

PĀRSKATS

PAR AS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" PĒTĪJUMA

ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS,
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPNIECISKAIS PĒTĪJUMS

DARBU IZPILDI

Pārskata nosaukums **BRACKE C16.B GRIEZĒJGALVAS
RAŽĪGUMA MONITORINGS GRĀVJU
TRAŠU APAUGUMA IZSTRĀDĒ**

Līguma Nr. 3. 5.5-5.1-000p-101-12-8

Pārskata Nr. 2015/07

Pārskata versija 1.0

Izpildes laiks 20.10.2014 - 20.05.2015

Izpildītājs Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir novērtēt Bracke C16.b griezējgalvas darba ražīguma izmaiņas, veicot apauguma novākšanu grāvju trasēs, salīdzinot 2013. un 2014. gada daba ražīguma datus. Izmēģinājums veikts ar John Deere 1070 D harvesteru Ozolnieku novada Cenu pagastā 2013. gada augustā un 2015. gada februārī.

Izmēģinājuma laikā biokurināmā sagatavošanai nozāgēts viss apaugums no grāvju trasēm (ieskaitot par 1,5 m augstākus krūmus). Darba laika uzskaitē 2013. gadā veikta 2 dienas, bet 2015. gadā – 4 dienas. Izmēģinājumos 2013. gadā sagatavoti 34 m³ koksnes jeb 17 tonnas biomasas, bet 2015. gadā – 124 m³ vai 83 tonnas biomasas. Tiešais darba laiks no kopējā darba laika 2013. gadā bija tikai 62%, kas izskaidrojams ar biežajiem remontdarbiem, bet 2015. gadā – 97 %. Samērā daudz laika 2013. gadā patērēts pameža zāgēšanai (16%) kā arī 53 % no tiešā darba laika tika sagatavoti par 6 cm tievāki koki, kuru biomasa veido tikai 20 % no kopējās biomasas. Savukārt, 2015. gadā pameža zāgēšanai patērēti tikai 9 % kopējā darba laika, bet pa 6 cm tievāko kociņu zāgēšanai – 36 % kopējā daba laika (par 6 cm tievāko kociņu biomasa ir 10 % no kopējās biomasas). Darba ražīguma rādītāji sīko (pa 6 cm tievāko) kociņu zāgēšanai gada laikā ir būtiski uzlabojušies, nodrošinot labākus vidējos darba ražīguma rādītājus.

Pētījumā noskaidrots darba ražīgums (stundas laikā nozāgētie koki un sagatavotie m³ daļēji atzarotu sīkkoku) atkarībā no zāgējamo koku caurmēra. Salīdzinot darba ražīgumu 2013. gadā un 2015. gadā, konstatēts būtisks darba ražīguma uzlabojums, apstrādājot resnākus kokus, taču harvestera operators retāk izmanto paketēšanas funkciju un darba ciklā apstrādājamo koku skaits ir mazāks. Daļēji tas skaidrojams ar efektīvāku darba laika izmantošanu, nevācot par 1,5 m īsākus sīkkokus un krūmus.

Turpmākie darba ražīguma uzlabojumi iespējami, samazinot vēl vairāk darba laika patēriņu par 6 cm tievāku kociņu zāgēšanai un vākšanai (veicot šo darbu manuāli vai atstājot mazos kociņus un krūmus neizzāgētus, ja tie netraucē citiem meža apsaimniekošanas darbiem. Sīko kociņu un krūmu vākšanu var veikt arī selektīvi – nozāgējot (krūmgrieža režīmā) bet nevācot par 6 cm tievākos krūmus un kociņus, kas aug uz ceļa brauktuves, tomēr netraucē turpmāko mežsaimniecisko darbu veikšanai, un attīrot no kociņiem grāvju atbērtni un gultni, kur sīko kociņu un krūmu izvākšanu nosaka grāvju apauguma novākšanas kvalitātes prasības. Darba ražīguma palielinājums lielu koku izstrādē iespējams, izmantojot pievedējtraktoru, kura kauss aprīkots ar giljotīnu vai zāģi, t.i. harvesteram nav jātērē laiks koku pārzāgēšanai, bet to nepieciešamības gadījumā var izdarīt pievedējtraktors.

Pētījums izstrādāts LVMI Silava. Empīrisko datu ieguvē un pārskata sagatavošanā piedalījās Santa Kalēja, Agris Zimelis, Modris Okmanis, Gints Spalva un Andis Lazdiņš.

Saturs

Kopsavilkums.....	2
Ievads.....	5
Izmēģinājumu objekti un Darba metodika.....	7
Pētījumu objekti.....	7
Grāvju raksturojums pirms izstrādes.....	8
Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums.....	9
Darba metodes.....	10
Darba laika uzskaitē.....	10
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	12
Biomasas un krājas aprēķini.....	12
Darba rezultāti.....	17
Grāvju trašu raksturojums.....	17
Izstrādes darba ražīgums.....	19
2013. gads.....	19
2015. gads.....	25
Darba ražīguma rādītāju salīdzinājums.....	31
Secinājumi un ieteikumi praksei.....	34
Literatūra.....	35

Attēli

Att. 1: Bracke paketējošās griezējgalvas MAMA prototips (Fulvio & Bergström, 2013).....	6
Att. 2: Grāvju sistēma, kur 2013. gadā veikta izstrāde ar Bracke griezējgalvu.....	7
Att. 3: Grāvju sistēma, kur 2015. gadā veikta izstrāde ar Bracke griezējgalvu.....	8
Att. 4: Uzmērāmās joslas raksturojums grāvjiem ar ceļu.....	9
Att. 5: Uzmērāmās joslas raksturojums grāvjiem bez ceļa.....	9
Att. 6: John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.....	10
Att. 7: Hronometrāžā izmantotais laukdatore Allegro CX.....	11
Att. 8: Regresijas vienādojums krūšaugsstuma caurmēra aprēķināšanai (Lazdiņš et al., 2013).....	13
Att. 9: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai 2013. gada izmēģinājumos.....	14
Att. 10: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stumbra krājas sakarības raksturošanai 2013. gada izmēģinājumos.....	14
Att. 11: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai 2013. gada izmēģinājumos.....	15
Att. 12: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai 2015. gada izmēģinājumos.....	15
Att. 13: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stumbra krājas sakarības raksturošanai 2015. gada izmēģinājumos.....	16
Att. 14: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai 2015. gada izmēģinājumos.....	16
Att. 15: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs 2013. gadā nozāģētajos grāvjos.....	18
Att. 16: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs 2015. gadā nozāģētajos grāvjos.....	18
Att. 17: Koku skaita un vidējā koka caurmēra sakarība grāvju trašu apaugumā 2015. gada izmēģinājumu objektos.....	19
Att. 18: Nostrādātā laika sadalījums 2013. gadā.....	20
Att. 19: Ar John Deere 1070 D nozāģēto koku īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	20
Att. 20: Nozāģēto koku krājas un tiešā darba laika īpatsvars atkarībā no koku caurmēra 2013. gada izmēģinājumos.....	21
Att. 21: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāģējamā koka caurmēra sakarība 2013. gada izmēģinājumos.....	23
Att. 22: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāģējamā koka caurmēra sakarība 2013. gada izmēģinājumos.....	24
Att. 23: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāģējamā koka caurmēra sakarība 2013. gada izmēģinājumos.....	24
Att. 24: Nostrādātā laika sadalījums 2015. gadā.....	25
Att. 25: Ar John Deere 1070 D nozāģēto koku īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm 2015. gada izmēģinājumos.....	26
Att. 26: Nozāģēto koku krājas un tiešā darba laika īpatsvars atkarībā no koku caurmēra 2015. gada izmēģinājumos.....	26
Att. 27: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāģējamā koka caurmēra sakarība 2015. gada izmēģinājumos.....	28
Att. 28: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāģējamā koka caurmēra sakarība 2015. gada izmēģinājumos.....	29

Att. 29: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība 2015. gada izmēģinājumos.....	30
Att. 30: Dažādu dimensiju koku zāgēšana atbilstoši darba cikla kārtas numuram 2015. gada izmēģinājumos.....	31
Att. 31: Darba ražīguma salīdzinājums 2013. un 2015. gadā.....	32
Att. 32: Tiešā darba stundā apstrādājamo koku skaits 2013. un 2015. gadā.....	32
Att. 33: Darba ciklā apstrādājamo koku skaits 2013. un 2015. gadā.....	33

Tabulas

Tab. 1: Izstrādes darba laika uzskaites elementi.....	11
Tab. 2: Pārreķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai.....	12
Tab. 3: Pārreķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai (Lazdiņš et al., 2013).....	12
Tab. 4: 2013. gadā izzāgēto grāvju trašu raksturojums.....	17
Tab. 5: Atsevišķu 2015. gadā izzāgēto grāvju trašu raksturojums.....	17
Tab. 6: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, sek. m-3.....	22
Tab. 7: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvestera darba laika uzskaites datiem.....	22
Tab. 8: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, sek. m-3.....	27
Tab. 9: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvestera darba laika uzskaites datiem.....	27

IEVADS

Pēdējo gadu tendences enerģētikas un kokrūpniecības nozarēs (jaunu koģenerācijas staciju un granulū rūpnīcu būvniecība) liecina par aizvien pieaugošu pieprasījumu pēc koksnes biomasas. Neskatot tādus efektīvus, bet materiāli ietilpīgus risinājumus, kā mežizstrādes intensifikācija un enerģētiskās koksnes plantāciju izveide, pastāv arī citi resursi kurināmās koksnes ieguves palielināšanai, piemēram, apaugums uz meliorācijas grāvjiem un citiem meža infrastruktūras objektiem. Parasti grāvju trases tīra manuāli ar rokas motorinstrumentiem, bet tehnoloģijas attīstās un šobrīd ir pieejamas mežizstrādes mašīnas, kas adaptētas biokurināmā sagatavošanai grāvju trašu apaugumā. Kurināmās koksnes sagatavošanai parasti izmanto paketējošās harvesteru griezējgalvas, piemēram, Bracke C16.b, kas paredz vairāku koku sagatavošanu vienā darba ciklā, atšķirībā no klasiskajām harvestera griezējgalvām, vienlaicīgi nodrošinot iespēju izplaut mazākos kociņus, kuru vākšana neatmaksājas, strādājot ar harvesteru, kā ar lielu krūmgriezi. Līdz šim līdzīgi pētījumi veikti Zviedrijā, kur Bracke C16.b harvestera griezējgalvas darba ražīgums noskaidrots jaunaudžu kopšanā un elektrolīniju tīrīšanā, sagatavojot biokurināmo no samērā nelieliem kokiem (Bergström *et al.*, 2010; Fernandez-Lacruz *et al.*, 2013), tomēr darba ražība grāvju trašu tīrīšanā var atšķirties būtiski, jo operators var darboties brīvāk, nedomājot par paliekošās audzes vai elektrolīniju bojājumiem. Tajā pat laikā, grāvju trašu apauguma novākšanā jāreķinās ar nemainīgi sarežģītiem reljefa apstākļiem un prasību nozāgēt arī mazākos kociņus, kas netraucē ne elektrolīniju zāgēšanā, ne arī jaunaudžu kopšanā. Bracke C16.b paketējošās harvestera griezējgalvas ir labi pierādījušas savu efektivitāti biezu audžu kopšanā, jo, atšķirībā no klasiskajām harvestera galvām, tām nav nepieciešama manuāla pameža novākšana pirms kopšanas. Bracke zāgēšanas ātrums nav atkarīgs no koku dimensijām (atskaitot maksimālo diametru) un ir būtiski lielāks, nekā līdzīgām griezējgalvām ar giljotīnas mehānismu, kas padara šo griezējgalvu vēl jo piemērotāku grāvju neviendabīgā grāvju apauguma novākšanai. Veicot mežizstrādi ar Bracke C16.b griezējgalvu, būtiski samazinās darba laika patēriņš kokmateriālu sagatavošanai, jo izpaliek atzarošanas darba operācija, kas ļauj palielināt produktīvā darba laika īpatnību un tā izmantošanas efektivitāti (Kalēja & Lazdiņš, 2014). Vairāk darba laika harvesteri, kas aprīkoti ar Bracke C16.b griezējgalvu, patērē par 7 m augstāku koku pārzāgēšanai, kas saistīts ar nepieciešamību pārtvert koku, lai to pārzāgētu (Lazdiņš *et al.*, 2014; Liepiņš *et al.*, 2014). Darba ražīguma palielināšana šai operācijai iespējama, biežāk izvēloties pārzāgēt uz zemes noguldītu sīkkoku pakas, nevis nozāgējot atsevišķu augošu koku galotnes (Lazdiņš & Thor, 2009). Alternatīvs risinājums lielu koku darba ražīguma un kokmateriālu kvalitātes uzlabošanai ir griezējgalvas aprīkošanas ar satvērējuļļiem, kas vienlaicīgi ļautu nolauzt un pielocīt nozāgēto koku zarus, palielinot arī pievedējtraktora darba ražīgumu (Fulvio & Bergström, 2013; Bergström & Fulvio, 2014). Saskaņā ar zviedru zinātnieku pētījumu rezultātiem jaunās Bracke griezējgalvas koncepcijas ar satvērējuļļiem (MAMA, Att. 1) pielietošana samazina harvestera darba ražīgumu par 10-23 % un darba ražīguma samazinājums pieaug, palielinoties zāgējamo koku caurmēram (pretēji sagaidāmajam efektam). Rezultātā harvestera, kas aprīkots ar MAMA paketējošo griezējgalvu, darba ražīgums ir par 12-14 % mazāks, nekā klasiskās harvestera griezējgalvas darba ražīgums. Jaunā griezējgalvas koncepcija tajā pat laikā ļauj palielināt pievedējtraktora kravu par 17-24 %, pateicoties blīvākam koksnes krājumam un daļējai atzarošanai. Ja pievešanas attālums ir 300 m, jaunā MAMA prototipa izmantošana ļauj palielināt pievešanas darba ražīgumu un, attiecīgi, samazināt izmaksas par 12 %, salīdzinot ar esošo Bracke C16.b griezējgalvu. Zviedru pētnieki secina, ka, neskatoties uz jaunā prototipa

agrīno attīstības stadiju, ar to sasniegti pietiekoši labi darba ražīguma rādītāji un nākotnē šī koncepcija varēs aizstāt patreiz izmantojamās Bracke paketējošās griezējgalvas (Fulvio & Bergström, 2013). Latvijas mežizstrādātājiem tas nozīmē, ka tuvākajos gados nav jārēķinās ar principiāli jaunas Bracke griezējgalvas parādīšanos tirgū un ir jāorientējas uz esošo Bracke C16.b un C16.c modeļu izmantošanu biokurināmā sagatavošanā.

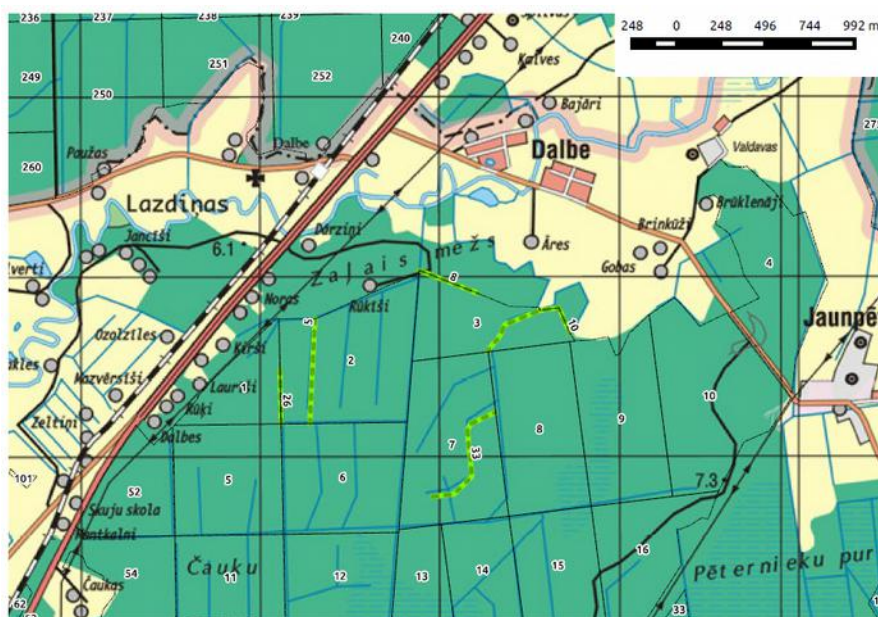


Att. 1: Bracke paketējošās griezējgalvas MAMA prototips (Fulvio & Bergström, 2013)

IZMĒĢINĀJUMU OBJEKTI UN DARBA METODIKA

Pētījumu objekti

Izmēģinājumi 2013. gadā veikti 5 AS "Latvijas valsts meži" Zemgales mežsaimniecības Klīves iecirkņa 610. kvartālu apgabala 2., 3. un 7. kvartālu grāvjos (Att. 2).



Att. 2: Grāvju sistēma, kur 2013. gadā veikta izstrāde ar Bracke griezējgalvu.

Atkārtoti izmēģinājumi 2015. gadā veikti blakus esošajā 609. kvartālu apgabalā 6.. . un 16. kvartālu grāvjos (Att. 3).



Att. 3: Grāvju sistēma, kur 2015. gadā veikta izstrāde ar Bracke griezējgalvu.

Grāvju raksturojums pirms izstrādes

Pētījumā iekļauti 2 veidu grāvji – ar ceļa brauktuvi (Att. 4) un bez tās (Att. 5). Ar kociem noaugušī platība abos gadījumos parasti ir 10-12 m plata. Gatavojot biomasas raksturojumu, mēra visu nocērtamo josla atbilstoši Att. 4 un Att. 5. Ja grāvis izveidots ceļa malā, jāmēra apaugums arī ceļa otrajā pusē (tālākajā no grāvja) aptuveni 1 m platumā, kas atbilst ceļa klātnes malai.

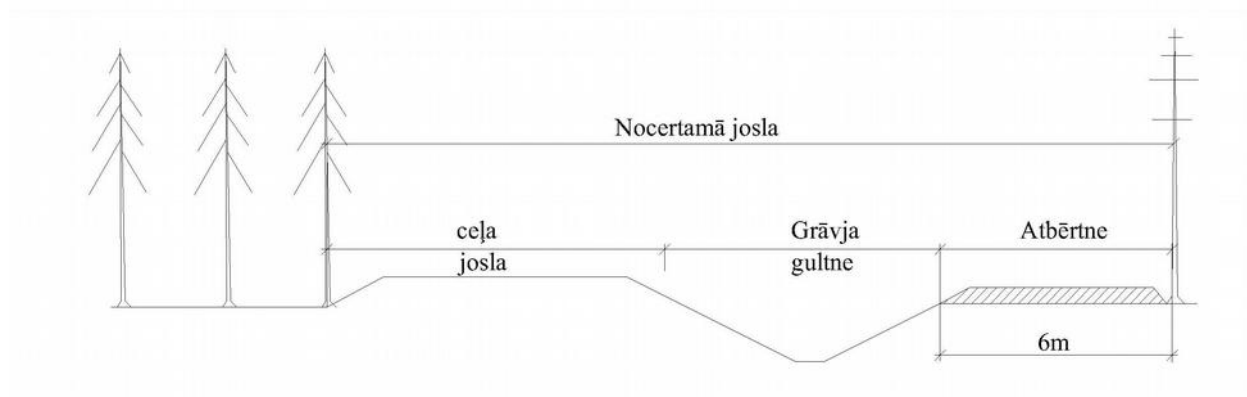
Apauguma noteikšanai visā grāvja garumā ik pēc 50 m ierīko 10 m garus taisnstūrveida parauglaukumus, kas ietver ceļa joslu, ja tāda ir. Katra parauglaukuma platība, attiecīgi, ir 100-120 m². Pirmo parauglaukumu ierīko 10 m attālumā no grāvja sākuma, t.i. parauglaukuma centrs ir 10 m no grāvja sākuma. Pēdējo parauglaukumu ierīko ne tuvāk kā 10 m no grāvja gala.

Pauglaukumos mēra visu koku (izņemot sugas, kas mežsaimniecībā klasificējas kā krūmi), kas augstāki par 2 m, caurmēru 1,3 m augstumā virs sakņu kakla ($D_{1,3}$) un nosaka sugu. Katrā grāvī mēra vismaz 10 katras sugas koku (2 mazākie, 2 lielākie un 4 vidēja lieluma koki) augstumu (H) augstumlīknes konstruēšanai, t.i. nav nepieciešams konstruēt augstumlīkni katram parauglaukumam.

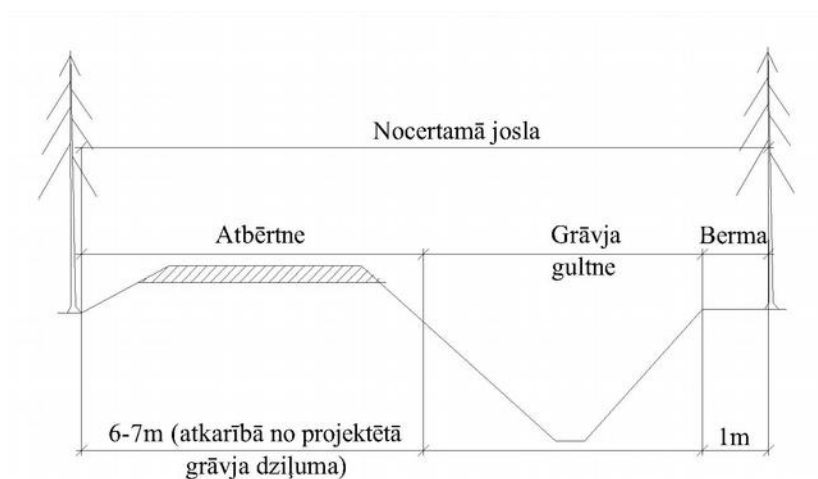
Krūmiem un par 2 m zemākiem kociem nosaka dzinumu skaitu parauglaukumā. Krūmiem vizuāli novērtē un pieraksta arī vidējo augstumu.

Ja mērīšanas laikā konstatēts, ka ir tādi grāvju posmi, kuros jau ir veikta apauguma novākšana vai ir neliels par 6 m augstāku koku skaits (vairākas reizes mazāks, nekā citos grāvja posmos), šos posmus iezīmē plānā, nosakot to garumu un novietojumu (sākuma punkta attālumam no

grāvja sākuma). Šajos grāvju posmos parauglaukumi nav jāierīko. Nākošo parauglaukumu ierīko 10 m no tukšās vietas malas.



Att. 4: Uzmērāmās joslas raksturojums grāvjiem ar ceļu.



Att. 5: Uzmērāmās joslas raksturojums grāvjiem bez ceļa.

Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums

John Deere 1070 harvesters ar Bracke C16.b griezējgalvu (Att. 6) izmantots lapkoku un skujkoku audzēs, kā arī mistraudzēs. Hidraulikas darba spiediens 24/28 MPa, strāles 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. 6: John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.

Darba metodes

Visos objektos pielietota viena darba metode. Darba gaitā tika nozāgēts viss apaugums biokurināmā sagatavošanai uz iepriekš raksturotajām grāvju trasēm (veikts apauguma novērtējums ar parauglaukumu metodi vai arī vizuālas apsekošanas rezultātā konstatēts, ka grāvis ir piemērots mehanizētai izstrādei (vidējais koku augstums vismaz 6 m, koku skaits pārsniedz 1000 gab. ha⁻¹). Sagatavotā biomasa novietota uz grāvja atbērtnes vai šķērsām pāri grāvim, nenosprostojojot grāvja gultni.

Darba laika uzskaitē

Pētījuma ietvaros veikta izstrādes darba laika uzskaitē, izmantojot specializētu triecienu un mitruma izturīgu laukdatoru Allegro CX (Att. 7), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI.



Att. 7: Hronometrāžā 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 uzskaiti aptur un atsāk tad, kad dzinējs tiek atkal iedarbināts. Iespējamā efektīvā darba laika īpatsvara pārspīlēšana, izmantojot šādu pieeju, tiek risināta, pašizmaksas 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 2 maiņās. Maiņas ilgums – 6-8 stundas. Darba laika patēriņš noteikts katram krāna ciklam atsevišķi, fiksējot satverto koku vidējo caurmēru (zāgējuma 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
	dd	satverto koku vidējais caurmērs $d_{1,3}$, mm
	skaits	satverto koku skaits, gab.
	pus	nozāgētie pusstumbri
	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 nozāgēšana
	noliek	stumbra pievilksana un novietošana sortimentu kaudzē
	pamezs	pameža zāgēšana
	parzag	koku pārzāgēšana
	iebrauc	patērētais laiks iebraucot
	izbrauc	patērētais laiks izbraucot
	citas	citas nestandarta operācijas, t.sk. celmu pārzāgēšana, izkritušu koku pacelšana u.c.
Neproduktīvais darba laiks	stop	ar darbu nesaistītas darbības

Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

Izmēģinājuma laikā 2013. gadā debesis lielākoties bija skaidras, gaisa temperatūra iesila līdz +19 °C. Pūta mērens ziemeļu vējš līdz 4 m s⁻¹. Gaisa spiediens 762 mm Hg.

Izmēģinājumos 2015. gada februārī vidējā gaisa temperatūra bija 0,9 °C, nenoslīdot zem 4 °C naktīs, kopējais nokrišņu apjoms – 4,1 mm, gaisa spiediens – 732 mm Hg.

Laika apstākļi 2013. un 2015. gadā netraucēja izstrādi, tomēr 2013. gadā izstrāde veikta kokiem ar lapotni, t.i. pasliktinātas redzamības apstākļos, bet 2015. gadā – bezlapu stāvoklī.

Biomases un krājas aprēķini

Grāvja apauguma krājas aprēķināšanai izmantots profesora I. Liepas izstrādātais aprēķina modelis, kur krāja aprēķināta katram koka stumbram individuāli (Liepa, 1996). Aprēķinos izmantots koka augstums un krūšaugsstuma caurmērs.

Lai metodi varētu pielietot, nepieciešams zināt koka augstumu (H) un krūšaugsstuma 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	$\alpha\alpha$	$\beta\beta$	$\phi\phi$
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, vīksna, kļava	0,8530*10 ⁻⁴	0,73077	0,0682	1,91124

Audzes koku virszemes biomasas aprēķināšanai izmantots biomasas aprēķina vienādojums:

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

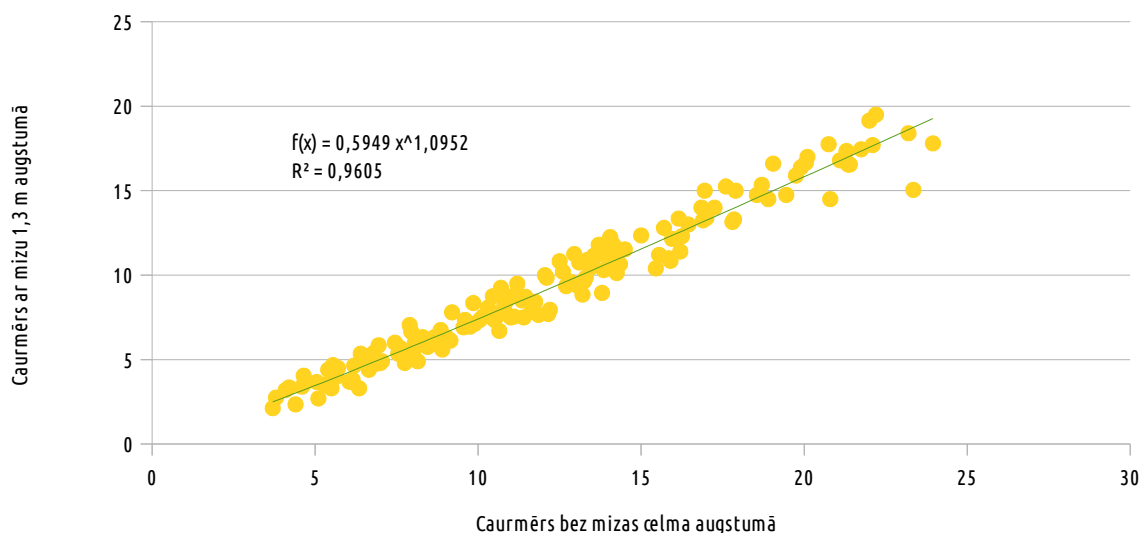
D – caurmērs 1,3 m augstumā (cm).

X un Y pārrēķina koeficienti doti Tab. 3.

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

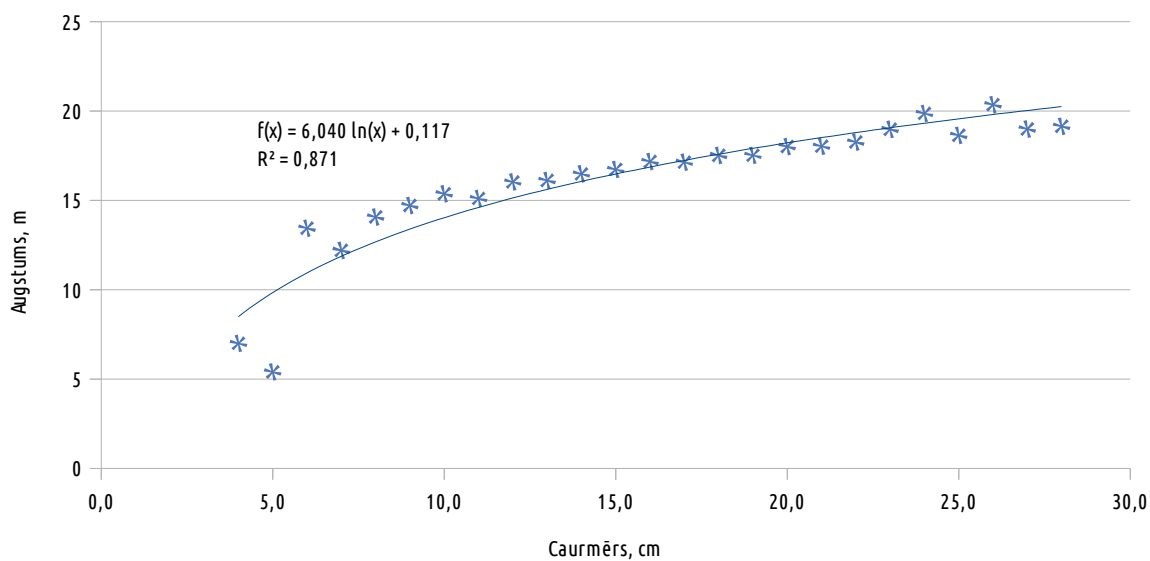
Koku suga	xx	yy
Egle	0,0566840	2,6669
Priede	0,0580666	2,7171
Apse	0,0580666	2,7171
Bērzs	0,0580666	2,7171

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. 8).

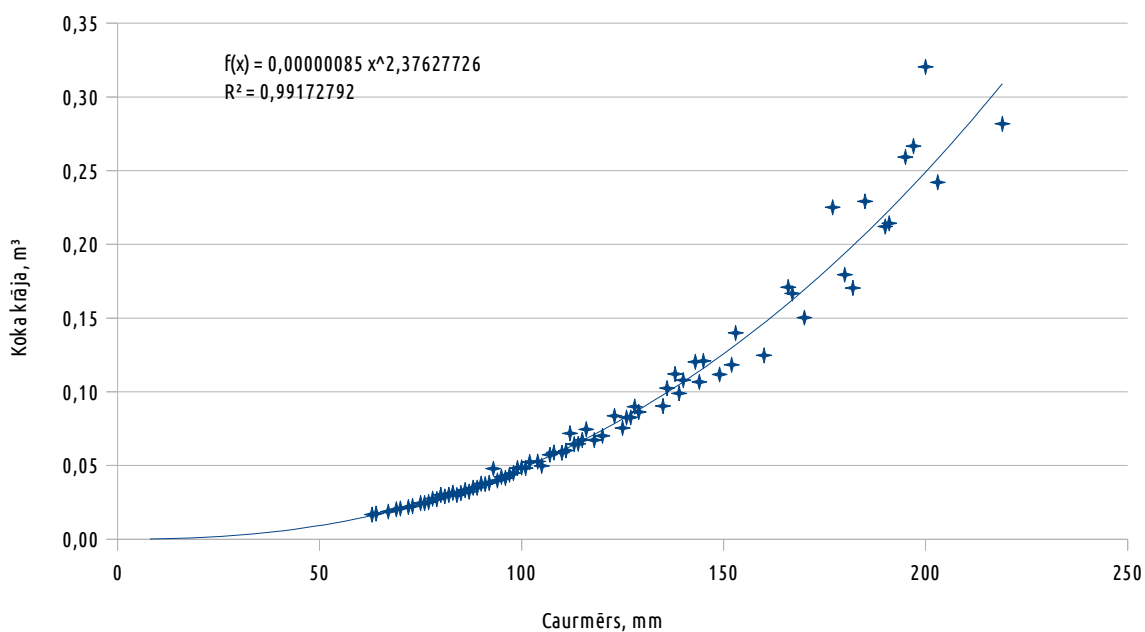


Att. 8: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra aprēķināšanai (Lazdiņš *et al.*, 2013).

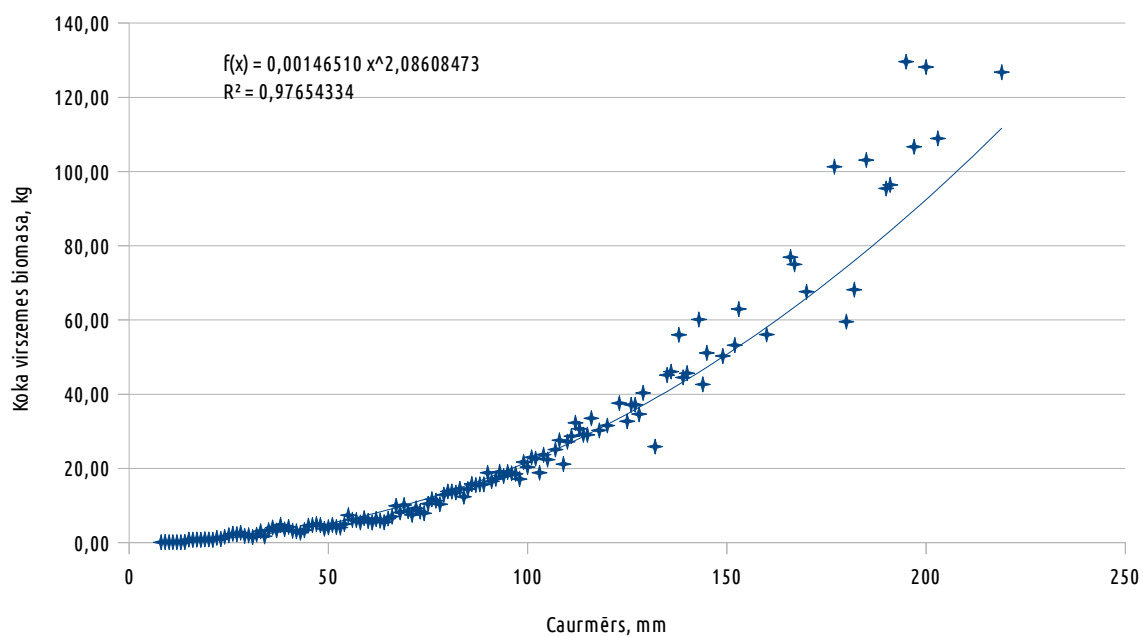
Izmantojot mērījumu datus, izstrādāti regresijas vienādojumi kopšanā nozāgēto koku raksturošanai un krājas aprēķiniem. Zāgēšanas laikā nav noteikta koku suga, tāpēc nozāgēto koku raksturošanai izmantoti regresijas vienādojumi, ko veido visi parauglaukumos uzmērītie koki. Koku augstuma aprēķināšanai 2013. gada izmēģinājumos sagatavots logaritmiskās regresijas vienādojums (Att. 9), bet krājas un biomasas raksturošanai izveidoti pakāpes vienādojumi, kas parādīti, attiecīgi, Att. 10 un Att. 11. Attiecīgie vienādojumi 2015. gada izmēģinājumiem, kas veidoti, izmantojot visus uzmērītos, ne tikai nozāgētos, grāvjus parādīti Att. 12, Att. 13 un Att. 14.



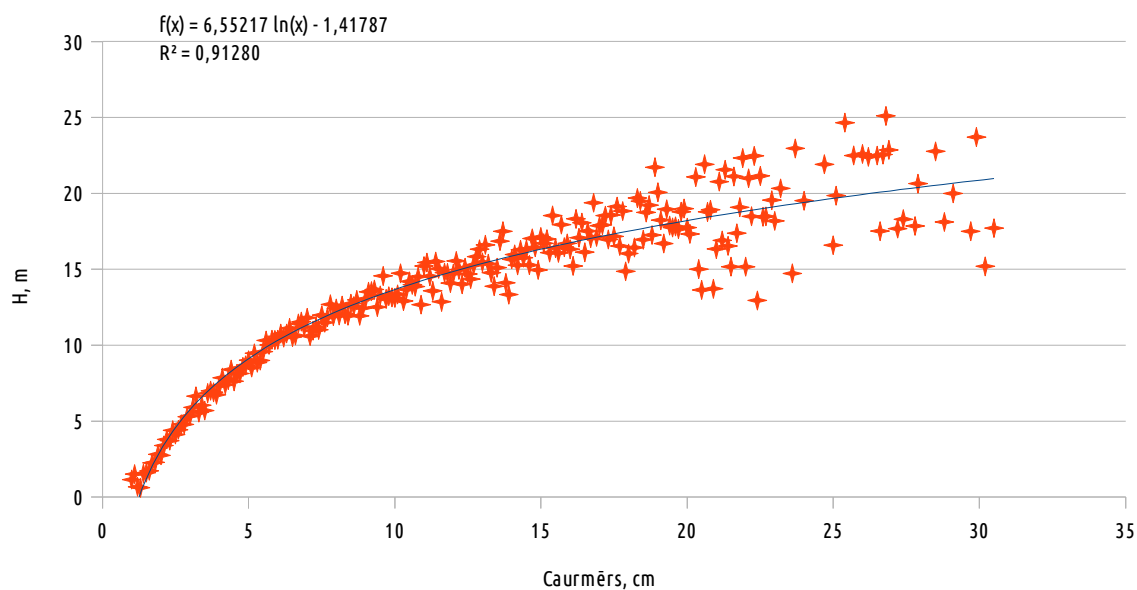
Att. 9: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai 2013. gada izmēģinājumos.



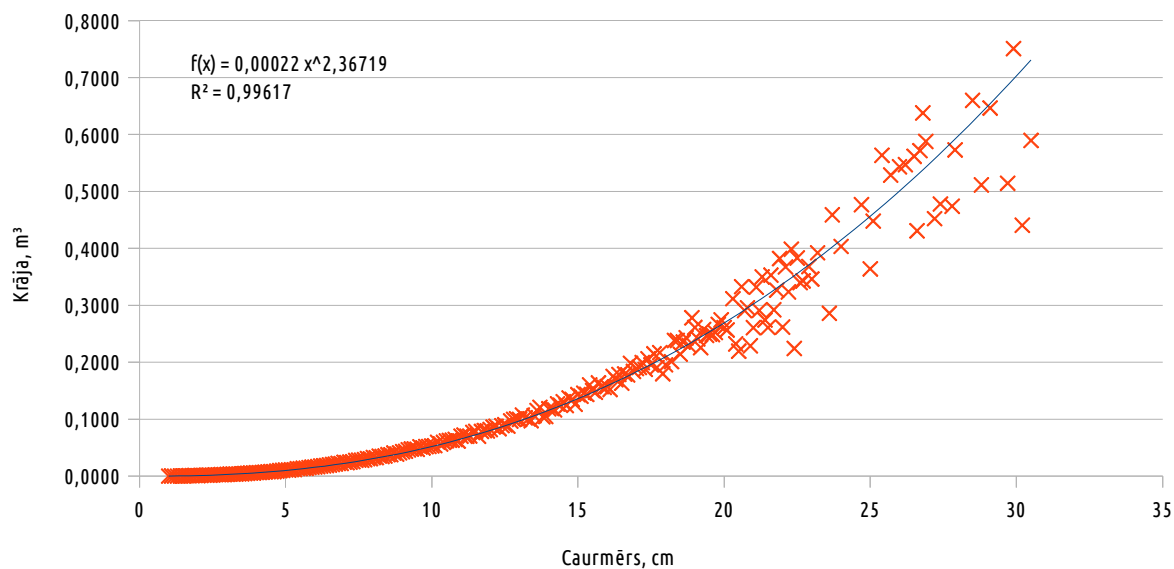
Att. 10: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stumbra krājas sakarības raksturošanai 2013. gada izmēģinājumos.



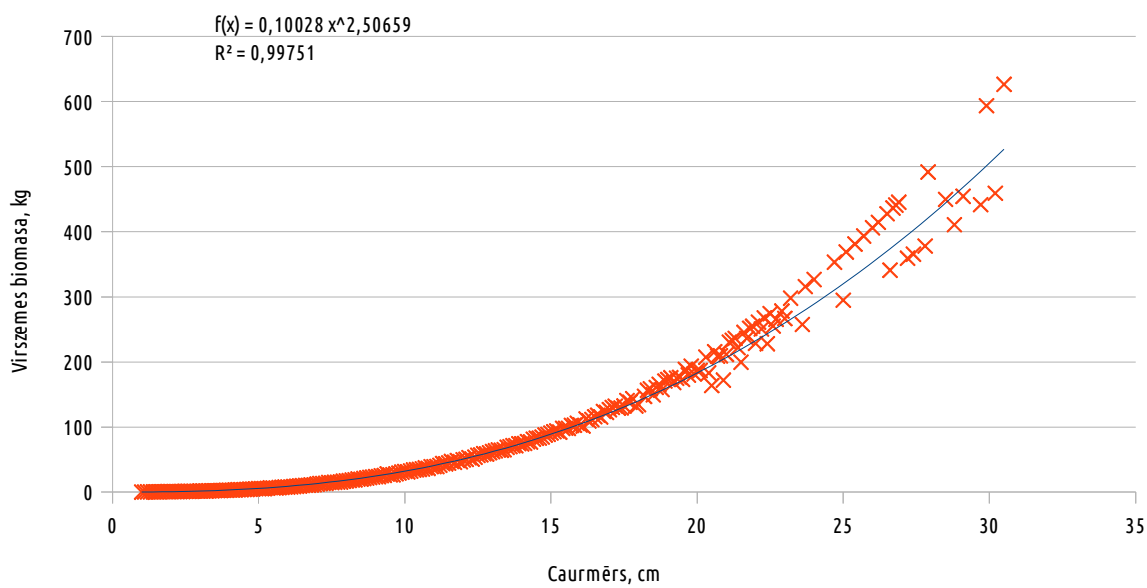
Att. 11: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai 2013. gada izmēģinājumos.



Att. 12: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai 2015. gada izmēģinājumos.



Att. 13: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stumbra krājas sakarības raksturošanai 2015. gada izmēģinājumos.



Att. 14: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai 2015. gada izmēģinājumos.

DARBA REZULTĀTI

Grāvju trašu raksturojums

Kopējā izstrādājamo grāvju trašu platība bija 2,6 ha un kopējā noteiktā grāvju apauguma biomasa 83 tonnas (Tab. 4). Vidējā koka caurmērs bija robežās no 3 līdz 11 cm un augstums no 5 līdz 11 m. Būtiski atšķirīgs ir apaugums ar krūmiem un sīkkokiem mazākiem par 2 m. 2015. gadā izstrādātajās platībās ar parauglaukumu metodi uzmērīti tikai 16. nogabalā (Att. 3) esošie grāvji. Uz 9. grāvi 6. kvartālā un 11. grāvi 7. kvartālā attiecināti krājas, biomasas un koku augstuma aprēķinu vienādojumi (Att. 12, Att. 13 un Att. 14), kas izstrādāti uz 609. kvartālu apgabala 8., 9., 16., 17., 27., 28., 38. un 39. kvartālā uzmērīto grāvju datiem. Grāvju, kas atrodas 16. kvartālā, raksturojums dots Tab. 5. Kopējais 2015. gadā izstrādāto grāvju garums ir 4,0 km, platība – 4,8 ha, vidējais koks – 10-11 m augsts, koku skaits 0,8-2,5 tūkst. gab. ha⁻¹.

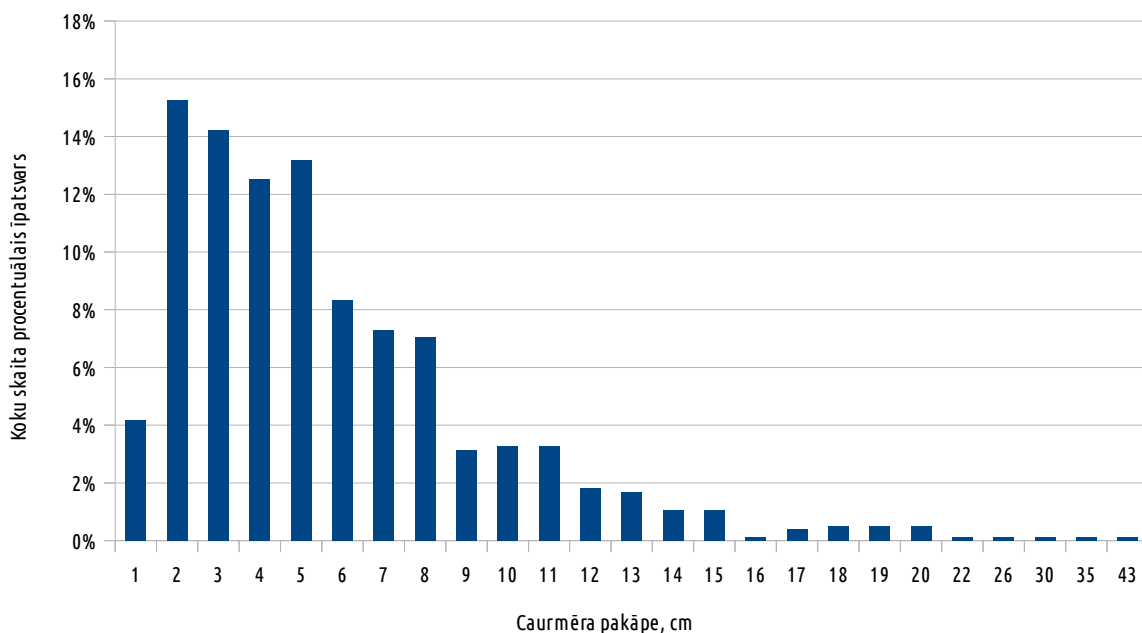
Tab. 4: 2013. gadā izzāģēto grāvju trašu raksturojums

Grāvis	Grāvja joslas platība, ha	Tukšās vietas platība, ha	Koku skaits, gab.	Krāja, m ³	Biomasa, t	Dvid, cm	Hvid, cm	Vidējais koks, m ³	Sīkkoku skaits, gab.	Krūmu skaits, gab.
610-10	0,8	0,7	1597	18	9	3	5	0,011	114	0
610-26	0,4	0,0	516	74	31	11	11	0,143	5	0
610-33	0,7	0,3	1871	43	25	6	7	0,023	90	52
610-5	0,3	0,1	1396	16	12	5	7	0,012	300	0
610-8	0,4	0,0	634	9	6	6	7	0,014	60	90

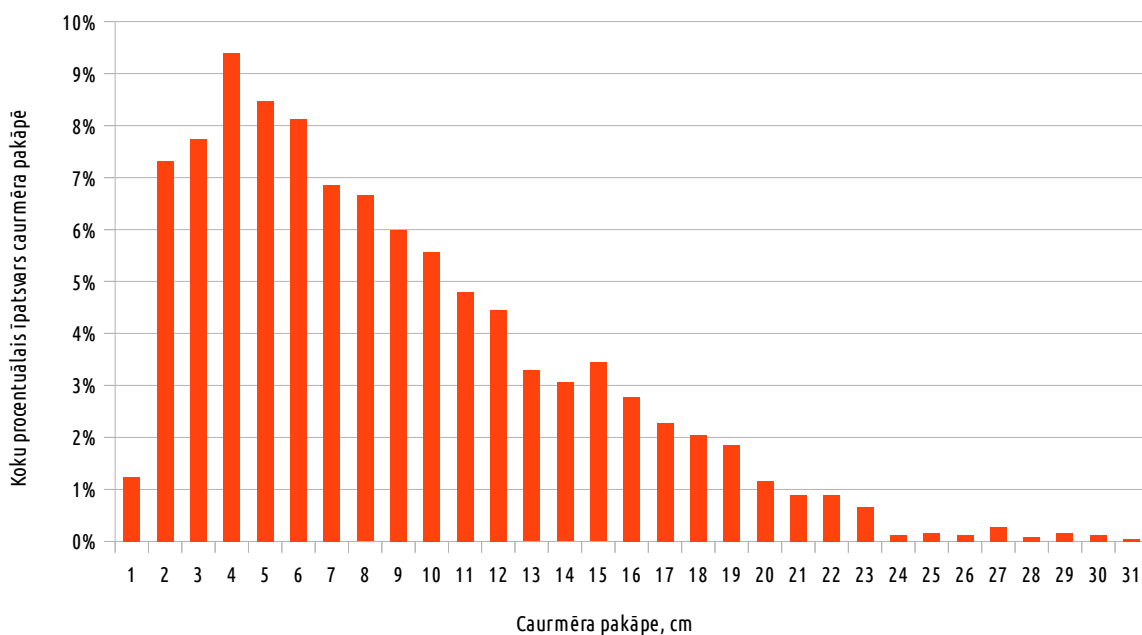
Tab. 5: Atsevišķu 2015. gadā izzāģēto grāvju trašu raksturojums

Grāvis	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	Vidējā koka krāja, m ³	Kopējā krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka biomasa, kg	Virszemes biomasa, tonnas ha ⁻¹	Sīkkoku skaits, gab. ha ⁻¹	Krūmu skaits	Krūmu augstums, m
609-16-668	2449	8,0	10,0	0,0457	112	30	73	333	51	2,0
609-16-45	929	9,3	10,4	0,0593	55	41	38	231	25	3,6
609-16-46	762	12,4	11,3	0,1140	87	86	65			

Lielākā daļa koku uz grāvju trasēm ir līdz 8 cm caurmēra pakāpē, šādi koki nav piemēroti apaļo kokmateriālu ražošanai, tādēļ uzskatāms, ka šīs grāvju trases ir piemērotas biomasas sagatavošanai ar Bracke C16.b griezējgalvu, maksimāli izmantojot harvestera griezējgalvas paketēšanas funkciju. Būtiskas atšķirības koku skaita sadalījumā caurmēra pakāpēs 2013. un 2015. gadā nozāģētajos objektos nav konstatētas (Att. 15 un Att. 16).

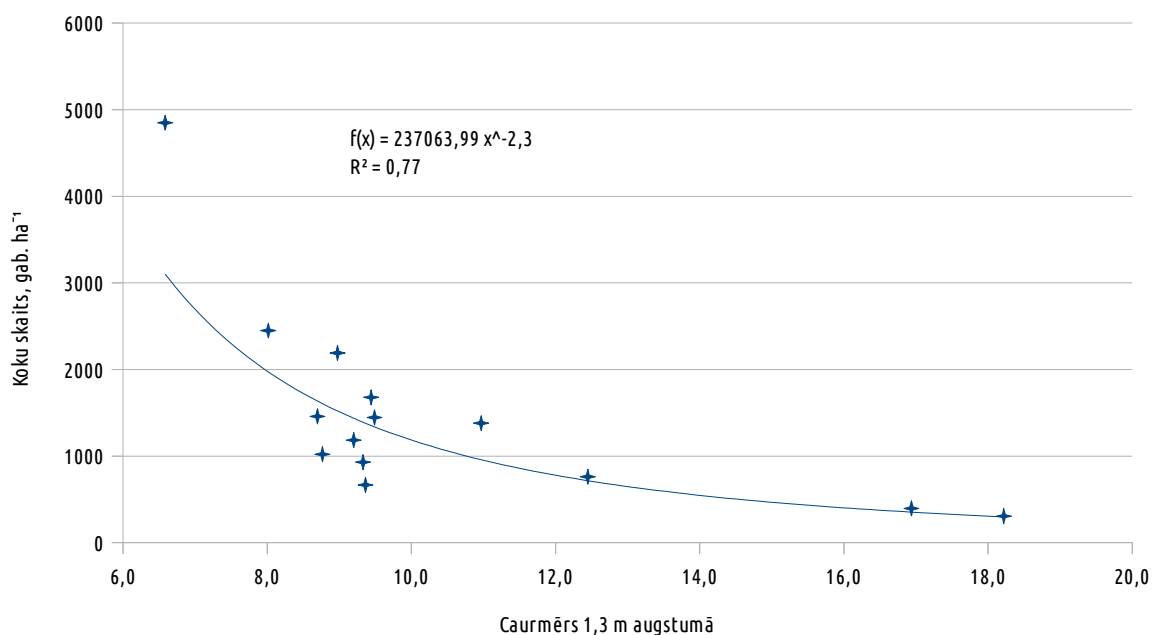


Att. 15: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs 2013. gadā nozāģētajos grāvjos.



Att. 16: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs 2015. gadā nozāģētajos grāvjos.

Apsekojot grāvju trašu sistēmas, kurās 2015. gadā noskaidrots Moipu griezējgalvas darba ražīgums grāvju trašu apauguma izstrādē (Lazdiņš *et al.*, 2015), kā arī Bracke C16.b darba ražīguma izmaiņu novērtējums, konstatēta cieša vidējā koka augstuma un caurmēra korelācija (Att. 17), ko var izmantot vienkāršotos aprēķinos, lai prognozētu kokmateriālu iznākumu no grāvju trasēm.

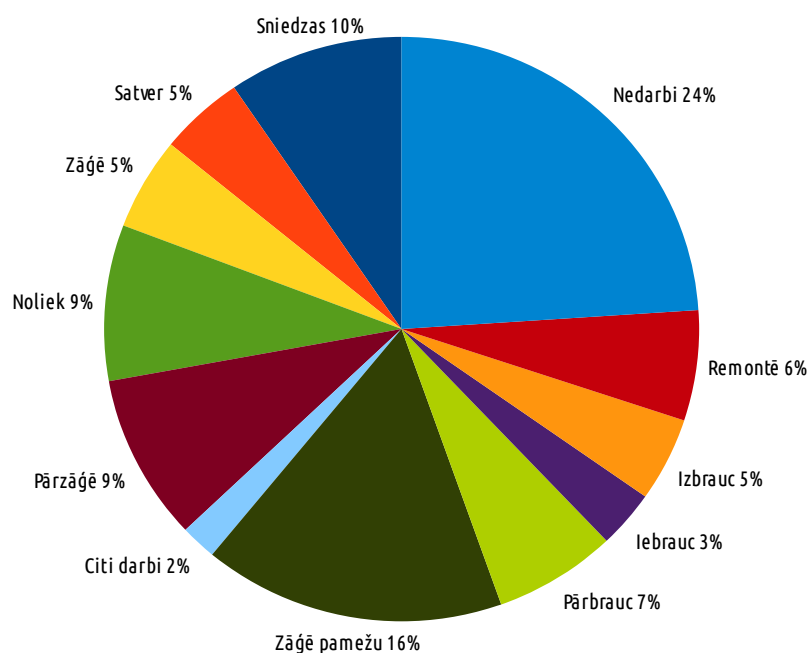


Att. 17: Koku skaita un vidējā koka caurmēra sakarība grāvju trašu apaugumā 2015. gada izmēģinājumu objektos.

Izstrādes darba ražīgums

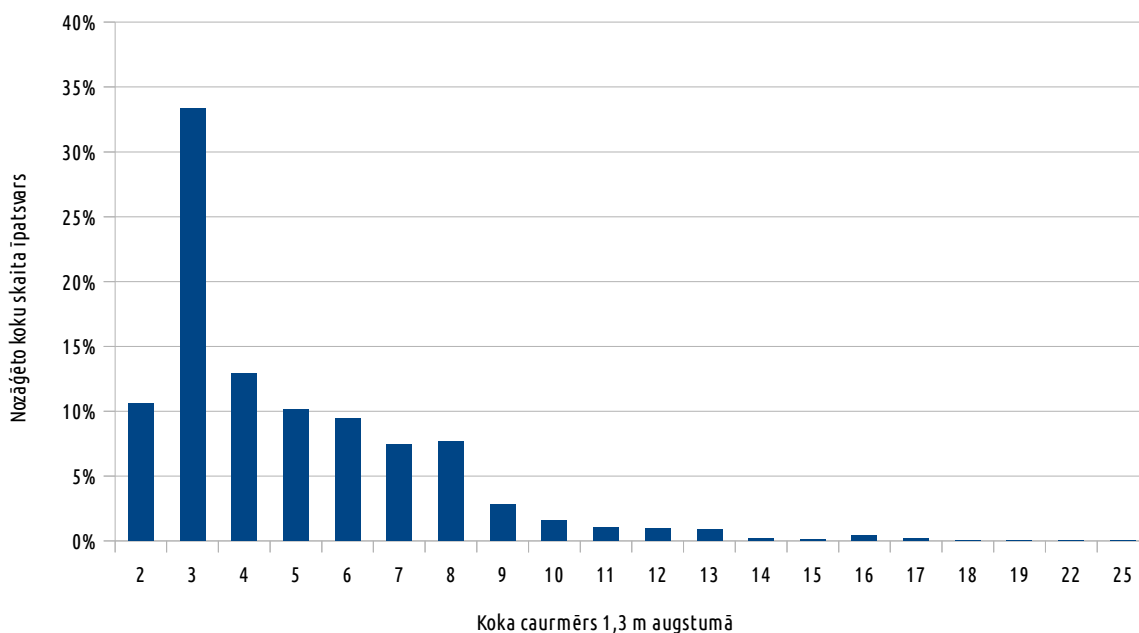
2013. gads

Darba laika uzskaitē veikta 2 dienas, kopējais darba laiks bija 24,57 stundas, sagatavoti 34 m³ kokmateriālu jeb 17 tonnas biomasas (Tab. 7). Lielākā daļa nostrādātā laika izmantota kokmateriālu sagatavošanai – tiešais darba laiks ir 62 % no kopējā (Att. 18); iebraukšana un izbraukšana no audzes kā arī darba cikls, kas nenoslēdzās ar kokmateriālu sagatavošanu (nedarbi un remonts), ir 38 % no kopējā nostrādātā laika. Samērā daudz laika patērēts pameža zāģēšanai, kas saistīts ar liela skaita krūmu un kociņu sagatavošanu vienā darba ciklā, kad nav noteikts vidējā koku caurmērs un nozāģēto kociņu skaits. Neuzskaitītā biomasa, kas veidojas pameža zāģēšanā, ir neliela daļa no kopējās biomasas, jo pameža zāģēšanas uzskaitē ietverti lielākoties kociņi un krūmi ar caurmēru 1-3 cm diametrā. Lielākā daļa no šīs biomasas nenonāca kokmateriālu kaudzītēs. Ar kokmateriālu sagatavošanu nesaistīto darbību samērā augstais īpatsvars (30 %) izskaidrojams ar regulāriem tehnikas remontiem. Detalizēts darba laika patēriņa sadalījums parādīts Tab. 6.



Att. 18: Nostrādātā laika sadalījums 2013. gadā.

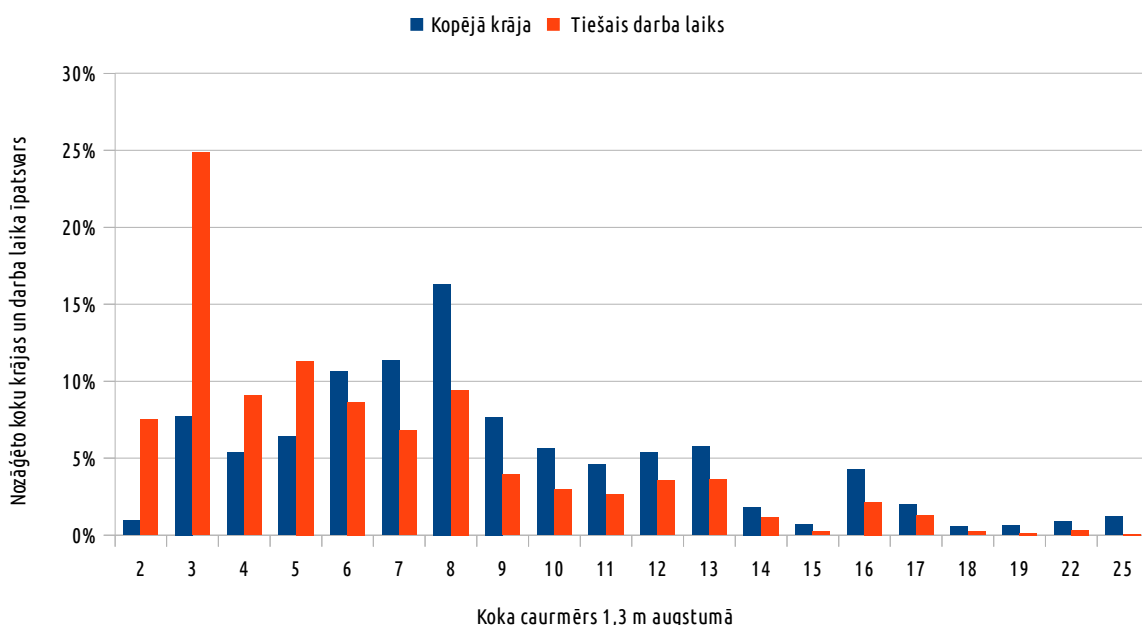
Izstrādes laikā zāgēti lielākoties 3 cm tievi koki, kuru īpatsvars no kopējā nozāgēto koku skaita ir 33 % (Att. 19), bet krāja – tikai 8 % (Att. 20) no sagatavotajiem kokmateriāliem. Šo koku sagatavošanai patērēti 25 % no tiešā darba laika, kas liek rūpīgi izvērtēt sīkkoku mašinizētas izstrādes lietderīgumu.



Att. 19: Ar John Deere 1070 D nozāgēto koku īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.

Attiecība starp sagatavoto krāju m^3 un tiešā darba laika patēriņu ir lielāks par vienu un pieaug sākot ar 6 cm resniem kokiem (Att. 20). Arī pētījumā Zviedrijā noskaidrots, ka mašinizēta

apauguma novākšana ar Bracke C16.b gar elektrolīnijām kļūst izdevīgāka par manuālu apauguma zāģēšanu, sākot ar 6 m augstiem kokiem (koku caurmērs zviedru pētījumos nav uzrādīts, bet pie liela koku skaita var pieņemt, ka koku caurmēra un augstuma attiecība ir 1, Fernandez-Lacruz *et al.*, 2013). Tādēļ, izvērtējot apstākļus (krūmu biezību, grāvja dziļumu utt.), nepieciešams ierobežot koku tievāku par 6 cm kociņu izstrādi ar Bracke C16.b, tā vietā plānojot šāda apauguma manuālu novākšanu vai grāvja tīrīšanu ar mulčētāju pēc resnāko koku nozāģēšanas ar Bracke C16.b. Šādā gadījumā izstrādātā krāja samazinātos par 20 %, bet darba ražīgums pieaugtu par 53 %. Pieņemot, ka harvestera motorstundas izmaksas ir 80 EUR, tiešās darba izmaksas samazinātos par 632 EUR (neskaitot apauguma novākšanas izmaksas, izmantojot rokas motorinstrumentus).



Att. 20: Nozāģēto koku krājas un tiešā darba laika īpatsvars atkarībā no koku caurmēra 2013. gada izmēģinājumos.

Otrajā dienā vairāk izmantota koku paketēšanas funkcija (vidēji 1 darba ciklā sagatavoti 3 koki, bet 1. dienā – 2 koki) un apstrādāts par aptuveni 1000 kokiem vairāk, tomēr tieši 1. dienā ir konstatēts mazāks tiešā darba laika patēriņš 1 m³ koksnes sagatavošanai (Tab. 6), kas saistīts ar lielākas dimensijas koku zāģēšanu (1. dienā vidējā koka tilpums 0,031 m³ un 2. dienā 0,019 m³, Tab. 6). Koku pārzāģēšanai patērētais laiks 1 m³ sagatavošanai ir uz pusi lielāks 1. dienā, tomēr 2. dienā vairāk laika tika patērēts pārējām ar kokmateriālu sagatavošanu saistītām darbībām. No tā var secināt, ka koku dimensijām ir būtiskāka loma darba ražības palielināšanā, nekā koku paketēšanas funkcijai, taču darba ražīgumu var būtiski ietekmēt arī mašīnas tehniskais stāvoklis un operatoru nespēja pilnvērtīgi izmantot griezējgalvas tehniskās funkcijas.

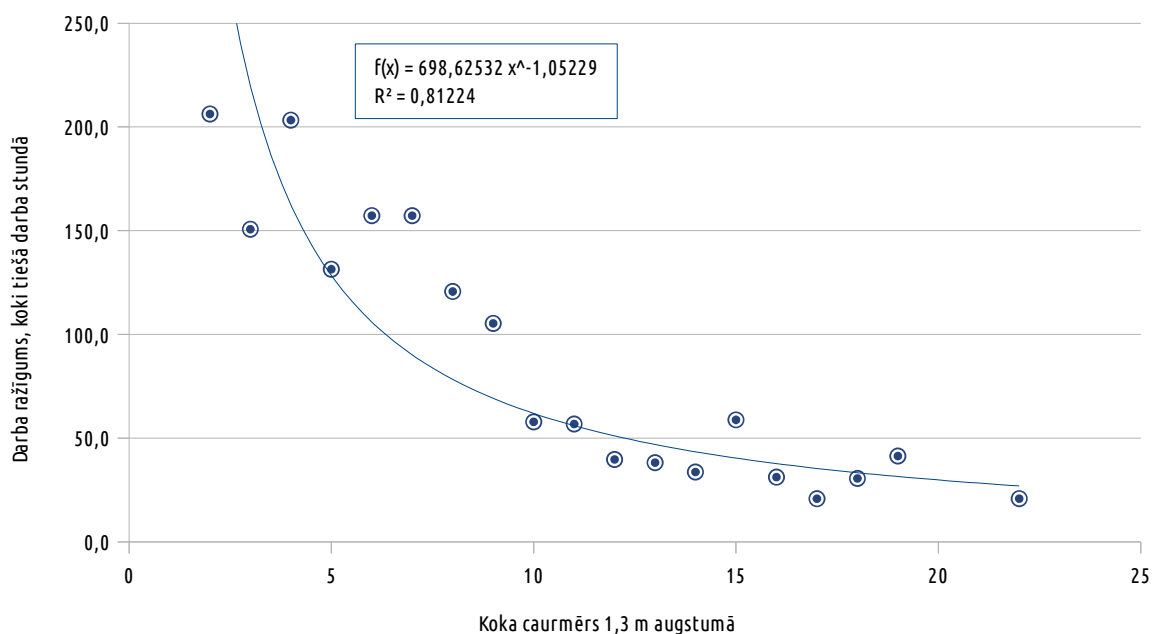
Tab. 6: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, sek. m⁻³

Datums	Sniedzas	Satver	Zāgē	Noliek	Pārzāgē	Citi darbi	Zāgē pamežu	Pārbrauc	Iebrauc	Izbrauc	Remontē	Nedarbi	Tiešais darba laiks	Efektīvais laiks	Kopējais laiks
28.08.2013	227	106	121	170	328	68	433	224	0	62	153	640	1456	1518	2312
29.08.2013	276	136	149	275	189	42	445	146	147	170	171	645	1648	1964	2780
Vidēji	255	123	137	231	247	53	440	179	85	125	164	643	1568	1778	2584

Tab. 7: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvestera darba laika uzskaites datiem

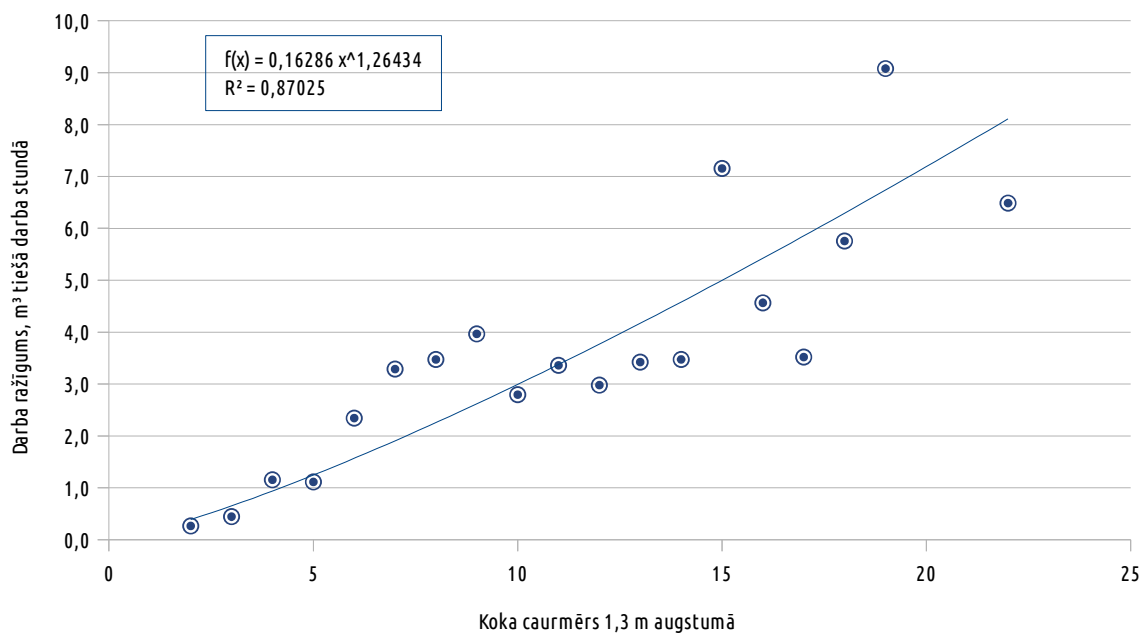
Audze	D, cm	Kopējais koku skaits	Koku skaits darba ciklā	Koka krāja, m ³	Kopējā krāja, m ³	Koka biomasa, kg	Kopējā biomasa, tonnas	Tiešais darba laiks no efektīvā	Tiešais darba laiks no kopējā	Tiešais darba laiks, sek. kg ⁻¹	Tiešais darba laiks, sek. koks ⁻¹
28.08.2013	7	740	2,972	0,031	14	14,07	7	95,90%	62,97%	3	28
29.08.2013	6	1773	3,966	0,019	20	8,79	10	83,88%	59,27%	3	19
Vidēji	6	2513	3,611	0,023	34	34,22	17	88,17%	60,65%	3	21

Stundā tiešā darba laika nozāgējamo koku skaitu būtiski ietekmē zāgējamo koku caurmērs – pieaugot caurmēram no 1 līdz 9 cm, stundas laikā nozāgējamo koku skaits samazinās gandrīz 4 reizes, kas saistīts ar nepieciešamību pārzāgēt garākus kokus. Zāgējot par 10 cm resnākus kokus, stundas laikā apstrādājamo koku skaits samazinās lēnāk (Att. 21). Ja vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir 8 cm, stundā tiešā darba laika var apstrādāt 120 kokus, kas atbilst Zviedrijā rekomendētajām produktivitātes normām (Lazdiņš & Thor, 2009).



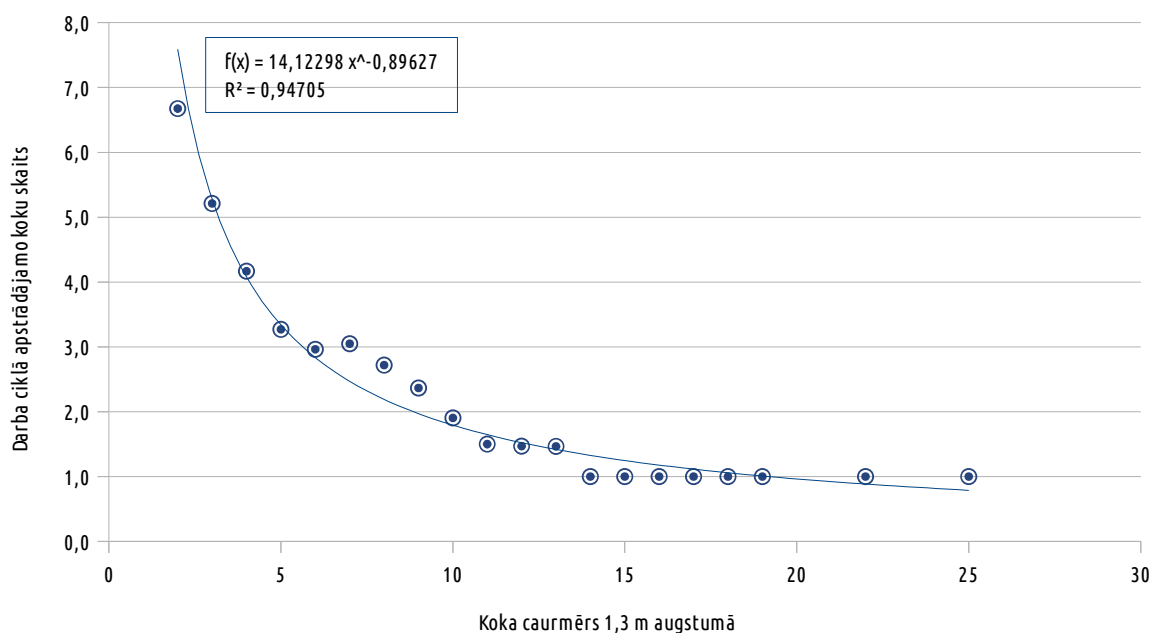
Att. 21: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība 2013. gada izmēģinājumos.

Apstrādājamo koku skaits tiešā darba stundā neraksturo darba ražību tik labi, kā tiešā vai kopējā darba stundā sagatavotā biokurināmā apjoms (m^3 vai tonnas). Biokurināmā izteiksmē vērojama pretēja tendence – pieaugot koku caurmēram palielinās darba ražīgums (Att. 22). Piemēram, zāgējot kokus 5 cm caurmēru, var sagatavot 130 kokus, kas atbilst 1 m^3 biokurināmā; savukārt, zāgējot 10 cm kokus, operators sagatavo 60 kokus tiešā darba stundā, kas atbilst 3 m^3 biokurināmā.



Att. 22: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāgējamā koka caurmēra sakarība 2013. gada izmēģinājumos.

Viens no svarīgākajiem rādītājiem, kas nosaka harvesteru ražīgumu, ir darba ciklā apstrādājamo koku skaits. Pētījumā konstatēts, ka, sākot ar 14 cm caurmēru, darba ciklā apstrādā tikai 1 koku (Att. 23). Arī Bracke C16.b izmēģinājumā jaunaudžu kopšanā konstatēts, ka, sākot no 15 cm caurmēra, 1 darba ciklā apstrādā tikai 1 koku (Kalēja & Lazdiņš, 2014).

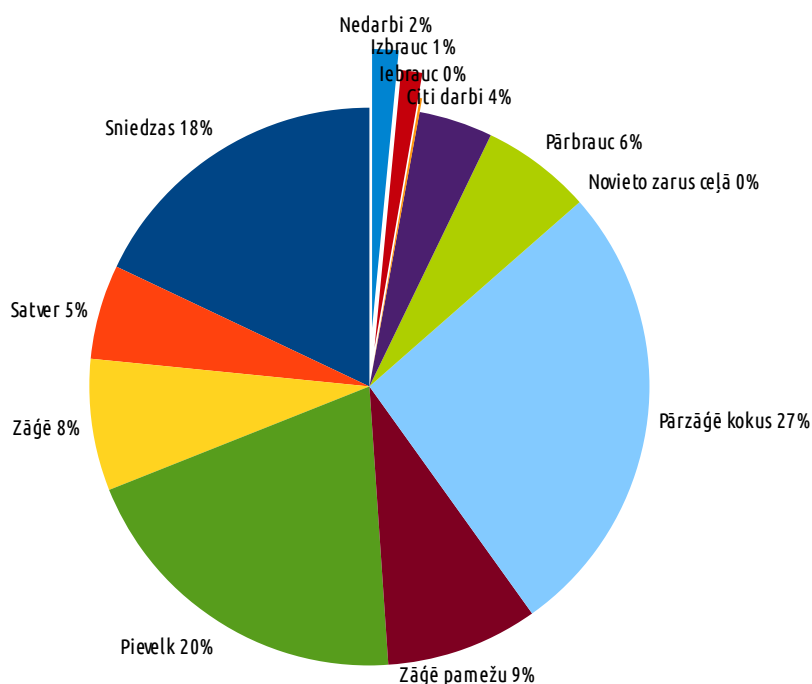


Att. 23: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība 2013. gada izmēģinājumos.

2015. gads

Darba laika uzskaitē veikta 4 dienas, kopējais darba laiks bija 13,1 stundas, sagatavoti 73 m³ kokmateriālu jeb 83 tonnas biomasas (Tab. 9). Darba laika uzskaites datu kopsavilkums dots Tab. 8.

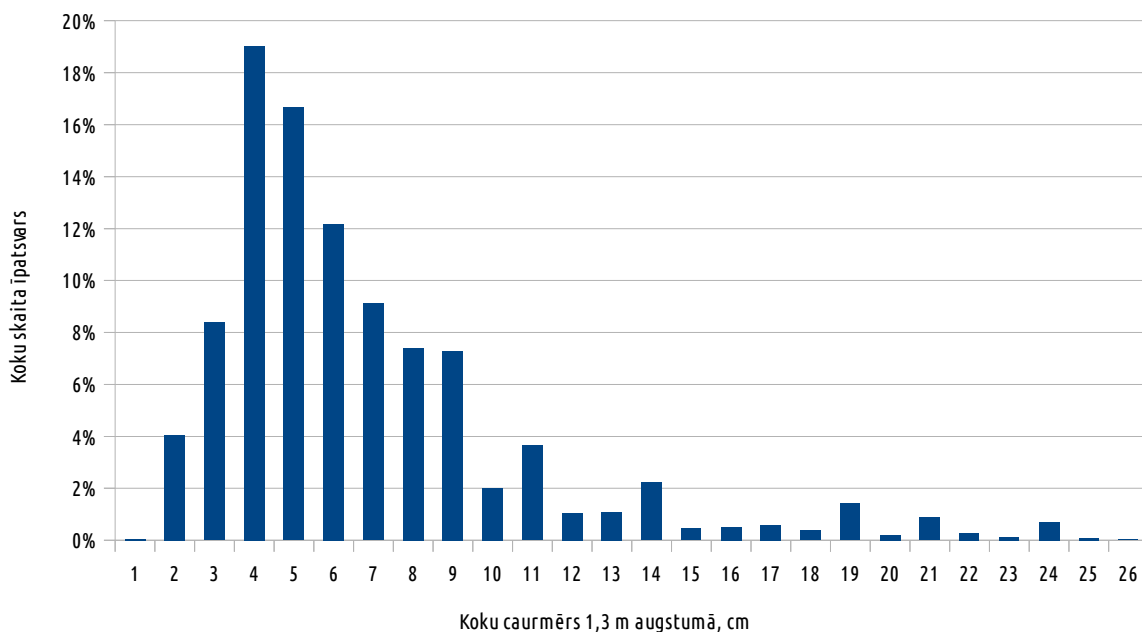
Lielākā daļa nostrādātā laika izmantota kokmateriālu sagatavošanai (sniegšanās, satveršana, zāgēšana, pievilksana, pārzāgēšana); tiešais darba laiks ir 97 % no kopējā darba laika (Att. 24); iebraukšana un izbraukšana no audzes kā arī darba cikls, kas nenoslēdzās ar kokmateriālu sagatavošanu (nedarbi un remonts), ir 1 % no kopējā nostrādātā laika (salīdzinot ar 38 % 2013. gadā). Būtiski mazāk darba laika nekā 2013. gadā patērēts pamežu zāgēšanai (9 % no kopējā darba laika). Detalizēts darba laika patēriņa sadalījums parādīts Tab. 8. Aptuveni 3 reizes palielinājies darba laika patēriņš koku pārzāgēšanai, kas saistīts gan ar vidēji lielāku dimensiju koku zāgēšanu 2015. gada izmēģinājumos, gan ar izteiktu tendenci pārzāgēt kokus pa vienam pirms to nogāšanas zemē. Saskaņā ar operatoru atzinumu, tā ir vieglāk strādāt, nebaudoties ielaist zemē zāģi vai satvērējus, pārzāģējot uz zemes guļošu koku pakas. Tomēr darba ražīgums būtiski palielinātos, ja operatori pārzāģētu kokus pēc nogāšanas uz zemes, vienlaicīgi apstrādājot vairākus kokus.



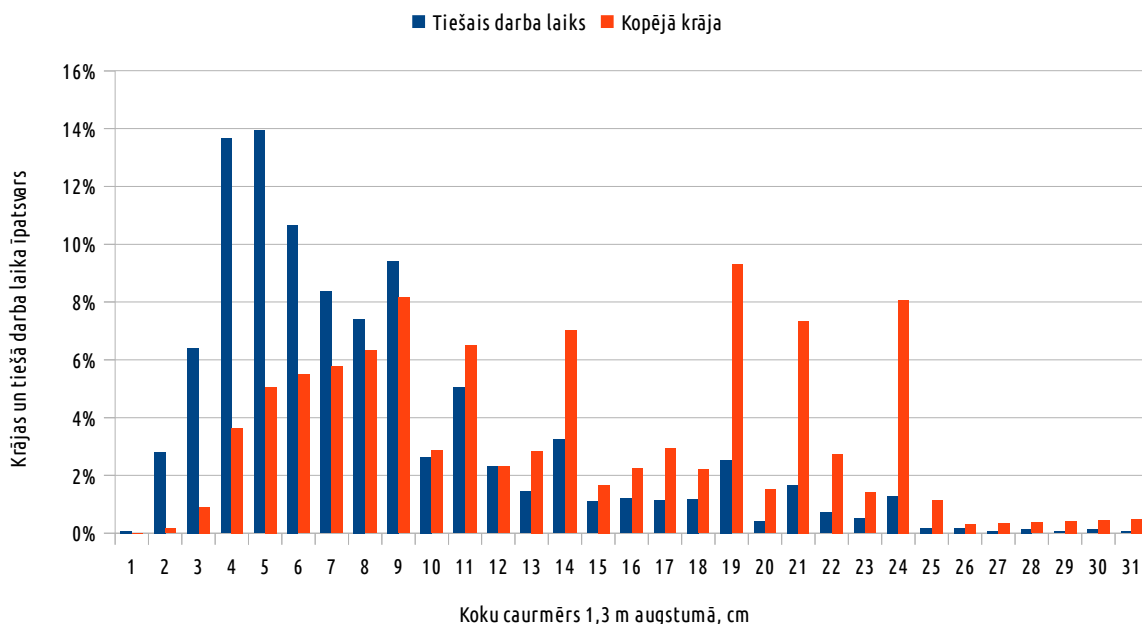
Att. 24: Nostrādātā laika sadalījums 2015. gadā.

Izstrādes laikā zāģēti lielākoties par 4 cm resnāki koki, bet līdz 3 cm resno koku īpatsvars samazinājies līdz 13 % no kopējā koku skaita (Att. 25). Par 6,1 cm tievāku kociņu krājas īpatsvars ir 15 %, bet patērētā darba laika īpatsvars – 48 % (Att. 26). Par 3,1 cm tievāko kociņu zāgēšanai patērēti 9 % tiešā darba laika. Darba ražīgums, zāģējot mazos kociņus un krūmus, ir būtiski uzlabojies, tomēr vēl arvien gandrīz pusi darba laika harvesteru operators izmanto, lai sagatavotu biokurināmo no kociņiem un krūmiem, kuru zāgēšana vairumā gadījumu nav lietderīga vai arī ir jāveic ar rokas motor-instrumentiem un mulčētājiem, ja nepieciešamību iegūt no kokaugu veģetācijas pilnībā attīrītu grāvi nosaka citi faktori, piemēram, pēc kokaugu apauguma novākšanas plānota grāvju tīrīšana vai jāuzlabo redzamība ceļmalās. Šādās

situācijās papildus izmaksas, kas veidojas, zāgējot sīkos kociņus un krūmus, jāiekļauj, attiecīgi, meliorācijas sistēmu vai ceļu uzturēšanas izmaksās.



Att. 25: Ar John Deere 1070 D nozāgēto koku īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm 2015. gada izmēģinājumos.



Att. 26: Nozāgēto koku krājas un tiešā darba laika īpatsvars atkarībā no koku caurmēra 2015. gada izmēģinājumos.

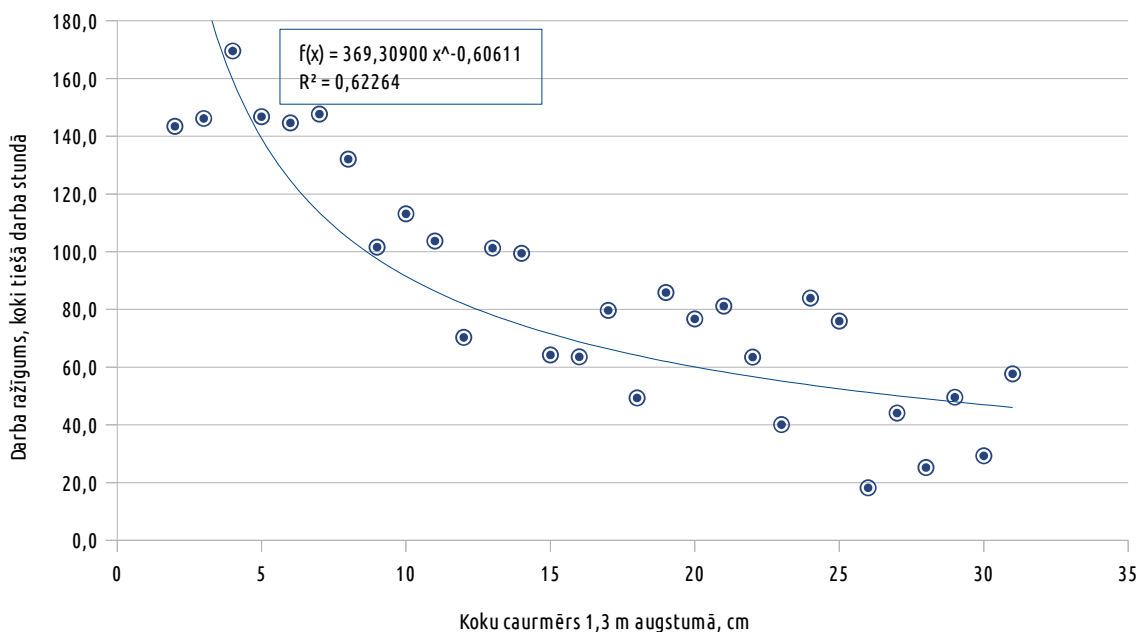
Tab. 8: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, sek. m⁻³

Audze	Sniedzas	Satver	Zāgē	Pievelk	Zāgē pamežu	Pārzāgē kokus	Novieto zarus ceļā	Pārbrauc	Citi darbi	Iebrauc	Izbrauc	Nav darbs	Tiešais darba laiks	Efektīvais laiks	Kopējais laiks
609-16-45	75	34	41	72	33	173	0	36	39	0	0	17	504	504	521
609-16-46	32	17	49	36	23	96	0	45	2	0	0	30	300	300	330
609-16-686	65	18	19	60	23	85	0	16	5	1	13	3	289	304	306
609-6-9	76	26	24	115	30	114	0	31	49	0	0	2	465	465	467
609-7-11	71	17	34	88	48	81	0	22	8	0	0	1	369	369	371
Vidēji	68	21	29	76	33	101	0	24	16	1	5	6	370	375	381

Tab. 9: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvestera darba laika uzskaites datiem

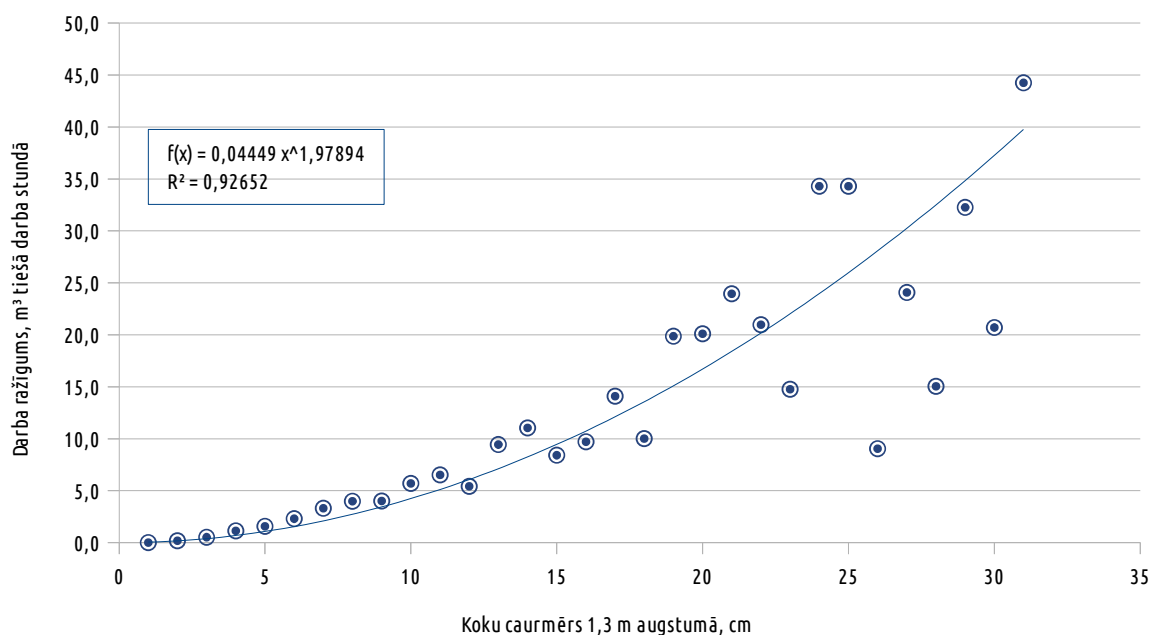
Audze	Augošo koku pārzāgēšana	D _{1,3} , cm	H, m	Kopējais koku skaits	Koku skaits darba ciklā	Koka krāja, m ³	Kopējā krāja, m ³	Koka biomasa, kg	Kopējā biomasa, tonnas	Tiešais darba laiks no efektīvā	Tiešais darba laiks no kopējā	Tiešais darba laiks, sek. m ⁻³	Tiešais darba laiks, sek. kg ⁻¹	Tiešais darba laiks, sek. koks ⁻¹
609-16-45	3,37%	12	15	208	1,169	0,105	20	70,365	13	100,00%	96,79%	504	0,76	48
609-16-46	62,00%	14	15	50	1,724	0,142	6	96,911	4	100,00%	90,82%	300	0,45	34
609-16-686	0,00%	13	15	467	1,478	0,121	45	81,810	30	95,29%	94,37%	289	0,43	28
609-6-9	6,52%	12	14	184	1,383	0,092	14	60,782	9	99,96%	99,48%	465	0,71	36
609-7-11	3,59%	12	15	446	1,327	0,105	40	70,314	26	100,00%	99,65%	369	0,56	33
Vidēji	4,87%	13	15	1355	1,366	0,109	124	73,485	83	98,62%	97,13%	370	0,55	34

Stundas laikā apstrādājamo koku skaitu būtiski ietekmē zāgējamo koku caurmērs, tomēr atšķirība vairs nav tik izteikta, kā 2013. gadā – nozāgējamā koka caurmēram pieaugot no 1 līdz 9 cm, stundas laikā nozāgējamo koku skaits samazinās aptuveni 2 reizes. Zāgējot par 10 cm resnākus kokus, stundas laikā apstrādājamo koku skaits turpina samazināties (Att. 27). Ja vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir 8 cm, stundā tiešā darba laikā var apstrādāt 132 kokus, attiecīgi, nedaudz vairāk kā 2013. gadā, tomēr atšķirība nav būtiska. Bracke griezējgalva spēj apstrādāt arī 25-30 cm resnus kokus (vidēji 40 koki tiešā darba stundā). Resnāko koku apstrādē būtiski palielinās pārzāgēšanai un citām darbībām patērējama laiks.



Att. 27: Stundā tiešā darba laikā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība 2015. gada izmēģinājumos.

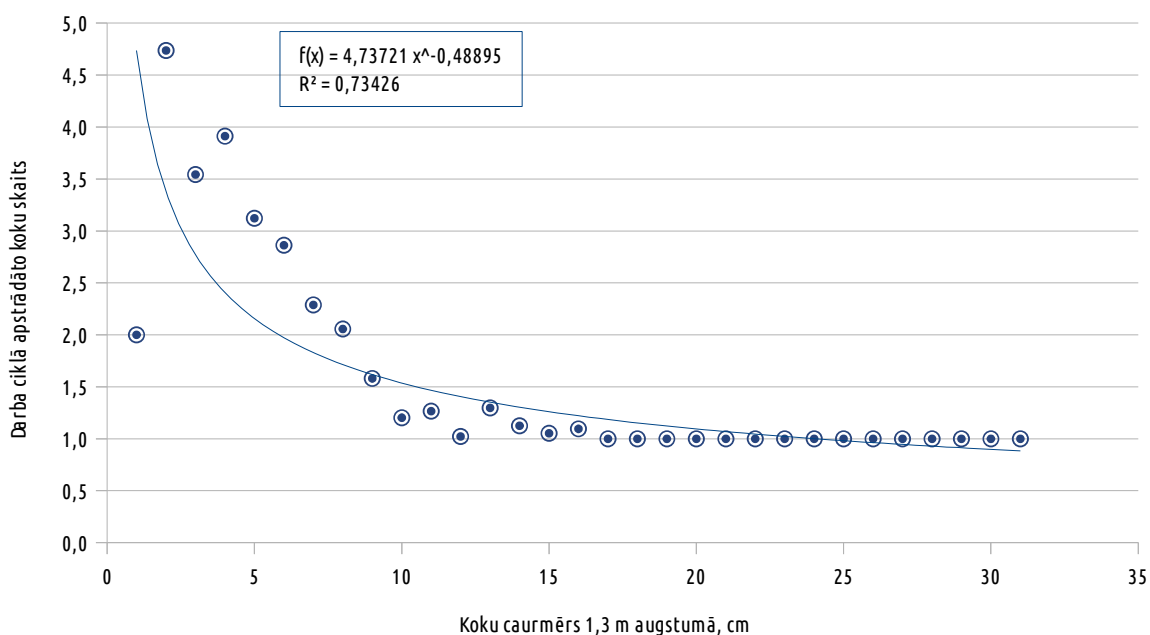
Pārrēķinot uz stundā tiešā darba laikā sagatavojamo kokmateriālu daudzumu, 2015. gadā, zāgējot 6 cm resnus kociņus, darba ražīgums bija 2,3 m³ tiešā darba stundā, bet, zāgējot 8 cm resnus kociņus – gandrīz 2 reizes lielāks – 4,0 m³ tiešā darba stundā (Att. 28). 2015. gadā ir būtiski palielinājies darba ražīgums resnāko koku nozāgēšanai un apstrādei; piemēram, zāgējot 20-30 cm resnus kokus, vidējais darba ražīgums ir 22 m³ tiešā darba stundā, bet, zāgējot 10-19 cm resnus kociņus – 10 m³ tiešā darba stundā.



Att. 28: Stundā tiešā darba laika sagatavojamā biokurināmā un nozāgējamā koka caurmēra sakarība 2015. gada izmēģinājumos.

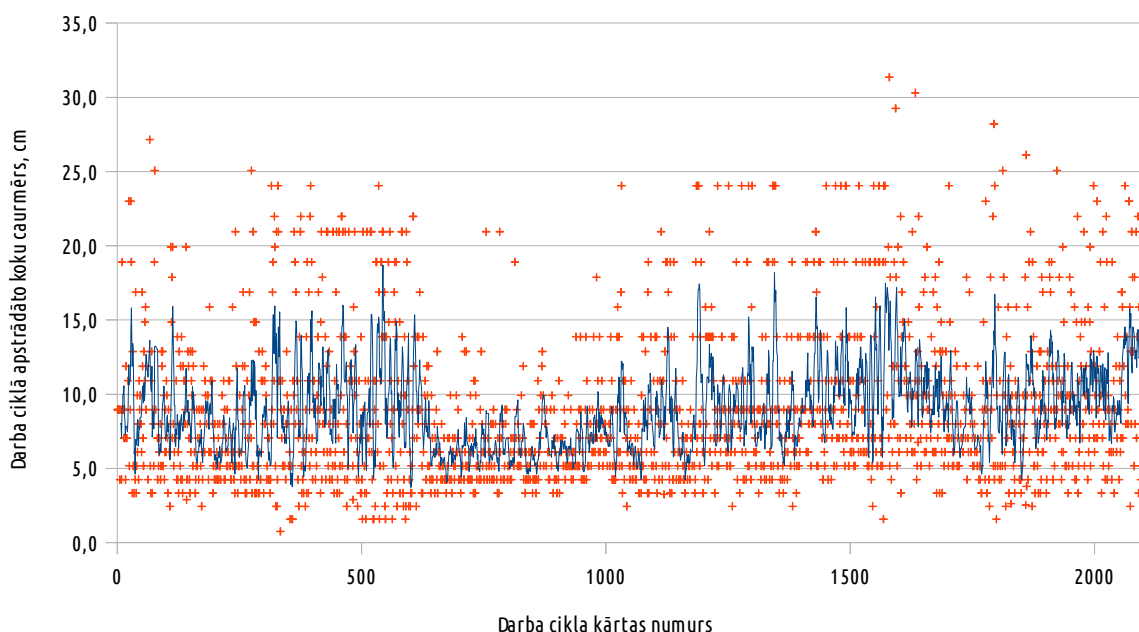
Pētījumā konstatēts, ka 2015. gadā harvestera operatori mazāk izmanto paketēšanas funkciju un, sākot jau no 10 cm caurmēra, darba ciklā apstrādā tikai 1 koku (Att. 29). Daļēji tas skaidrojams ar zāgējamo koku lielajām dimensijām – harvestera operators orientējas uz lielu dimensiju koku zāgēšanu un mazāk izmanto paketēšanas funkciju arī mazāko kociņu apstrādāšanai. Ne mazāk svarīga ir arī harvestera noturība, zāgējot kokus, kas aug uz tālākās grāvja malas; strādājot ar John Deere 1070, šo koku sasniegšana bieži vien ir problemātiska, jo mašīna ir par vieglu, lai noturētu strēli un griezējgalvu pilnā izlicē, tāpēc operators spiests apstrādāt kokus pa vienam, pielāgojoties šai darba metodei arī tuvāk pie harvestera augošajiem kokiem.

Izstrādājot grāvju trašu apaugumu, ir jāizvērtē iespēja izmantot smagākas bāzes mašīnas (piemēram, lietots John Deere 1270 harvesters vai vismaz 20 tonnas smags ekskavators), kas nodrošina lielāku noturību un ļauj palielināt darba ražīgumu, efektīvi izmantojot paketēšanas funkciju.



Att. 29: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība 2015. gada izmēģinājumos.

Pētījumā vērtēts arī dažādu dimensiju kociņu izvietojums darba grafikā – vai ir novērojama tendence, ka vienā pieturvietā zāgēti izteikti mazāki vai lielāki kociņi, salīdzinot ar nākošo apstāšanās vietu. Grafikā Att. 30 parādīts katrs nozāgētais koks (caurmērs un Y ass un kārtas numurs uz X ass) un 5 koku vidējais caurmērs (zilā raustītā līnija). Grafikā redzams, ka zāgējamo koku caurmērs ir ļoti mainīgs – blakus var atrasties darba cikli, kuros apstrādāti 20 cm un 4 cm resni koki. Tas nozīmē, ka mazie kociņi izvietoti izklaidus starp resnākajiem kociem un operatoram dinamiski jāpielāgojas atšķirīgam darba režīmam, pēc kārtas zāgējot tievākos un resnākos kokus. Iespējams, ka viens no risinājumiem darba ražīguma palielināšanai, izstrādājot sīkos kociņus, ir lielo koku nozāgēšana aizsniedzamības zonā vispirms, maksimāli izmantojot paketēšanas mehānismu un pārzāgējot jau uz zemes noliktus kokus, un mazo kociņu nozāgēšana vai nopļaušana pēc lielo koku nozāgēšanas. Strādājot šādā darba režīmā, var samazināt operatora noslodzi, pielāgojoties dažāda izmēra koku zāgēšanai, un (mūsdienīgām mežizstrādes mašīnām) arī degvielas patēriņu, samazinot dzinēja apgriezienus, zāgējot mazākos kociņus.



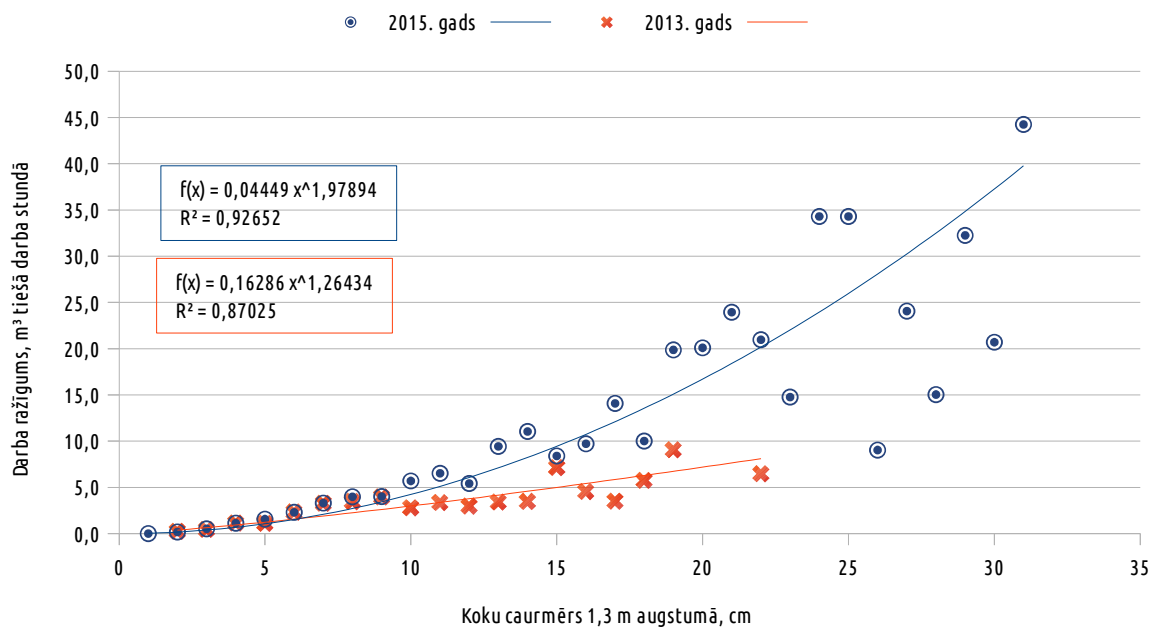
Att. 30: Dažādu dimensiju koku zāgēšana atbilstoši darba cikla kārtas numuram 2015. gada izmēģinājumos.

Darba ražīguma rādītāju salīdzinājums

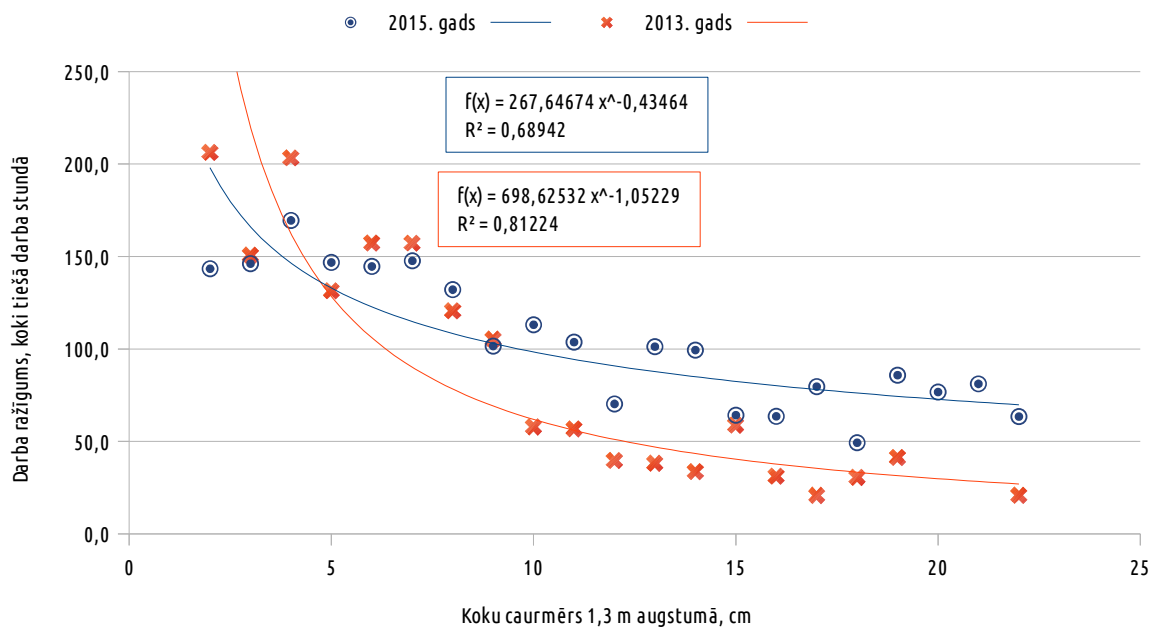
Saskaņā ar pētījuma rezultātiem grāvju trašu izstrādes darba ražīgums, izmantojot Bracke C16.b griezējgalvu, ir būtiski palielinājies, zāgējot par 10 cm resnākus kokus (Att. 31). Mazo kociņu izstrādes darba ražīguma palielinājumu 2015. gadā nosaka labāki darba apstākļi (mazāks par 6,1 cm tievāko kociņu īpatsvars), taču iegūtais rezultāts uzskatāmi demonstrē mazo kociņu saglabāšanas priekšrocības, veicot mehanizētu grāvju trašu apauguma izstrādi ar harvesteru.

Operatoru profesionālās kvalifikācijas palielināšanās uzskatāmi redzama Att. 32, kur parādīts stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaits, kas nedaudz samazinājies mazāko kociņu apstrādei, bet palielinājies gandrīz 2 reizes par 10 cm resnāku kociņu zāgēšanai. Ietekme uz vidējo darba ražīgumu nav tik liela, jo lielākā daļa nozāgējamo kociņu ir tieši mazāko dimensiju koki.

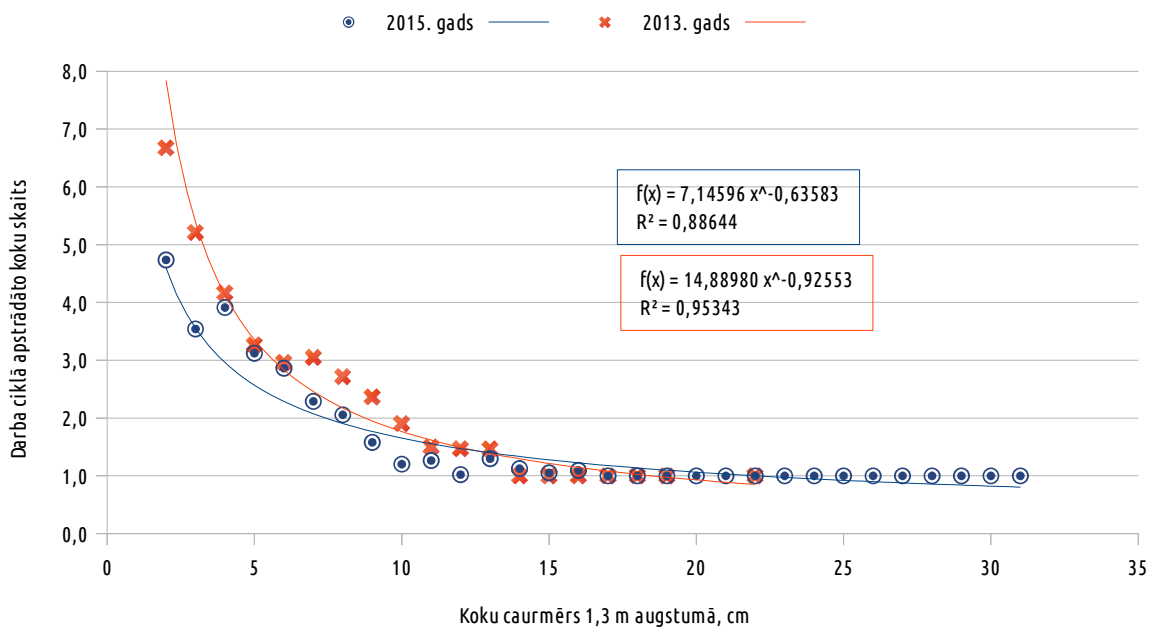
Operatori nav izmantojuši atsevišķas rekomendācijas darba ražīguma palielināšanai, kas izstrādātas 2013. un 2014. gadā, veicot grāvju trašu apauguma izstrādes un jaunaudžu kopšanas izmēģinājumus – samazinājies darba ciklā apstrādājamo koku skaits (Att. 33) un pieaudzis to gadījumu īpatsvars, kad garākos kokus pārzāgē pa vienam pirms nogāšanas zemē. Šīm parādībām ir gan objektīvi, gan subjektīvi iemesli, kas saistīti ar tehnikas īpatnībām (apgrūtināts darbs ar pilnu strēles izlīci, minimāls spiediens hidrauliskajā sistēmā, lēnas zāga kustības) un operatoru iepriekšējo pieredzi (ieradums apstrādāt kokus pa vienam). Būtisks darba ražīgumu un operatoru motivāciju ietekmējošs faktors ir kvalitātes prasības, kas nosaka pilnīgu apauguma novākšanu uz grāvjiem, attiecīgi, ārkārtīgi lielu (48 % saskaņā ar 2015. gada datiem) neracionāli izmantota darba laika īpatsvaru. Ja nelietderīgais (no saražoto kokmateriālu apjoma skatpunkta) darba laika patēriņš ir tik liels, operatoriem nav motivācijas palielināt darba ražīgumu lielāko koku zāgēšanai. Lai radītu motivāciju palielināt darba ražīgumu, ir jāsamazina nepieciešamība patērēt harvestera operatora darba laiku krūmu un mazo kociņu zāgēšanai.



Att. 31: Darba ražīguma salīdzinājums 2013. un 2015. gadā.



Att. 32: Tiešā darba stundā apstrādājamo koku skaits 2013. un 2015. gadā.



Att. 33: Darba ciklā apstrādājamo koku skaits 2013. un 2015. gadā.

SECINĀJUMI UN IETEIKUMI PRAKSEI

1. Salīdzinot John Deere 1070 harvestera, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, darba ražīgumu 2013. un 2015. gadā grāvju trašu apauguma novākšanā, konstatēts būtisks darba ražīguma pieaugums, veicot resnāko koku apstrādi, kas saistīts ar efektīvāku darba laika izmantošanu, uzlabotu bāzes mašīnas tehnisko stāvokli un operatoru pieredzes palielināšanos, tomēr būtiska ietekme ir arī labākiem darba apstākļiem 2015. gadā izstrādātajās platībās.
2. Izmēģinājumos, kas veikti 2015. gadā, harvestera operators retāk izmanto paketēšanas funkciju un darba ciklā apstrādājamo koku skaits ir samazinājies. Daļēji tas skaidrojams ar efektīvāku darba laika izmantošanu, nezāgējot un nevācot par 1,5 m īsākus sīkkokus un krūmus. Tomēr aktīvāka paketēšanas funkcijas izmantošana un, it īpaši, koku pārzāgēšana pēc nogāšanas, nevis sniedzoties pēc koku galotnēm, ļautu būtiski palielināt darba ražīgumu, salīdzinot ar 2015. gadā iegūtajiem rādītājiem.
3. Grāvju trašu izstrādes darba ražīguma palielināšanai, tajā skaitā efektīvākai paketēšanas funkcijas izmantošanai, Bracke C16.b griezējgalva uzstādāma uz John Deere 1270 vai līdzvērtīga harvestera vai arī vismaz 20 tonnas smaga kāpurķēžu ekskavatora, lai nodrošinātu komfortablus darba apstākļus visā strādes izlīces rādiusā.
4. Turpmāks darba ražīguma palielinājums, veicot grāvju trašu izstrādi ar harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, panākams, pilnveidojot darba uzdevumu – par 6 cm tievāko kociņu saglabāšana vai nozāgēšana ar rokas motorinstrumentiem vai mulčētājiem pēc biomasas sagatavošanas ar harvesteru, t.i. pilnībā atsakoties no kociņu, kas tievāki par 6 cm, zāgēšanas ar harvesteru; kā arī uzlabojot darba metodi – vispirms aizsniedzamības attālumā nozāgējot visus resnākos kokus un tad savācot atlikušos tievākos kociņus. Viens no paņēmieniem darba ražīguma palielināšanai ir tievāko kociņu, kas aug uz atbērtnes vai ceļa, nozāgēšana tos nesavācot, tādējādi samazinot darba laika patēriņu sīkkoku apstrādei izstrādes un pievešanas etapos.
5. Priekšlikumi, kas saistīti ar darba uzdevuma un darba metožu pilnveidošanu, izvērtējami turpmākajos pētījumos, nosakot faktisko darba ražīguma palielināšanas potenciālu, kā arī definējot robežu starp grāvju trašu tīrīšanas mežsaimniecisko nepieciešamību un citām prasībām, kas izriet no grāvju trašu funkcijām.

LITERATŪRA

1. Bergström, D., Bergsten, U. & Nordfjell, T. (2010). Comparison of boom-corridor thinning and thinning from below harvesting methods in young dense Scots pine stands. [online], Available from: <http://www.doria.fi/handle/10024/73313>. [Accessed 2012-08-05].
2. Bergström, D. & Fulvio, D. F. (2014). *Studies and demonstration on the use of a novel prototype harvester head in early fuel wood thinnings*. Umeå. (Demo Report 7).
3. Fernandez-Lacruz, R., di Fulvio, F. & Bergström, D. (2013). Productivity and profitability of harvesting power line corridors for bioenergy. *Silva Fennica* 47(1), article id 904.
4. Fulvio, D. F. & Bergström, D. (2013). *Studies of an innovative harvesting system in dense early thinnings* [online]. (2.10).
5. Kalēja, S. & Lazdiņš, A. (2014). *Darba metodes ietekme uz griezējgalvas Bracke C 16.b ražīgumu jaunaudzū kopšanā*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2014/01).
6. Lazdiņš, A., Kalēja, S. & Zimelis, A. (2014). Results of evaluation of Bracke C16.b working methods in coniferous and mixed stands. *Proceedings of Nordic Baltic Conference OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations*, Knivsta, Sweden, 2014. pp 106–109. Knivsta, Sweden: Skogforsk.
7. 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).
8. 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.
9. Lazdiņš, A., Zimelis, A. & Kalēja, S. (2015). *Biokurināmā sagatavošana jaunaudzū kopšanā, pirmajā krājas kopšanā un grāvju trašu apaugumā ar Moipu griezējgalvu*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2015/05).
10. Liepa, I. (1996). *Pieauguma mācība*. Jelgava: LLU.
11. Liepiņš, J., Lazdiņš, A., Prindulis, U. & Zimelis, A. (2014). Comparison of Bracke C16.b work methods in naturally regenerated grey alder stands. *Proceedings of Nordic Baltic Conference OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations*, Knivsta, Sweden, 2014. pp 100–102. Knivsta, Sweden: Skogforsk.