operatorus, konstatēts, ka pieredzējušais operators sasniedz labākus ražīguma rādītājus (6,0 min. tiešā darba laika 1 ber. m³ sagatavošanai, salīdzinot ar 7,2 min.). Pieredzējušais operators visas operācijas veic ātrāk, tomēr lielāko ietekmi uz ražīgumu rada ātrāka koku pārzāgēšana, mazāks laika patēriņš pameža zāgēšanai un pārbraucieniem pa audzi (Att. 15).

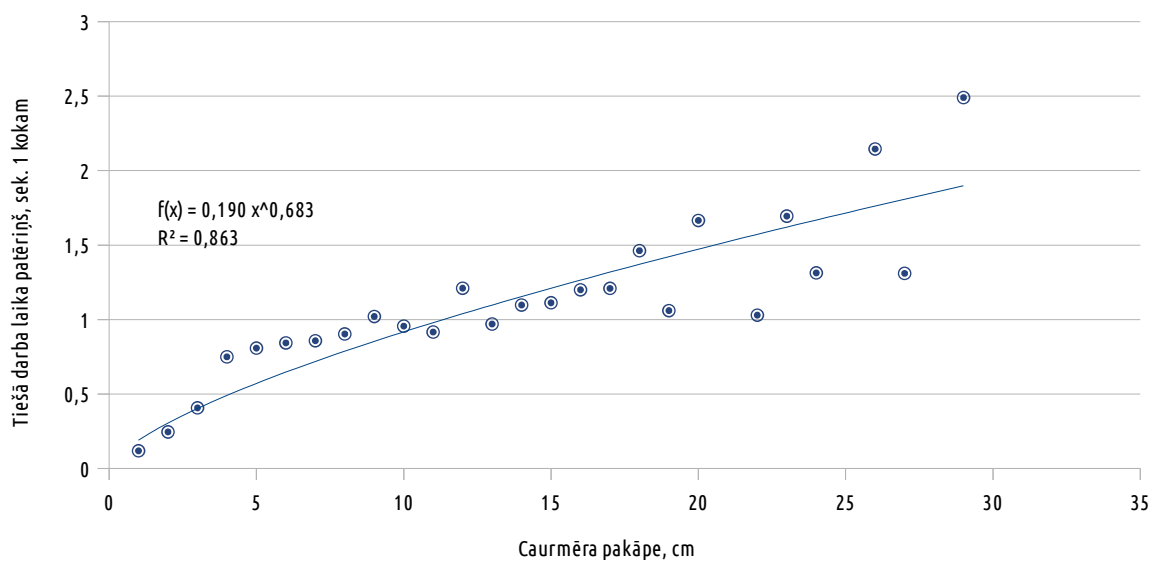


Att. 14: Tiešā darba laika sadalījums atkarībā no zāgējamā koka caurmēra.

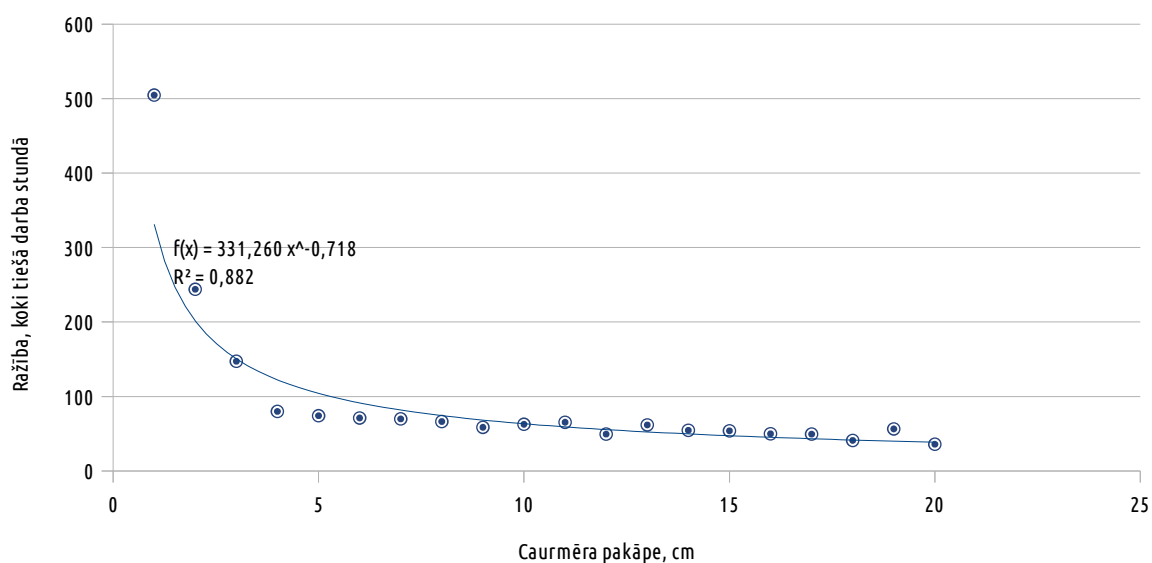


Att. 15: Tiešā darba laika sadalījums atkarībā no zāgējamā koka caurmēra.

Tiešā darba laika patēriņu 1 koka apstrādei izmēģinājumos raksturo pakāpes vienādojums (Att. 16). Stundā tiešā darba laika nozāgējamo koku skaitu būtiski ietekmē zāgējamo koku caurmērs – pieaugot caurmēram no 1-5 cm, stundas laikā nozāgējamo koku skaits samazinās vairāk nekā 6 reizes, bet, zāgējot par 5 cm resnākus kokus, stundas laikā apstrādājamo koku skaits samazinās lēnāk (Att. 17). Ja vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir 8 cm, stundā tiešā darba laika var apstrādāt 67 kokus, attiecīgi, vismaz 2 reizes mazāk, nekā atbilstoši Zviedrijā rekomendētajām produktivitātes normām (Lazdiņš & Thor, 2009).



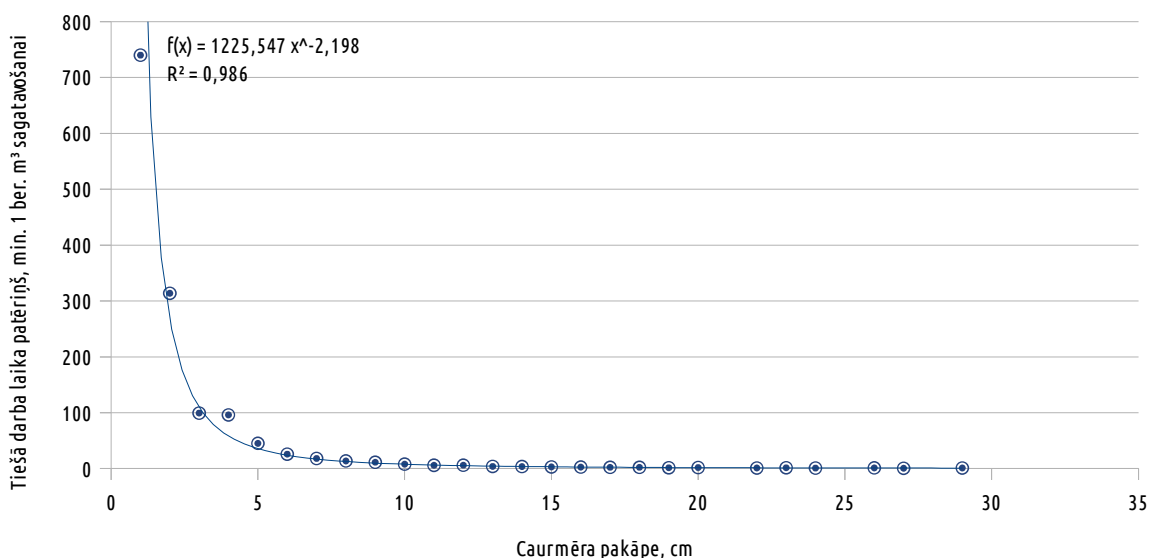
Att. 16: Tiešā darba laika patēriņa 1 koka apstrādei un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.



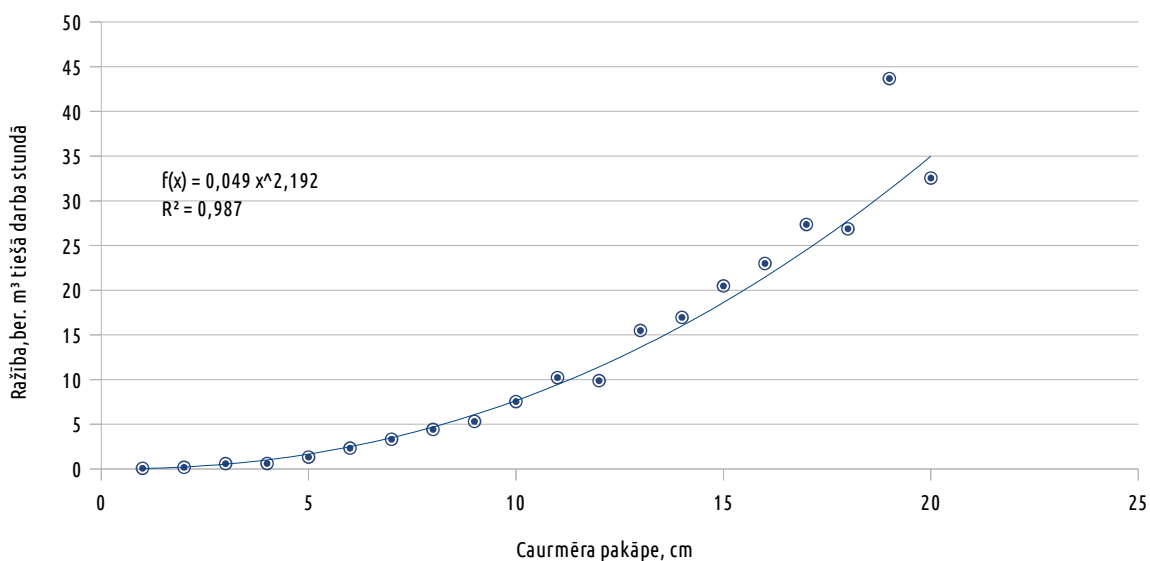
Att. 17: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.

Viena berkubikmetra kurināmā sagatavošanai nepieciešamais tiešā darba laiks ir no 740 minūtēm, zāgējot 1 cm resnus kokus, līdz mazāk nekā 1 minūtei, zāgējot vismaz 24 cm resnus kokus. Ražīguma izmaiņas atkarībā no zāgējamo koku caurmēra raksturo pakāpes vienādojums (Att. 18).

Harvestera ražīgums pieaug, palielinoties zāgējamo koku caurmēram. Harvestera ražīguma izmaiņas, atkarībā no koku caurmēra, raksturo pakāpes vienādojums (Att. 19).

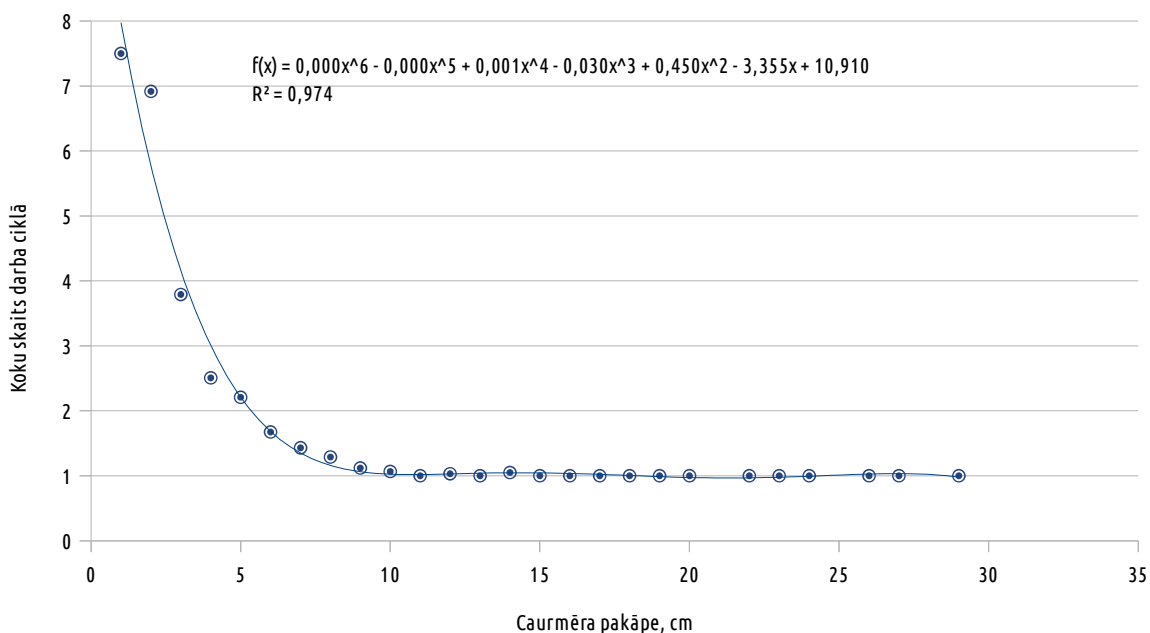


Att. 18: Tiešā darba laika patēriņa 1 ber. m³ sagatavošanai un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.



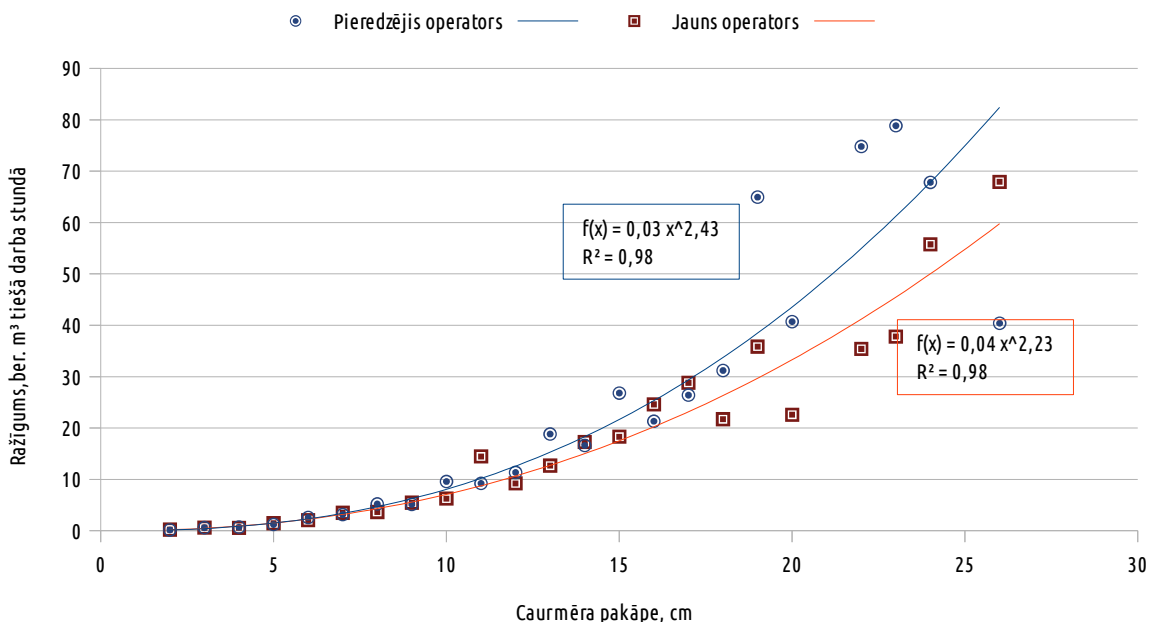
Att. 19: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.

Viens no svarīgākajiem rādītājiem, kas nosaka harvestera ražīgumu, ir darba ciklā apstrādājamo koku skaits. Pētījumā konstatēts, ka, zāgējot kokus, kas resnāki par 10 cm, vidēji darba ciklā apstrādā tikai 1 koku. Darba ciklā apstrādājamo koku skaitu 1-20 cm resniem kokiem vislabāk raksturo 6. kārtas polinoma vienādojums (Att. 20), taču var izmantot pakāpes vienādojumu par 10,1 cm tievākiem kokiem un pieņemt, ka resnākajiem kokiem vidējais apstrādājamo koku skaits ir viens.



Att. 20: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.

Pieredzējis operators straujāk palielina ražīgumu, pieaugot zāgējamo koku dimensijām (Att. 21).

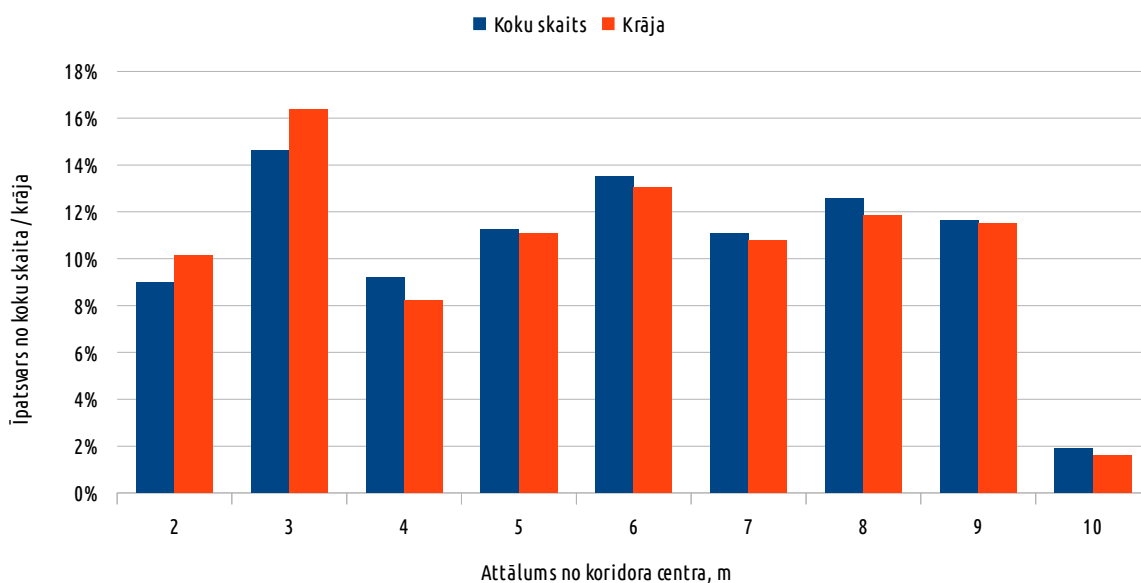


Att. 21: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāgējamā koka caurmēra sakarības salīdzinājums abiem operatoriem.

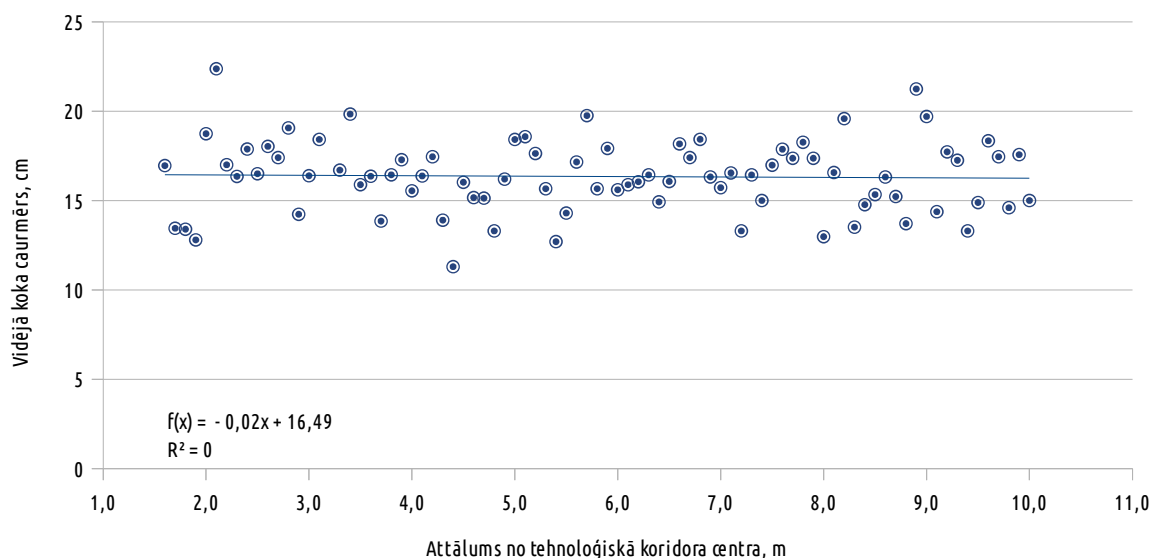
Kopšanas kvalitāte

Attālums starp slejām izmēģinājumos ir 18-20 m, vidējā paliekošā koka attālums no slejas centra ir vidēji 6 m. Koku izvietojums, tajā skaitā, pārrēķinot uz krāju, ir vienmērīgs (Att. 22).

Desmit metru attālumā no centra esošo koku skaits strauji samazinās, taču tas saistīts ar sleju izvietojumu – vietām attālums starp slejām ir mazāks par 20 m, tāpēc arī koku skaits, kas atrodas 9-10 m attālumā no slejas centra ir būtiski mazāks. Vienmērīgais koku izvietojums uzskatāmi demonstrēts arī Att. 23, kur redzams, ka tālāk no slejas centra vidējā koka caurmērs nepalielinās, neskatoties uz to, ka harvesteram bija grūtības aizniegt un apstrādāt tālāk no ceļa augošos resnākos kokus. Lai aizniegtu šos kokus, harvesteru operatoriem vajadzēja manevrēt un veidot tehnoloģiskajos koridoros “kabatas”.



Att. 22: Atstāto koku skaita un krājas izvietojums slejā.



Att. 23: Atstāto koku caurmēra un attāluma no slejas centra sakarība.

Kopā izmēģinājumu platībā bojāti 7,2 % no paliekošajiem kokiem. Lielāko daļu bojājumu radījis harvesteris (97 %). Raksturīgākais bojājumu veids (79 %) ir mizas nobrāzums augstāk par 0,5 m

no sakņu kakla (Tab. 9). Harvesters un pievedējtraktors vienādi bojājuši gan tehnoloģiskā koridora tuvumā, gan tālāk no tā atstātos kokus.

Lielais bojāto koku īpatsvars skaidrojams ar zāgējamo koku dimensijām un lielu audzes sākotnējo biežību. Iespējams, ka bojāto koku skaitu var samazināt, izvairoties zāgēt pameža kokus un krūmus, kas amortizē strēles kustību. Izvaišanās no mazo kociņu un krūmu izstrādes, ļauj samazināt zāgēšanas ciklu skaitu, attiecīgi, arī strēles manevrus un bojājumu radīšanas iespējas.

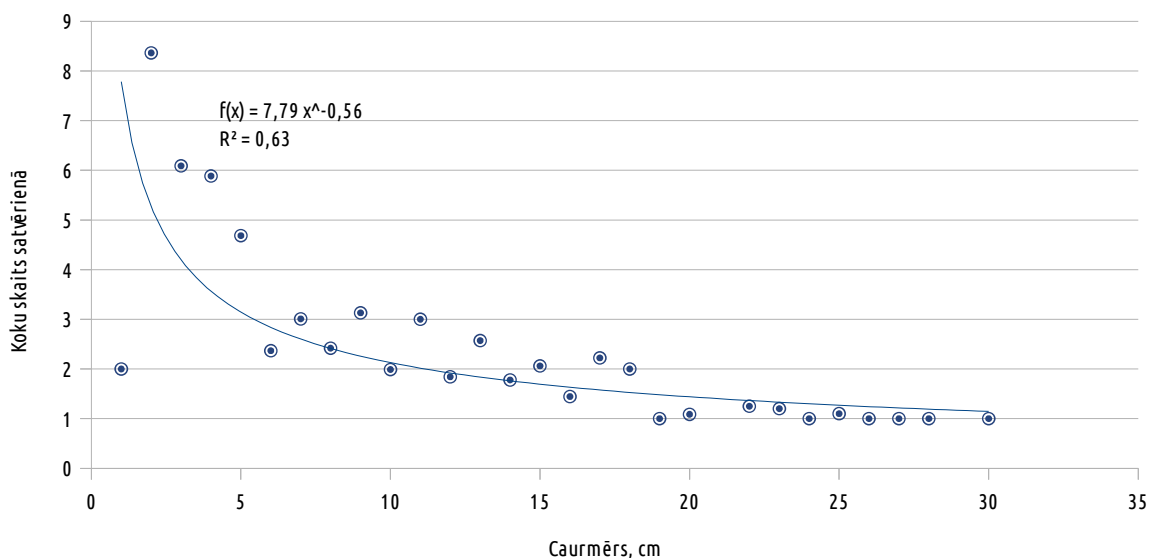
Tab. 9: Bojājumu raksturojums

Bojājumu iemesls	Attālums no centra, m	Bojāto koku skaits, gab. ha ⁻¹			Bojāto koku īpatsvars	Vidējais bojātais koks		Bojāto koku krāja		Bojāto koku šķērslaukums	
		bojājums virs 0,5 m	bojājums zem 0,5 m	sakņu bojājums		D, cm	H, m	m ³ ha ⁻¹	īpatsvars	m ² ha ⁻¹	īpatsvars
Pievedējtraktors	5,3	2	0	0	0,2%	13	16	0,2	0,1%	0,0	0,1%
Harvesters	6,0	44	10	2	7,0%	18	17	11	7,4%	1,3	7,5%
Kopā	6,0	46	10	2	7,2%	17	17	11	7,6%	1,3	7,6%

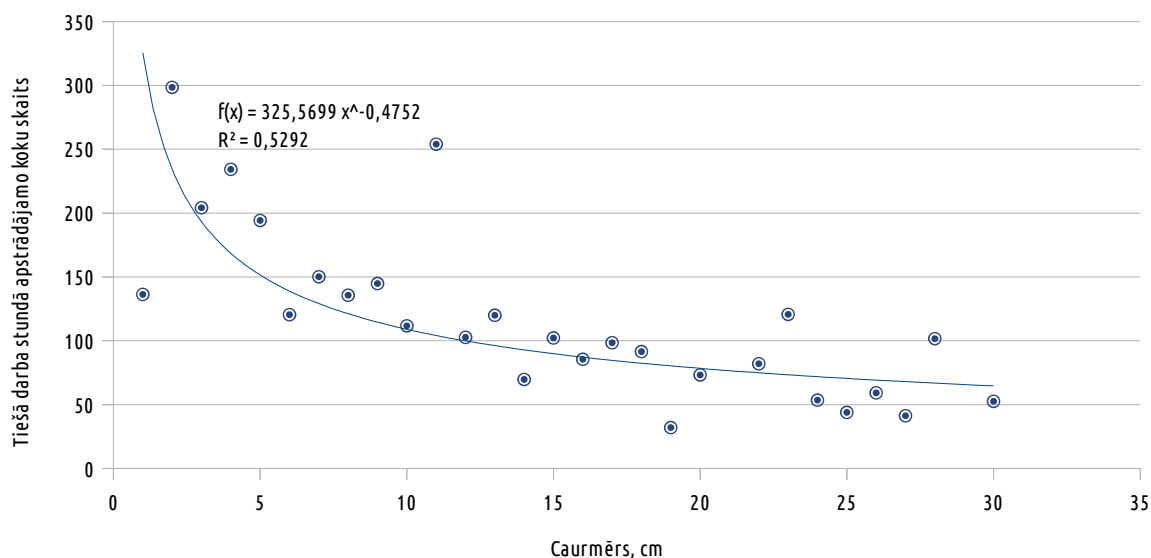
Ražības rādītāju salīdzinājums

Bracke griezējgalvas izmēģinājumi skujkoku audžu kopšanā veikti no 2013. gada 27. novembra līdz 2014. gada 28. janvārim Ērgļu apkārtnē. Koku skaitu darba ciklā šajos izmēģinājumos raksturoja pakāpes vienādojums (Att. 24). Vairāk par 1 koku darba ciklā vidēji apstrādāja, ja koka caurmērs nepārsniedza 15 cm (Kalēja & Lazdiņš, 2014). 2014. gada oktobra izmēģinājumos vairāk par 1 koku apstrādāja tikai tad, ja koka caurmērs ir mazāks par 10 cm.

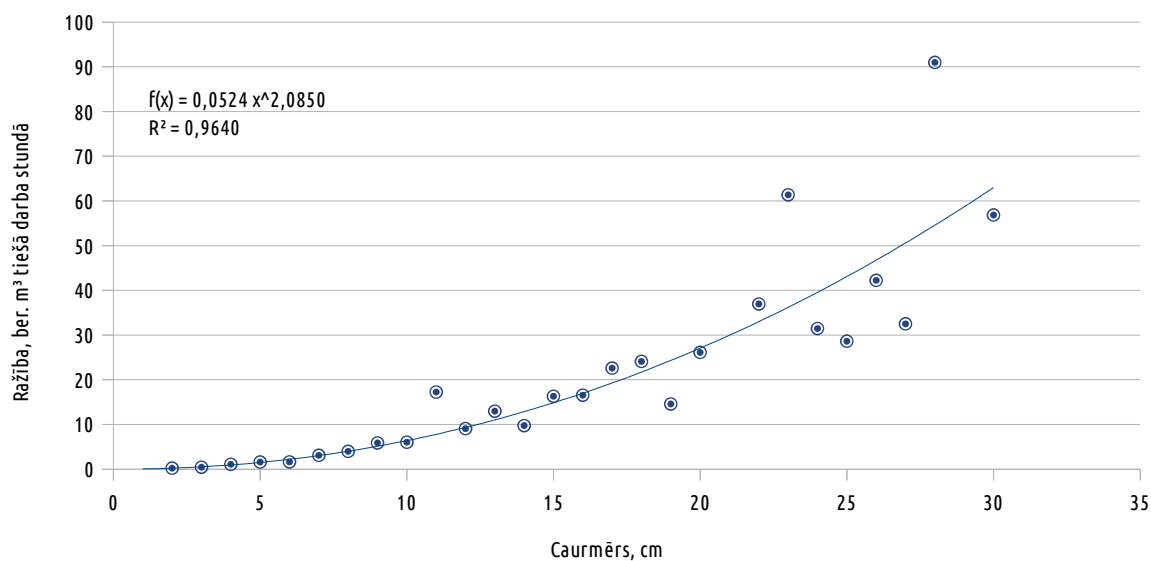
Tiešā darba stundā apstrādājamo koku skaitu un ražīgumu (ber. m³ tiešā darba stundā) Ērgļu apkārtnē veiktajos izmēģinājumos raksturo pakāpes vienādojumi, attiecīgi, Att. 25 un Att. 26.



Att. 24: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.



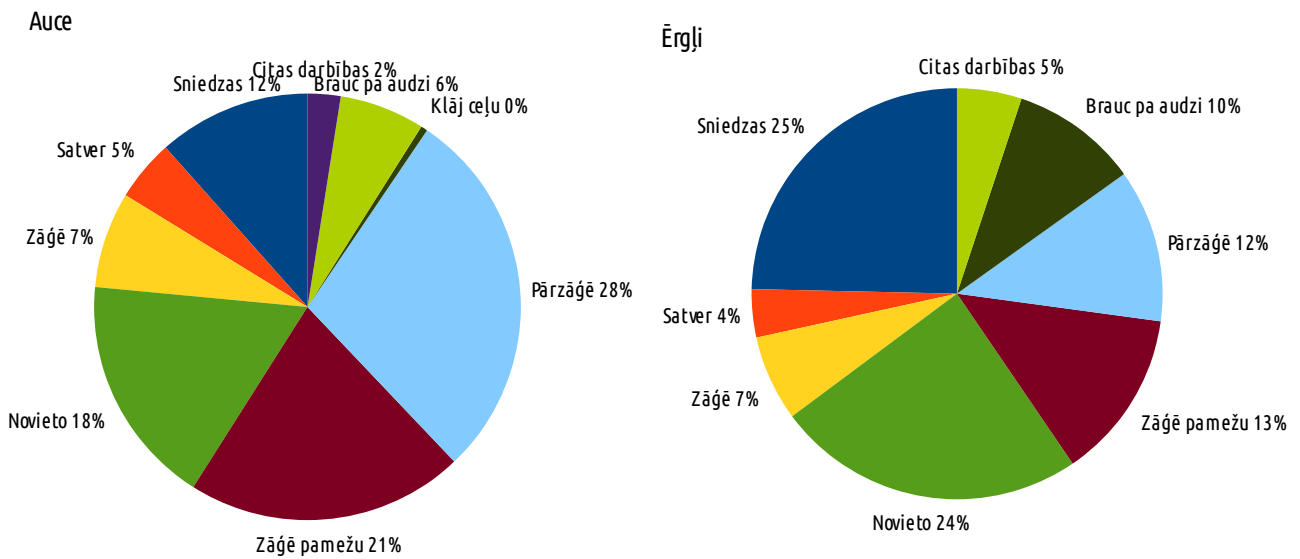
Att. 25: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.



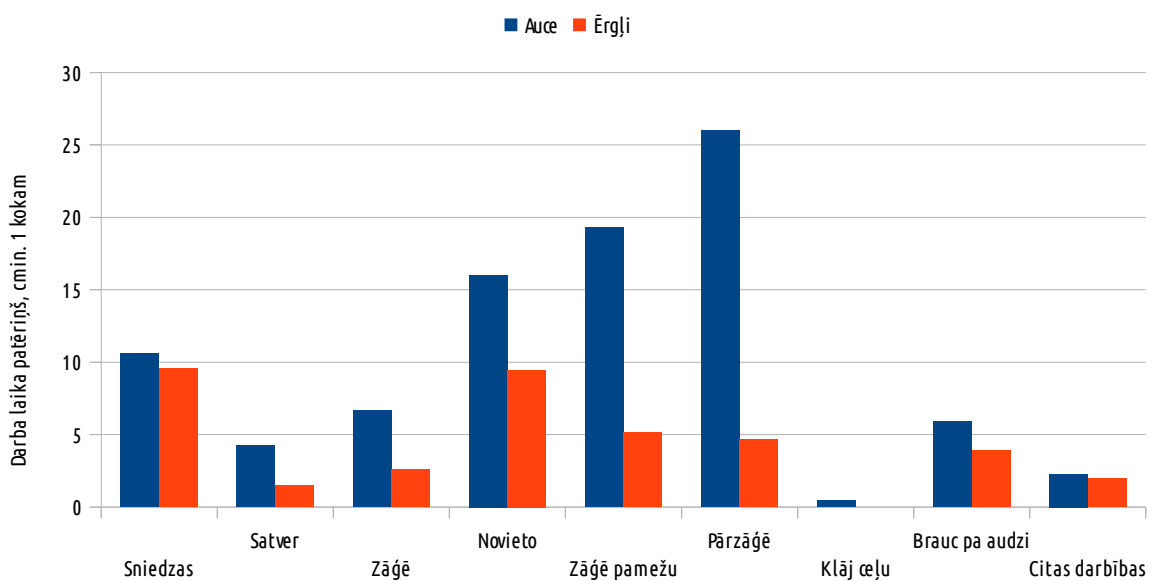
Att. 26: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.

Pētījumā salīdzināts tiešā darba laika patēriņš 6-12 cm resnu koku nozāgēšanai. Vidēji 1 koka nozāgēšanai un apstrādei Ērgļos patērētas 23 sekundes, bet Aucē – 55 sekundes. Darba laika patēriņa atšķirības nosaka būtiski lielāks darba laika patēriņš pameža zāgēšanai un koku pārzāgēšanai (Att. 27). Absolūtos skaitļos (Att. 28) darba laika patēriņš 6-12 cm resnu koku pārzāgēšanai Aucē veiktajos izmēģinājumos ir 5 reizes lielāks, nekā Ērgļos, bet pameža zāgēšanas ilgums – aptuveni 3 reizes lielāks. Arī zāgēšanas, satveršanas un koku novietošanas laiks Ērgļos ir bijis būtiski mazāks, nekā Aucē veiktajos izmēģinājumos.

Iegūtie rezultāti norāda uz nepieciešamību pilnveidot darba metodi, izvairoties no pameža koku un krūmu zāgēšanas un garumošanu veicot tikai uz zemes noguldītiem kokiem, nevis zāgējot galotnes pa vienai.

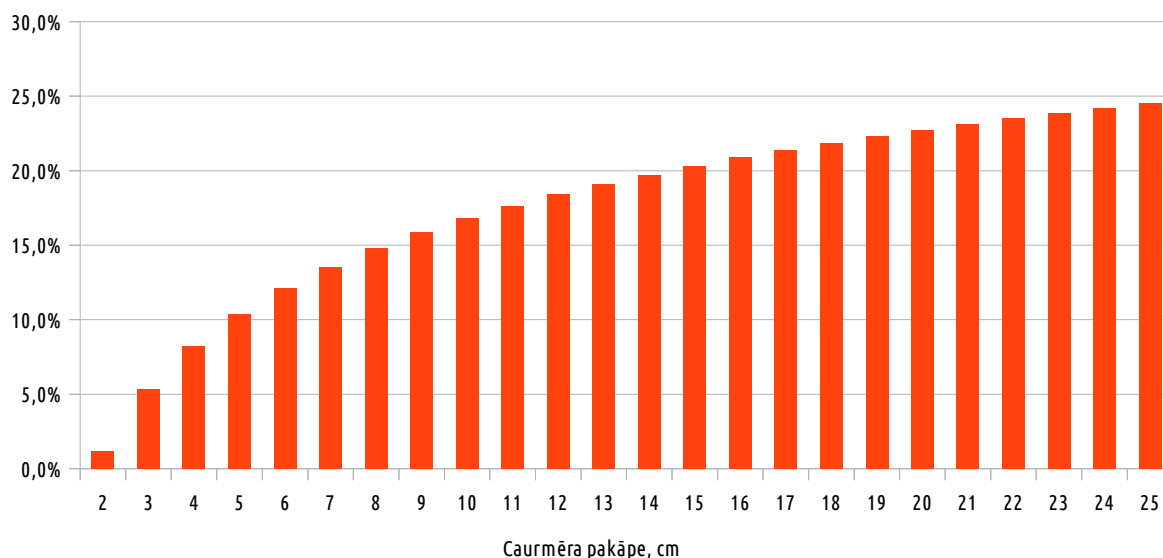


Att. 27: Tiešā darba laika elementu īpatsvars 6-12 cm resnu koku nozāgēšanai.



Att. 28: Tiešā darba laika elementu ilgums 6-12 cm resnu koku nozāgēšanai.

Ērgļos veiktajos izmēģinājumos harvestera ar Bracke C16.b griezējgalvu ražīgums bija būtiski lielāks; zāgējot 8 cm resnus kokus, darba laika patēriņš bija par 15 % mazāks, bet, zāgējot 15 cm resnus kokus, ražīguma atšķirība pārsniedza 20 % (Att. 29).



Att. 29: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāgējamā koka caurmēra sakarības salīdzinājums.

Pētījuma rezultāti norāda uz nepieciešamību pārskatīt kvalitātes prasības mašīnizēti izkoptās audzēs un izstrādāt detalizētas instrukcijas harvesteru operatoriem, lai samazinātu nelietderīgo darba laika patēriņu pameža, valdaudzes kokiem netraucējošo atpalikušo koku zāgēšanai. Operatoriem ir vairāk jāizmanto paketēšana, it īpaši mazāko koku zāgēšanā, nepieciešamības gadījumā novēršot tehniskās nepilnības, kas apgrūtina paketēšanu (nestrādājoša galvas bremze, nepietiekošs hidrauliskās sistēmas spiediens utt.).

Raksturīgākie argumenti par labu rūpīgai pameža izzāgēšanai kopšanas laikā ir:

1. pameža saglabāšana samazina pievedējtraktora ražīgumu, attiecīgi, palielinot kokmateriālu izmaksas;
2. pameža koki un krūmi pasliktina redzamību, tāpēc, saglabājot pamežu, palielinās paliekošo koku bojājumu risks;
3. pameža koki un krūmi atņem barības vielas valdaudzes kokiem, tāpēc mazinās kopšanas mežsaimnieciskais efekts.

Apstiprinājuma vai skaitliski pamatotu pretargumentu radīšanai 2015. gadā jāveic kopšanas izmēģinājumi, novērtējot pameža saglabāšanas ietekmi uz harvestera un pievedējtraktora ražīgumu, paliekošo koku bojājumiem un, ilgtermiņā, arī mežaudžu augšanas gaitu. Izmēģinājumi ierīkojami skujkoku un lapkoku audzēs lāna un vēra meža tipos vismaz 3 atkārtojumos, lai nodrošinātu pietiekoši lielu empīrisko datu kopu ietekmes uz augšanas gaitu novērtēšanai. Izkoptajās platībās lietderīgi veikt arī dzīvnieku radīto bojājumu monitoringu, jo saglabāti pameža koki un krūmi var būtiski samazināt dzīvnieku radīto bojājumu daudzumu pēc kopšanas.

SECINĀJUMI UN IETEIKUMI PRAKSEI

1. Harvestera griezējgalvas Bracke C16.b ražīguma monitorings veikts priežu audzē, kas vairāk atbilst krājas kopšanas, nevis jaunaudžu kopšanas kritērijiem (vidējā koka augstums pēc kopšanas 17 m), izzāgējot atpalikušos kokus, kā arī pameža kociņus un krūmus, tāpēc iegūtie rezultāti var neraksturot ražīguma rādītājus audzēs, kas vislabāk piemērotas kopšanai ar šo iekārtu (vidējā koka augstums 9-12 m, koku skaits 2-2,5 tūkst. gab. ha⁻¹).
2. Kopšanas kvalitāte (saglabājamo koku šķērslaukums un izvietojums starp koridoriem) atbilst kopšanas kvalitātes normatīviem, tomēr var nebūt pietiekošs bojāto koku šķērslaukuma kompensēšanai atbilstoši normatīviem. Saglabājoties esošajām prasībām par minimālo šķērslaukumu, ieteicams kopšanā nodrošināt vismaz 5 % šķērslaukuma rezervi.
3. Pētījumā konstatēts, ka, salīdzinot ar 2013. un 2014. gada sākumā veiktajiem izmēģinājumiem, harvestera ražīgums būtiski samazinājies (par 15 %, zāgējot 8 cm resnus kokus, un par 20 %, zāgējot 15 cm resnus kokus). Ražīguma samazinājums saistīts, galvenokārt, ar darba laika patēriņa pieaugumu pameža zāgēšanai, garāko koku sagarumošanai un kokmateriālu novietošanai starp koridoriem.
4. Daļēji ražīguma samazinājums skaidrojams ar neraksturīgajiem darba apstākļiem, tomēr lielākā nozīme ir darba metodes izvēlei, piemēram, operatori daudz mazāk, nekā iepriekšējos izmēģinājumos, izmantota koku paketēšanas funkcija, koki netiek garumoti uz zemes pēc nozāgēšanas, bet gan pa vienam, nozāgējot vispirms galotnes, tad atlikušo stumbra daļu.
5. Būtisku ražīguma palielinājumu var panākt, nezāgējot pameža kokus un krūmus, kā arī kociņus, kas netraucē valdaudzes koku attīstību, bet gan retinot valdaudzi, lai nodrošinātu optimālus attīstības apstākļus mērķa kociem. Atlases kritērijs zāgējamo koku izvēlei ir, piemēram, to augstums, salīdzinot ar valdaudzes kociem – ja vainagi nepārklājas vai valdaudzes koku vainaga noēnojums ir nebūtisks, mazākie koki nav jāzāgē. Lielāku koku audzēs, tādās kā pētījumā ietvertā izmēģinājumu platība, būtisku ražīguma palielinājumu var panākt, pārzāgējot garākos kokus pēc noguldīšanas zemē, veidojot paku no vairākiem kociem.
6. Nepieciešami eksperimentāli dati par pameža un atpalikušo koku un krūmu saglabāšanas ietekmi uz bojājumu īpatsvaru, pievešanas ražīgumu un mežaudzes attīstību pēc kopšanas, strādājot ar Bracke C16.b griezējgalvu, lai atspēkotu vai apstiprinātu bažas par iespējamo pameža saglabāšanas negatīvo ietekmi un izstrādātu instrukcijas mežizstrādes mašīnu operatoriem.

LITERATŪRA

1. Kalēja, S., Brencis, M. & Lazdiņš, A. (2014). *Apažo kokmateriālu un šķeldu piegādes ražīguma salīdzinājums jaunaudžu kopšanā*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2014/02).
2. Kalēja, S. & Lazdiņš, A. (2014). *Darba metodes ietekme uz griezējgalvas Bracke C 16.b ražīgumu jaunaudžu kopšanā*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2014/01).
3. Lazdiņš, A., Liepiņš, K., Lazdiņa, D., Jansons, Ā., Bārdule, A. & Lupiķis, A. (2013). *Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz siltumnīcefekta gāzu emisijām un CO₂ piesaisti novērtējums (pārskats par 2013. gada darba uzdevumu izpildi)*. Salaspils. (5.5-5.1/001Y/110/08/8).
4. Lazdiņš, A. & Thor, M. (2009). Bioenergy from pre-commercial thinning, forest infrastructure and undergrowth – resources, productivity and costs. *Proceedings of Research for Rural Development 2009*, Jelgava, 2009. pp 147–154. Jelgava: Latvia University of Agriculture.
5. Liepa, I. (1996). *Pieauguma mācība*. Jelgava: LLU.