



# PÄRSKATS

## PAR PĒTĪJUMA

# ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS, PĀRSTRĀDES UN LOGISTIKAS RŪPNIECISKAIS PĒTĪJUMS

## DARBU IZPILDI

Pārskata nosaukums AR MOIPU 300F3 PAKETĒJOŠO  
GRIEZĒJGALVU APRĪKOTA JOHN DEERE  
1270 HARVESTERA DARBA RAŽĪGUMA  
NOVĒRTĒJUMS STARPCIRTĒ UN  
APAuguma NOVĀKŠANĀ

Līquma Nr. 3. 5.5-5.1-000p-101-12-8

Pārskata Nr. 2015/13

Pārskata versija 1.0

**Izpildes laiks** 03.01.2015 - 30.07.2015

**Izpildītājs** Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

## Salaspils 2015

## KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir noskaidrot cirtes veida, koku dimensiju un sugu ietekmi uz Moipu 300F griezējgalvas darba ražīgumu, veicot mežizstrādi ar John Deere 1270 harvesteru. Pētījumā, kas veikts no 2015. gada 1. jūnija līdz 6. jūnijam (darba laika uzskaites datu ieguve), noskaidrots darba ražīgums kopšanas un galvenajā cirtē (apauguma novākšanā), novērtētas biokurināmā un apaļo kokmateriālu ražošanas izmaksas, veikta izmaksu un ieņēmumu attiecības analīze un sagatavotas rekomendācijas darba ražīguma rādītāju uzlabošanai.

Pētījumā secināts, ka John Deere 1270 harvestera priekšrocības, strādājot ar Moipu 300F paketējošo griezējgalvu krājas kopšanas un apauguma novākšanā, ir samazināts degvielas patēriņš, mašīnas stabilitāte un liela strēles izlice. Šo priekšrocību izmantošanai jāpilnveido operatoru profesionālās iemaņas un darba metodes. Pētījumā nav konstatētas būtiskas darba ražīguma atšķirības krājas kopšanas un galvenajā cirtē. Abos cirtņu veidos operatori patērē daudz darba laika pameža un mazo koku un krūmu zāgēšana, tāpēc galvenais uzdevums harvestera darba ražīguma palielināšanai ir darba laika patēriņa samazināšana šīm operācijām. No mazo kociņu zāgēšanas var izvairīties, aktīvāk izmantojot kniebšanas mehānismu. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem darba ražīgums, gāžot kokus ar kniebšanas mehānismu nav būtiski mazāks, kā strādājot ar zāģi, tāpēc nav jāizvairās no koku kniebšanas.

Lai uzlabotu izstrādes un pievešanas kopējo darba ražīgumu, ir jāatrod kompromisa risinājums, kas ļauj maksimāli palielināt harvestera darba ražīgumu, tajā pat laikā būtiski nemazinot pievedējtraktora darba ražīguma rādītājus. Viens no iespējamiem risinājumiem motivācijas palielināšanai ir stundu likmes un izstrādes normu ieviešana pievedējtraktora un harvestera operatoru darba samaksas aprēķinā.

Lai nodrošinātu pozitīvu naudas plūsmu, strādājot ar Moipu 300F griezējgalvu un John Deere 1270 harvesteru, vidējam nozāģējamam kokam audzē jābūt vismaz 9 cm resnam 1,3 m augstumā. To var panākt gan piemeklējot atbilstošas audzes, gan samazinot par 7-8 cm tievāko nozāģējamo kociņu īpatsvaru. Moipu 300F griezējgalvu nav lietderīgi izmantot mežaudzēs, kur jāzāģē par 20 cm resnāki koki.

Pētījums veikts Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava" sadarbībā ar AS "Latvijas finieris", AS "Latvijas valsts meži" un SIA MNKC. Empīrisko datu ieguvei nodrošināja LVMI Silava zinātniskais asistents Modris Okmanis, pētījuma atskaiti sagatavoja Agris Zimelis, Andis Lazdiņš un Modris Okmanis.

# Saturs

<b>Kopsavilkums.....</b>	<b>2</b>
<b>Ievads.....</b>	<b>5</b>
<b>Izmēģinājumu objekti un Darba metodika.....</b>	<b>7</b>
Pētījumu objekti.....	7
Krājas kopšanas cirte.....	7
Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums.....	8
Darba metodes.....	10
Krājas kopšana.....	10
Kailcirte.....	11
Darba laika uzskaitē.....	12
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	14
Biomasas un krājas aprēķini.....	14
Pieņēmumi izmaksu aprēķiniem.....	17
<b>Darba rezultāti.....</b>	<b>20</b>
Izstrādes darba ražīgums.....	20
Krājas kopšanas cirte.....	20
Galvenā cirte.....	22
Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums.....	24
Izmaksu un ieņēmumu analīze.....	35
Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze.....	35
Krājas kopšanas cirte.....	35
Galvenā cirte.....	36
Jūtīguma analīze.....	38
Krājas kopšanas cirte.....	38
Galvenā cirte.....	41
Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums.....	43
Krājas kopšanas cirte.....	43
Galvenā cirte.....	44
<b>Secinājumi.....</b>	<b>46</b>
<b>Ieteikumi praksei.....</b>	<b>47</b>
<b>Literatūra.....</b>	<b>48</b>

## Attēli

Att. 1: Krājas kopšanas cirtes izmēģinājuma audze.....	7
Att. 2: Galvenās cirtes audze.....	8
Att. 3: Audze apauguma novākšanas laikā.....	8
Att. 4: John Deere 1270D harvesters1.....	9
Att. 5: Moipu 300F3 griezējgalva2.....	9
Att. 6: Kopšanas cirtei raksturīga aina3.....	11
Att. 7: Galvenajai cirtei raksturīga aina4.....	12
Att. 8: Sikkoku un galotņu paka galvenajā cirtē5.....	12
Att. 9: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.....	13
Att. 10: Regresijas vienādojums krūšaugsstuma caurmēra un koku augstuma sakarības rēķināšanai.....	14
Att. 11: Regresijas vienādojums krūšaugsstuma caurmēra un krājas sakarības rēķināšanai.....	15
Att. 12: Regresijas vienādojums krūšaugsstuma caurmēra un stumbra biomasas sakarības rēķināšanai.....	15
Att. 13: Regresijas vienādojums atlikumu īpatsvara noteikšanai (pēc Матузанис, 1988).....	16
Att. 14: Regresijas vienādojums malkas īpatsvara noteikšanai (pēc Матузанис, 1988).....	16
Att. 15: Regresijas vienādojums prognozējamās krājas aprēķiniem galvenajā cirtē6.....	17

Att. 16: Pieņēmumi par apaļo kokmateriālu cenu.....	19
Att. 17: Nozāgēto koku skaita un krājas sadalījums krājas kopšanas cirtē.....	21
Att. 18: Nozāgēto koku caurmērs katrā darba ciklā krājas kopšanas cirtē.....	22
Att. 19: Nozāgēto koku skaita un krājas sadalījums galvenajā cirtē.....	23
Att. 20: Nozāgēto koku caurmērs katrā darba ciklā galvenajā cirtē.....	24
Att. 21: Darba ražīgums, m <sup>3</sup> tiešajā darba stundā.....	25
Att. 22: Darba ražīgums, koki tiešajā darba stundā.....	25
Att. 23: Darba ciklā apstrādājamo koku sugas, caurmēra un darba ražīguma sakarība.....	28
Att. 24: Produktīvā darba laika sadalījums.....	29
Att. 25: Produktīvā darba laika sadalījums krājas kopšanas cirtē (Lazdiņš et al., 2015).....	30
Att. 26: Kniebšanas un zāģēšanas darba ražīguma salīdzinājums.....	30
Att. 27: Ražīgums tiešajā darba laikā, minūtes 1 koka apstrādei.....	32
Att. 28: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un caurmēra sakarība.....	33
Att. 29: Darba ciklā apstrādājamo koku caurmēra un atzarošanas ciklu skaita sakarība.....	33
Att. 30: John Deere 1070 un 1270 darba ražīguma salīdzinājums krājas kopšanas cirtē.....	34
Att. 31: Jūtīguma analīze krājas kopšanas cirtē.....	38
Att. 32: Jūtīguma analīze.....	41
Att. 33: Sagatavoto kokmateriālu struktūra.....	43
Att. 34: Izmaksu un ieņēmumu attiecība krājas kopšanas cirtē.....	44
Att. 35: Izmaksu un ieņēmumu attiecība galvenajā cirtē.....	44
Att. 36: Apaļo kokmateriālu un biokurināmā attiecība ieņēmumu struktūrā.....	45

## Tabulas

Tab. 1: Griezējgalvas raksturojums.....	10
Tab. 2: Izstrādes darba laika uzskaites elementi.....	13
Tab. 3: Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	14
Tab. 4: Ražošanas izmaksas atbilstoši uzņēmēja sniegtajiem datiem.....	17
Tab. 5: Degvielas patēriņa uzskaites rādītāju kopsavilkums.....	18
Tab. 6: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums krājas kopšanas cirtē.....	20
Tab. 7: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums galvenajā cirtē.....	22
Tab. 8: Galvenie darba ražīguma rādītāji.....	26
Tab. 9: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums visās cirtēs.....	26
Tab. 10: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums visās cirtēs, zāģējot egli.....	27
Tab. 11: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums visās cirtēs, zāģējot lapkokus.....	27
Tab. 12: Darba laika uzskaites datu kopsavilkums, sek. m <sup>-3</sup> .....	31
Tab. 13: Darba ražīgumu un sagatavotos kokmateriālus raksturojošie rādītāji.....	31
Tab. 14: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze krājas kopšanas cirtē.....	35
Tab. 15: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksa krājas kopšanas cirtē.....	36
Tab. 16: Krājas kopšanas izmaksas uz 1 ha.....	36
Tab. 17: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze galvenajā cirtē.....	36
Tab. 18: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksa galvenajā cirtē.....	37
Tab. 19: Mežizstrādes izmaksas uz 1 ha.....	37
Tab. 20: Pieņēmumi vidējā nozāgētā koka caurmēra ietekmes uz izmaksām un ieņēmumu bilances analīzei.....	40
Tab. 21: Pieņēmumi vidējā nozāgētā koka caurmēra ietekmes uz izmaksām un ieņēmumu bilances analīzei galvenajā cirtē.....	42

## IEVADS

Moipu griezējgalvu izmantošanas iespējas biokurināmā sagatavošanā vērtētas vairākos pētījumos Somijā, Zviedrijā un Austrijā. Somijā veikts pētījums par integrētas biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas darba metodes (kokmateriālus krauj 2 kaudzītēs – biokurināmais un papīrmalka) pielietošanu kopšanas cirtēs. Pētījumā vērtēts darba ražīgums jaunaudžu kopšanā, iegūto kokmateriālu apjoms un, izmantojot paketēšanas mehānismu, sagatavotās papīrmalkas kvalitāte. Pētījumā noskaidrots, ka integrētā biokurināmā un papīrmalkas sagatavošanas metode būtiski palielina kokmateriālu iznākumu, salīdzinot ar tradicionālo (apaļie kokmateriāli un biokurināmais tiek sagatavoti atsevišķos darba ciklos) darba metodi. Pieaugot iegūto kokmateriālu apjomam, integrētās biokurināmā un papīrmalkas sagatavošanas metodē proporcionāli palielinās arī harvesteru darba ražīgums. Atzarošanas kvalitāte un sagatavoto kokmateriālu garuma izkliede, izmantojot paketēšanas mehānismu, būtiski neatšķirās no rādītājiem, kas iegūti, apstrādājot katru papīrmalkas sagatavošanai piemēroto koku atsevišķi. Sagatavotais kokmateriālu daudzums mērīts ar svariem, kas uzstādīti uz pievedējtraktora strēles. Pētījumā izdarīts secinājums, ka integrētā biokurināmā un apaļo kokmateriālu (papīrmalkas) sagatavošana, izmantojot paketēšanas mehānismu, nodrošina labākus darba ražīguma rādītājus un ir ieviešama praksē jaunaudžu un krājas kopšanā (Kalle Kärhä, 2009).

Austrijā testēta Moipu 400E griezējgalva, kas uzstādīta Timberjack 1110D pievedējtraktoram. Izmēģinājumi veikti 34-40 gadus vecās priedes un ozola audzēs. Pētījuma mērķis bija noskaidrot, vai pievedējtraktora, kas aprīkots ar paketējošo griezējgalvu, izmantošana ļauj samazināt jaunaudžu kopšanas izmaksas. Mežizstrādes darba ražīgums izmēģinājumos bija 4,11 m<sup>3</sup> produktīvajā stundā vai 3,16 m<sup>3</sup> darba stundā pie vidējā koka izmēra 0,05 m<sup>3</sup>. Vidējais kravas lielums bija 3,71 m<sup>3</sup>, vidējais pievešanas attālums 89 m. Biokurināmā piegāžu (izstrāde, pievešana, šķeldošana un šķeldu transports) modelētās izmaksas šajā izmēģinājumā bija 91,60 EUR produktīvajā stundā vai 77,84 EUR par sausnas tonnu (12,97 EUR ber. m<sup>-3</sup>). Austrijā pozitīvu naudas plūsmu var nodrošināt arī tad, ja šķeldu piegādes izmaksas ir 78 EUR par sausnas tonnu. Moipu griezējgalva uzrādīja labākus rezultātus priežu audzēs, bez grūtībām apstrādājot kokus ar caurmēru līdz 30 cm. Ozolu un dižskabārža audzēs labi ražības rādītāji iegūti, apstrādājot līdz 25 cm resnus kokus. Pētījumā secināts, ka izmaksu samazināšanai pievedējtraktoru ar griezējgalvu lietderīgi izmantot audzēs, kur vidējā nozāgējamā koka tilpums nav mazāks par 0,05 m<sup>3</sup> (Rottensteiner Christian, 2008).

Vēl vienā pētījumā novērtēts Moipu 400E griezējgalvas, kas uzstādīta uz harvardera, darba ražīgums jaunaudžu kopšanā. Darba ražīgums izstrādei un pievešanai bija 3,3 m<sup>3</sup> produktīvajā stundā, ja nozāgējamo koku tilpums bija vidēji 0,025 m<sup>3</sup>, sagatavoto kokmateriālu daudzums – 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, vidējās kravas apjoms – 6,2 m<sup>3</sup> un pievešanas attālums 250 m. Izstrāde un sortimentācija aizņēma 45 % no efektīvā darba laika. Tehnoloģisko koridoru izzāgēšana aizņēma 18 % darba laika un kravu veidošana – 17 % no darba laika. Braukšanai ar kravu patērēti 6 % darba laika un bez kravas – 5 % darba laika. Pārbraucieni pa audi aizņēma 5 % no efektīvā darba laika (Laitila & Asikainen, 2006). Vidējie harvardera darba ražīguma rādītāji Somijā ir mazāki nekā, kas saistīts ar lielāku pievešanas attālumu.

Zviedrijā veikts pētījums, kurā salīdzinātas dažādas harvesteru griezējgalvas, kas pozicionētas, kā jaunaudžu kopšanas cirtēm piemērotas biokurināmā sagatavošanas galvas. Zviedru pētnieki konstatējuši, ka atbilstošas tehnikas, tajā skaitā griezējgalvas, izvēle ļauj samazināt izmaksas

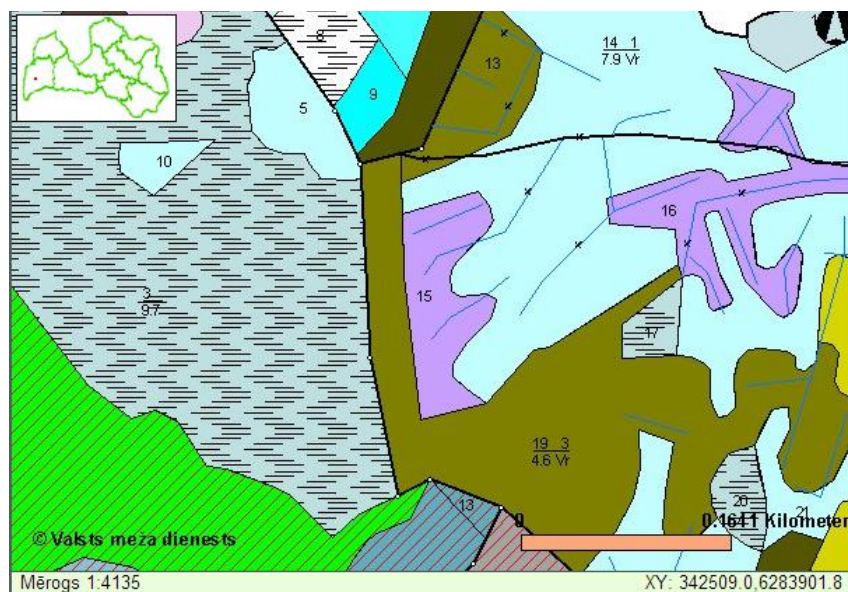
biokurināmā sagatavošanai par 10 %, bet darba metožu pilnveidošana ļauj samazināt izmaksas vēl par 10 %. Apzinot mežizstrādes uzņēmumus, secināts, ka lielākā daļa kopšanā izmanto harvesterus ar garu (10 m) strēli un modificētu apaļo kokmateriālu griezējgalvu, kurai pievienots paketēšanas mehānisms. Biokurināmo, tajā skaitā sīkkoksni, šķeldo augšgala krautuvēs un pēc tam piegādā patērētājam. Grāvju trašu un citāda veida apauguma novākšanā Zviedrijā izplatītākas kniebējgalvas, kas uzstādītas pievedējtraktoriem. Moipu 300 un 400 griezējgalvas zviedru zinātnieku vērtējumā ierindotas starp Silvatec, Risutec, Silvaro K 250, Keto Forst, Naarva 1500-40E un JD 730 griezējgalvām, kā piemērota līdz 30 cm resnu koku zāgēšanai (Wide lwarsson, 2008). Visām giljotīnas tipa galvām kā galvenie trūkumi atzīmēti lēnums, prasība pēc liela darba spiediena hidraulikas sistēmā un kokmateriālu iekraušanai nepiemērota satvērēju konstrukcija. Mazākās izmaksas un lielākā neto peļņa ir darba metodēs, kas paredz tikai papīrmalkas sagatavošanu. Gatavojot biokurināmo, Zviedrijā efektīvāka daļēji atzarotas koksnes sagatavošana, nevis veselu koku izstrāde (Bracke C16 tipa griezējgalvas).

# IZMĒĢINĀJUMU OBJEKTI UN DARBA METODIKA

## Pētījumu objekti

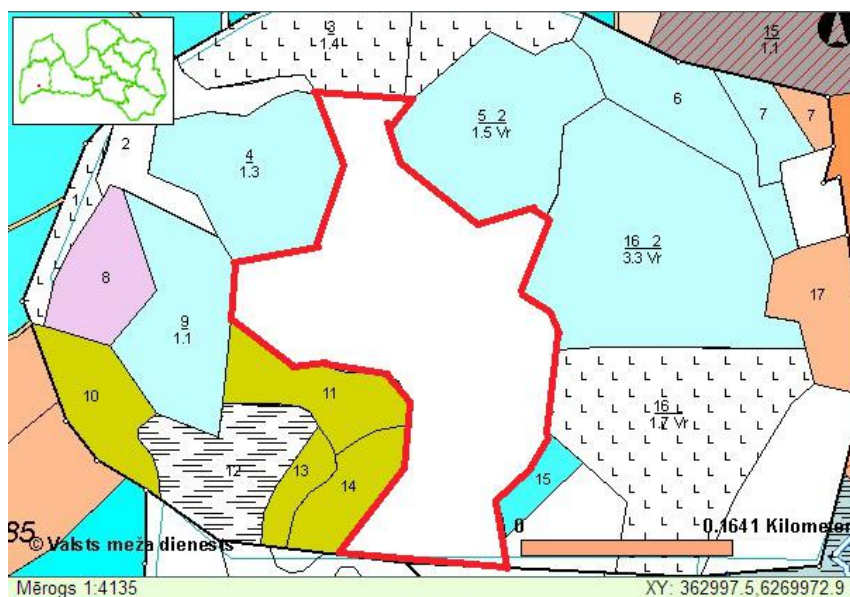
### Krājas kopšanas cirte

Kopšanas cirtes izmēģinājumi veikti AS "Latvijas finieris" apsaimniekotā 0,7 ha lielā lapkoku jaunaudzē (1. kvartāls 15. nogabals, Att. 1). Pameža koku skaits, izņemot atsevišķas teritorijas, nebija liels un netraucēja mežizstrādi, tāpēc pirms mašinizētās izstrādes netika veikta pameža zāģēšana.



Att. 1: Krājas kopšanas cirtes izmēģinājuma audze.

Apauguma novākšanas (galvenās cirtes) izmēģinājumi dabiski apmežotā platībā bijušā lauksaimniecības zemes (Att. 2). Šajā audzē apaugums bija neviendabīgs – no jaunaudžu kopšanai līdz galvenajai cirtei raksturīgām kociņu dimensijām (Att. 3). Arī šajā objektā pameža zāģēšana pirms mašinizētās izstrādes nav veikta.



Att. 2: Galvenās cirtes audze.



Att. 3: Audze apauguma novākšanas laikā.

## Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums

John Deere 1270 harvesters (Att. 4) ar Moipu 300F3 griezējgalvu (Att. 5). Harvestera hidraulikas darba spiediens ir 24/28 MPa, strēles izlice 10 m, dzinēja jauda 228 zirgspēki (170 kW). Harvestera garums – 7,55 m, platums 2,96 m, pašmasa 18 tonnas. Degvielas patēriņš saskaņā ar uzņēmuma sniegto informāciju vidēji 12 L darba stundā. Kabīnes rotēšanas leņķis 160°. Harvestera strēle pie pilnas izlices (10 m) spēj noturēt līdz 2 tonnas lielu smagumu, t.i., neskaitot griezējgalvas masu, 1,3 tonnas smagu koku. Izmēģinājumu platībās šāds rādītājs atbilst 20-27 cm resniem kokiem.

Harvesters izmēģinājumu laikā bija aprīkots ar sagatavoto kokmateriālu uzskaites sistēmu, kas fiksēja sagatavoto apažo kokmateriālu apjomu.





Att. 4: John Deere 1270D harvesters<sup>1</sup>.



Att. 5: Moipu 300F3 griezējgalva<sup>2</sup>.

Moipu 300F3 griezējgalvu raksturojošās īpašības ir:

- plašs satvērēju atvērums (130 cm) koku pārkraušanas darba ražīguma palielināšanai;
- plati padeves veltni ar noapaļotiem galiem, lai novērstu to iekļīlēšanos, kas uzlabo mazo koku atzarošanas kvalitāti un nodrošina paketējošo funkciju;
- paketēšanas funkcija, ko nodrošina padeves veltni un papildus satvērēji (nav iekļauti bāzes komplektācijā);
- vienasmens kniebējs, kas paredzēts sīku koku un krūmu nogāšanai, samazinot griezējmehānisma nolietojumu.

<sup>1</sup> Foto: <http://www.drastich.cz/en/images/new-obrazky/1270.jpg>

<sup>2</sup> Foto: <http://www.moisioforest.com/images/tuotteet/3d-mallit/M300-F3.jpg>

Pārējie griezējgalvas parametri raksturoti Tab. 1.

**Tab. 1: Griezējgalvas raksturojums**

Nr.	Rādītājs	Skaitliskā vērtība
1.	Optimālais zāgējamo koku caurmērs	5-25 cm
2.	Maksimālais nozāgējamā koka caurmērs	40 cm zāgim; 15 cm nazim
3.	Padeves veltnu ātrums	5 m s <sup>-1</sup>
4.	Ievilkšanas spēks	17 kN
5.	Padeves veltnu atvērums	35 cm
6.	Rāmja augstums	120 cm
7.	Masa	700 kg
8.	Ieteiktās bāzes mašīnas	Lielākie pievedējtraktori, mazie un vidējās klases harvesteri un vidēji smagi ekskavatori
9.	Papildus aprīkojums un funkcijas	Garuma un caurmēra uzmērīšana, paketēšanas aprīkojums, celmu apstrādes aprīkojums, rotatora bremze

Veicot izmēģinājumus ar John Deere 1070D harvesteru, secināts, ka griezējgalvai vai harvesteram, iespējams, ir tehniskas problēmas ar eļļas padevi uz kniebējmehānismu, jo tā kustības ātrums bija būtiski mazāks, nekā zāga sliedes kustības ātrums; tāpat, grūtības radās ar zarainu un līkumainu koku atzarošanu. Paketēšana ar padeves veltniem darbojās pietiekoši labi, taču to nelielais atvērums būtiski ierobežoja pakojamo koku skaitu un paketēšanas funkciju nevarēja izmantot pilnvērtīgi.

Pētījumā, kas veikts 2014.-2015. gadā, secināts, ka abu atzarošanas nažu pāru darbināšana no 1 hidrocilindra ir galvenais iemesls sliktajai atzarošanas kvalitātei, apstrādājot lielākus kokus. Biokurināmā sagatavošanai izmantotajiem mazākiem kociņiem, kam atzarošanas kvalitāte nav būtiska, griezējgalvas konstrukcija ir optimāla (Lazdiņš *et al.*, 2015).

## **Darba metodes**

### **Krājas kopšana**

Kopšanā izmantota tradicionālā darba metode individuālu koku izkopšanai, kad vispirms perpendikulāri tehnoloģiskajam koridoram abās pusēs no harvestera izzāgē slejas, kurās novieto nozāgētos kokus, katru sleju cenšas veidot ne vairāk kā divos darba ciklos, attālums starp slejām aptuveni 5 m (atkarībā no audzes biezības). Pēc sleju izzāgēšanas izkopj atlikušo audzes daļu starp slejām (Att. 6). Pirms kopšanas pamežu nezāgēja. Izmēģinājumos gatavoti apaļo kokmateriālu veidi (papīrmalka, taras kluči, zāgļaķī, malka) un apvienots biokurināmā sortiments no neatzarotām galotnēm, pameža kokiem un mežizstrādes atliekām. Darbā maksimāli izmantots paketēšanas mehānisms, biokurināmā sortimenta garums nepārsniedz 6 m. Apaļo kokmateriālu garums ir līdz 3 m.



**Att. 6: Kopšanas cirtei raksturīga aina<sup>3</sup>.**

Operatoriem bija dots uzdevums nezāgēt pameža kokus, kas netraucē mežizstrādei un turpmākajai audzes attīstībai, taču ar šī nosacījuma izpildi radās grūtības; mazo kociņu zāgēšanu operators argumentēja ar nepieciešamību attīrīt vietu apaļo kokmateriālu un mežizstrādes novietošanai. Vislielākās grūtības rada tieši mežizstrādes atlieku un neatzarotu sīkkoku novietošana, jo tie aizņem lielu platību. Apaļos kokmateriālus kopšanas cirtē var kraut lielākās kaudzītēs, izvēloties optimālu vietu kokmateriālu novietošanai vai arī attīrot nelielu laukumu kokmateriālu satveršanai ar kausu. Būtiski, lai pievedējtraktors ir aprīkots ar pacelšanas "tilt" funkciju, lai varētu izcelt kokmateriālus no audzes vertikālā stāvoklī, neradot paliekošo koku bojājumus. Veicot kopšanas cirtes audzēs ar blīvu pamežu, ir jāizvērtē ieguvums, kas veidojas, gatavojot biokurināmo no sīkkokiem un mežizstrādes atliekām un darba ražīguma zudumi, gatavojot daļēji atzarotu biokurināmā sortimentu, kas aizņem daudz mazāku platību, attiecīgi, samazina nepieciešamību zāgēt sīkos kociņus. Pētījumi par pameža ietekmi uz darba ražīgumu Latvijā ir veikti, secinot, ka ietekme uz darba ražīgumu pastāv, taču nav būtiska (Kalēja *et al.*, 2014a; Prindulis & Lazdins, 2015). Objektīvu rezultātu iegūšanai nepieciešama ilgstoša adaptācija darba metodei, nodrošinot saskaņotu harvestera un pievedējtraktora operatoru darbu. Novērojumi darba laika uzskaites izmēģinājumos norāda uz nepieciešamību vairāk pievērst uzmanību tieši saskaņotam mežizstrādes mašīnu operatoru darbam, ar mērķi būtiski palielināt harvestera darba ražīgumu, nedaudz samazinot pievedējtraktora darba ražīguma rādītājus. Priekšrocības ir tiem operatoriem, kas ir strādājuši gan uz harvestera, gan pievedējtraktora un apzinās abu mežizstrādes mašīnu iespējas, vajadzības un darba stundas izmaksas.

## Kailcirte

Apauguma novākšanā (galvenajā cirtē) izmantota veselu koku biokurināmā metode – gatavo standarta apaļo kokmateriālu veidus, tajā skaitā malku, un apvienotu biokurināmā sortimentu (pameža koki, mežizstrādes atliekas un neatzaroti sīkkoki, Att. 8), ko liek kaudzēs pievešanas

<sup>3</sup> Foto: A. Zimelis.



ceļam abās pusēs, paketēšanas mehānismu izmanto sīkkokiem, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli, ar giljotīnu kniebj visus sīkkokus, no kuriem nesanāk apaļie kokmateriāli (papīrmalka, kā arī lielākos kokus nepieciešamības gadījumā, sortimentu garināšanai izmanto tikai zāģi. Galvenajā cirtē ar harvesteru nozāgēja vai noknieba arī visus pameža sīkkokus un krūmus, kas traucē meža atjaunošanai (Att. 7).



Att. 7: Galvenajai cirtēi raksturīga aina<sup>4</sup>.



Att. 8: Sīkkoku un galotņu paka galvenajā cirtē<sup>5</sup>.

## **Darba laika uzskaite**

Pētījuma ietvaros veikta mežizstrādes darba laika uzskaite, izmantojot specializētu triecienu un mitruma izturīgu laukdatoru Allegro CX (Att. 9), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI.

<sup>4</sup> Foto: A. Zīmelis.

<sup>5</sup> Foto: A. Zīmelis.



**Att. 9: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.**

Harvesteru darba laiks iespēju robežās pielāgots motorstundu uzskaitēi, t.i. pēc dzinēja noslēpšanas 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. Pārējā laikā operatoram ir jāatpūšas vai jāveic citi darbi. Atpūtas laika ievērošana līdz šim veiktajos pētījumos pierādījusi pozitīvu ietekmi uz darba ražīguma rādītājiem (Kalēja & Lazdiņš, 2014). Izstrādes darba laika uzskaitē veikta 1-2 maiņas, dienas gaišajā laikā. Maiņas ilgums – 8 stundas.

Darba laika patēriņš noteikts katram krāna ciklam atsevišķi, fiksējot satverto koku vidējo caurmēru (1,3 m augstumā pēc acumēra) un skaitu. Darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 2.

**Tab. 2: 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.
	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 pievilkšana un novietošana sortimentu kaudzē
	pamezs	pameža zāģēšana
	knieb	koku nokniebšana
	iebrauc	patērētais laiks iebraucot
	izbrauc	patērētais laiks izbraucot
	citas	citas nestandarta operācijas, t.sk. celmu zāģēšana, domāšana, kuru koku zāģēt utt.
Neproduktīvais darba laiks	stop	ar darbu nesaistītas darbības

## Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

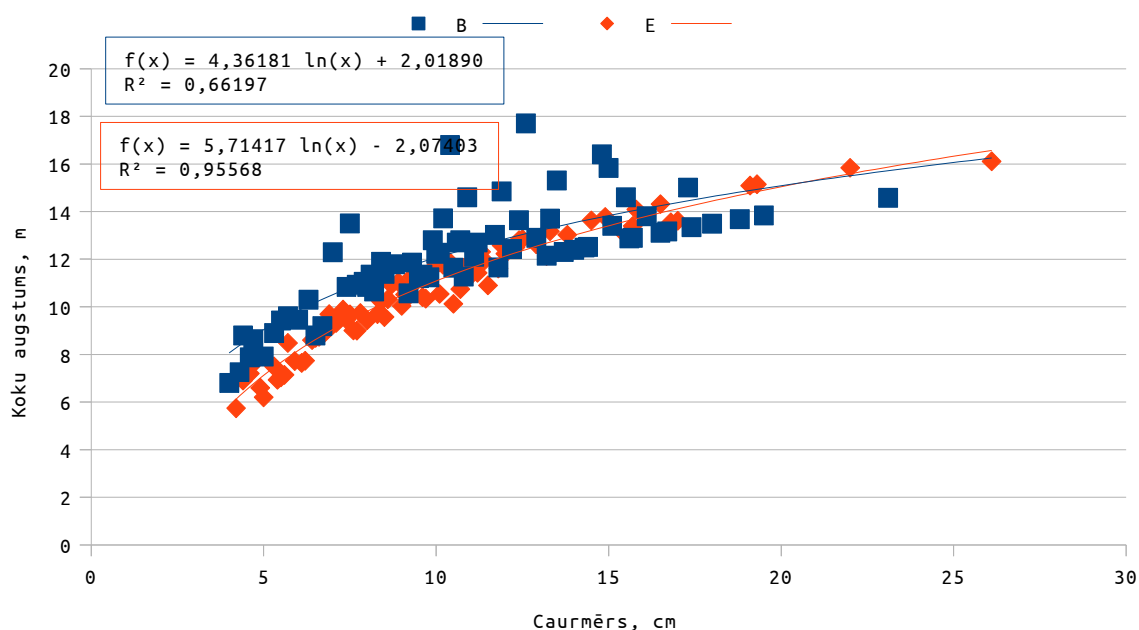
Gaisa temperatūra bija 13-17 °C. Debesis bija skaidras vai daļēji mākoņainas. Vēja ātrums brāzmās sasniedza 10 m s<sup>-1</sup>. Trijās no 5 izmēģinājumu dienām bija nelieli nokrišņi (Tab. 3). Kopumā laika apstākļi bija optimāli mašīnizētai mežizstrādes darbu veikšanai.

Tab. 3: Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

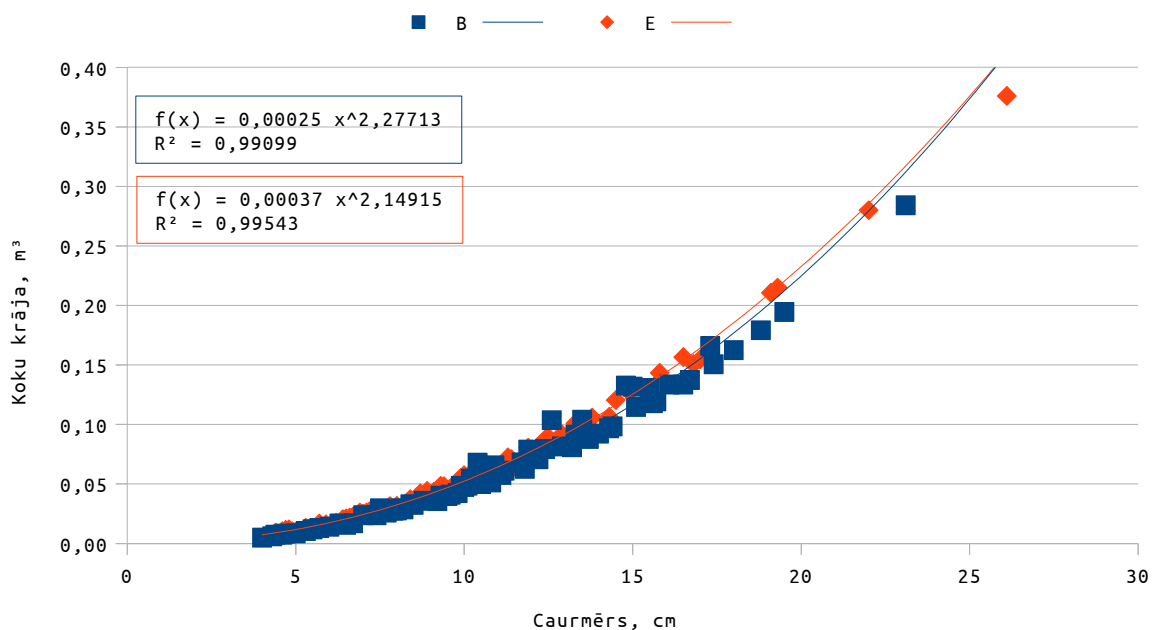
Datums	Temp. (°C)	Mitruma (%)	Gaisa spiediens (kPa)	Redzamība (km)			Vēja ātrums (km stundā)			Nokrišņi (mm)	Notikumi
				labos apstākļos	vidēji	sliktos apstākļos	lielākais	vidējais	brāzmās		
1	16	61	1015	19	12	10	37	16	52	0,00	Lietus
2	15	84	1014	19	11	8	16	6	-	0,00	Lietus
3	17	66	1010	19	12	10	35	16	63	0,00	
4	13	67	1019	19	12	10	21	14	37	0,00	Lietus
5	14	66	1025	19	14	10	14	10	-	0,00	

## Biomasas un krājas aprēķini

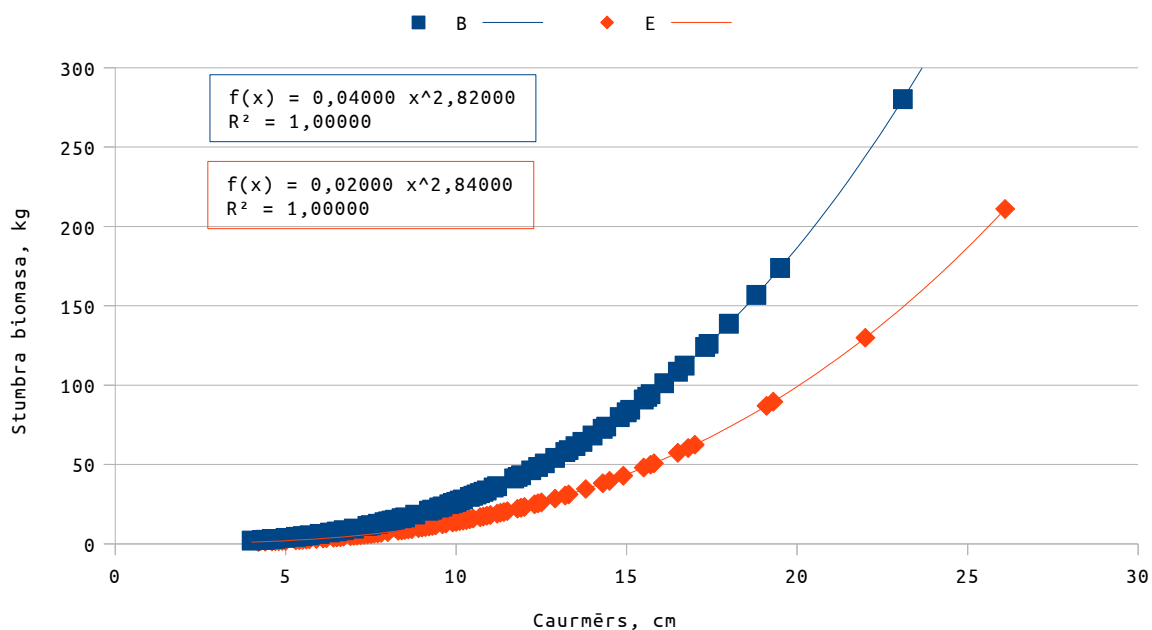
Nozāgēto koku krājas, biomasas un augstuma aprēķinos izmantoti regresijas vienādojumi, kas izveidoti no vidējiem koku augstuma un caurmēra mērījumu rādītājiem 2013.-2014. gadā veiktajos izmēģinājumos Dm, Vr, Gr un Grs meža tipos jaunaudzū un krājas kopšanas cirtēs lapkoku un mistrotās audzēs (Kalēja *et al.*, 2014a; b; Lazdiņš *et al.*, 2015). Krājas aprēķinos sākotnēji izmantoti I. Liepas vienādojumi (Liepa, 1996), bet biomasas aprēķinos izmantoti LVMI Silava izstrādātie biomasas vienādojumi (Lazdiņš *et al.*, 2013). Aprēķinos izmantotie vienādojumi koku augstuma aprēķināšanai doti Att. 10; regresijas vienādojumi krājas novērtēšanai – Att. 11 un vienādojumi stumbra biomasas noteikšanai – Att. 12.



Att. 10: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra un koku augstuma sakarības rēķināšanai.

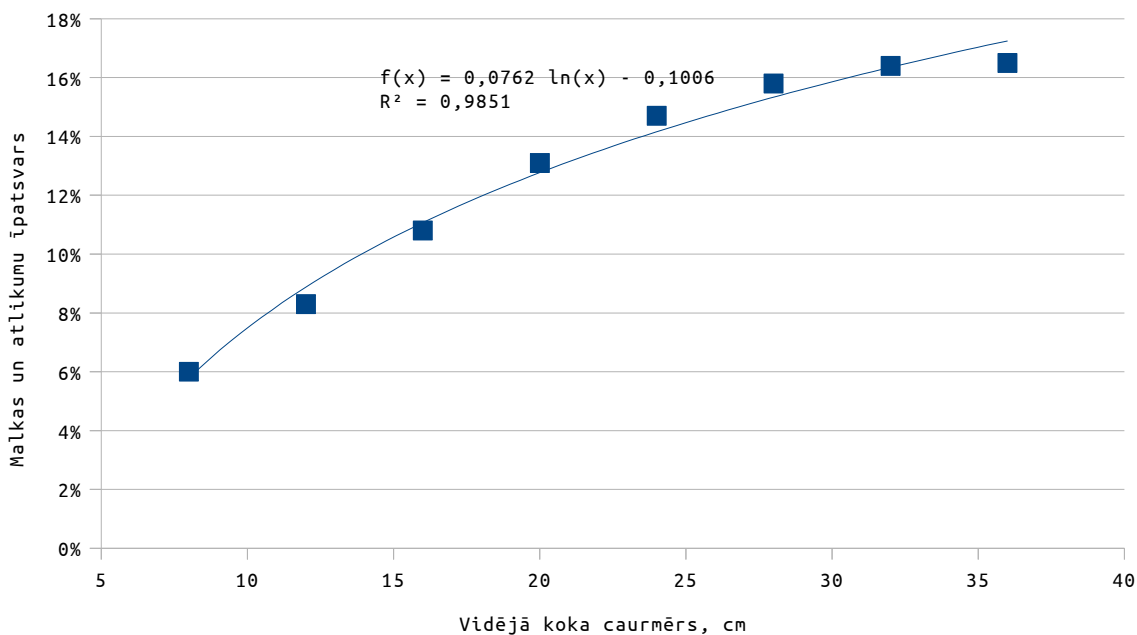


Att. 11: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra un krājas sakarības rēķināšanai.

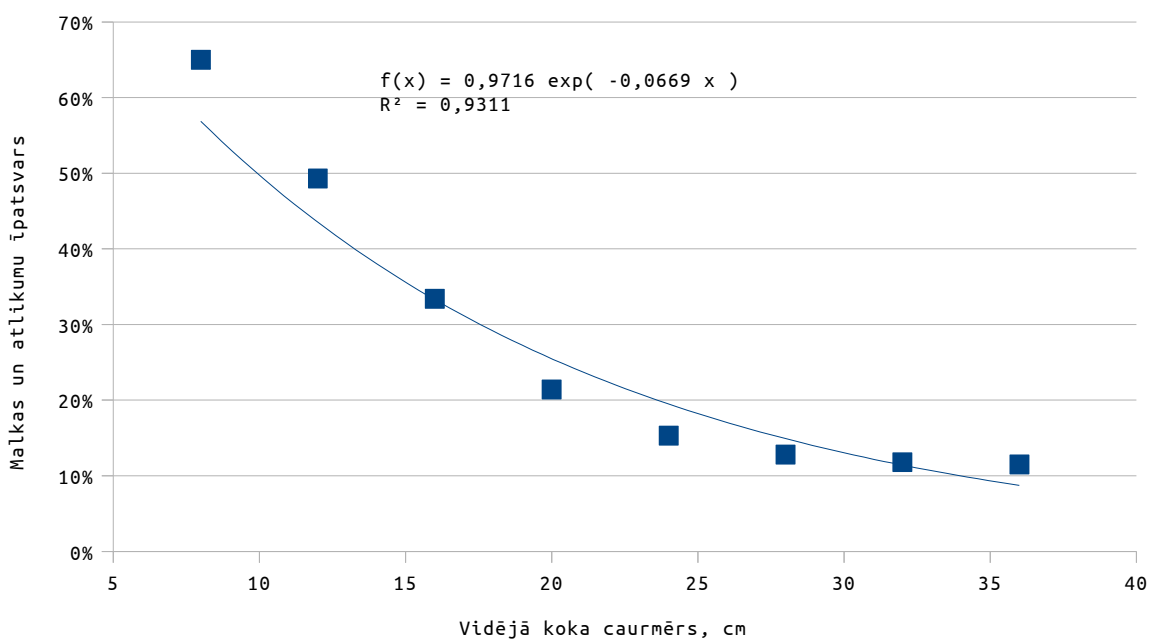


Att. 12: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra un stumbra biomasas sakarības rēķināšanai.

Atlikumu un malkas īpatsvars no stumbra krājas noteikts, izmantojot meža taksācijas normatīvu krājumu un izveidojot regresijas līkni bērza audzēm (Att. 13 un Att. 14). Pārējie kokmateriālu veidi izmaksu un ieņēmumu analizē aprēķināti ar proporcijas metodi atbilstoši faktiskajiem mežizstrādes datiem.



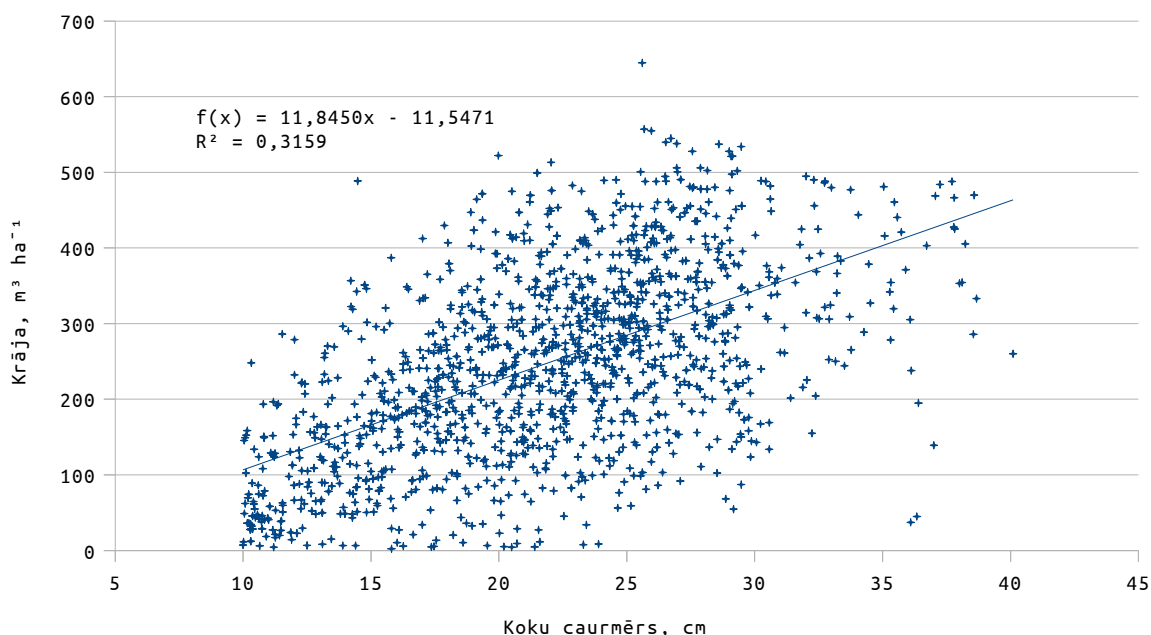
**Att. 13: Regresijas vienādojums atlikumu īpatsvara noteikšanai (pēc Матузанис, 1988).**



**Att. 14: Regresijas vienādojums malķas īpatsvara noteikšanai (pēc Матузанис, 1988).**

Krājas aprēķins galvenās cirtes ieņēmumu un izdevumu analīzei veikts, izmantojot Meža resursu monitoringa datus un pieņemot bērza audzēm raksturīgos rādītājus (Att. 15). Mežizstrādes atlieku zudumi krājas kopšanas cirtē pieņemti 50 % no kopējām mežizstrādes atliekām, bet galvenajā cirtē – 30 % no mežizstrādes atliekām.





Att. 15: Regresijas vienādojums prognozējamās krājas aprēķiniem galvenajā cirtē<sup>6</sup>.

## Pieņēmumi izmaksu aprēķiniem

Aprēķinos pieņemts, ka kopšanā un pievešanā izmanto lietotas mežizstrādes mašīnas, kas nostrādājušas 9000-10000 darba stundas. Mežizstrādes mašīnu cena noteikta atbilstoši MASCUS sludinājumu portālā esošajam piedāvājumam (harvesteri, kas pieejami Centrāleiropas, Austrumeiropas un Ziemeļeiropas reģionā). Harvestera John Deere 1270 vidējā cena atbilstoši portālā pieejamajiem sludinājumiem ir 196000 EUR, pievedējtraktora John Deere 810 cena pieņemta atbilstoši pētījumā par Moipu paketējošās griezējgalvas izmantošanu jaunaudžu un krājas kopšanas cirtēs un grāvju trašu apauguma novākšanā veiktajai aptaujai. Arī pievedējtraktora, šķeldotāja, kokvedēja un šķeldu vedēja izmaksas un darba ražīguma rādītāji ņemti no šī pētījuma (Lazdiņš *et al.*, 2015).

Harvestera darba stundas izmaksas novērtētas atbilstoši AS "Latvijas finieris" iesniegtajiem datiem (Tab. 4) par 2014. gadu. Šajā gadā harvesters nostrādājis 5134 motorstundas, sagatavojot 65571 m<sup>3</sup> apaļo kokmateriālu. Vidējais darba ražīguma rādītājs – 12,8 m<sup>3</sup> stundā. Nolietojuma jeb investīciju izmaksu aprēķins veikts atbilstoši pieņēmumiem, kas izmantoti iepriekšējos pētījumos par Moipu griezējgalvas pielietošanas iespējām, tāpēc šis rādītājs atšķiras no faktiskajām uzņēmuma izmaksām. Personāla izmaksas pārrēķinātas uz 3 operatoriem, kas strādā 3 maiņās, katrs pa 8 stundām; vidējā atalgojuma likme ir 6,61 EUR stundā, neskaitot darba devēja sociālo nodokli. Personāla izmaksām pieskaitīta arī apdrošināšana, dienas nauda un apmācība.

Tab. 4: Ražošanas izmaksas atbilstoši uzņēmēja sniegtajiem datiem

Rādītājs	Kopā, EUR	EUR m <sup>3</sup>	EUR motorstundā
Personāla uzturēšanas izmaksas	62055,02	0,95	12,09
Tehniskās apkopes, smērvielas	12055,66	0,18	2,35

<sup>6</sup> Apkopojums pēc vidējiem krājas rādītājiem Meža resursu monitoringa parauglaukumos bērza audzēs Dm, Vr un Gr meža tipos.

Rādītājs	Kopā, EUR	EUR m <sup>3</sup>	EUR motorstundā
Nolietojums	60685,44	0,93	11,82
Apdrošināšana	1294,44	0,02	0,25

Degvielas izmaksu aprēķinos izmantoti dati par faktiski patērētās degvielas daudzumu izmēģinājumu laikā (Tab. 5), pieņemot, ka galvenajā cirtē vidējais degvielas patēriņš ir 12,64 L motorstundā, bet krājas kopšanas cirtē – 12,49 L motorstundā. Statistiski būtiskas atšķirības degvielas patēriņā abos cirtes veidos nepastāv, tomēr, ja ignorē degvielas patēriņa pieaugumu pārbraucienu laikā, krājas kopšanas cirtē degvielas patēriņš ir būtiski (par 4 %) mazāks, nekā galvenajā cirtē. Divkārtīgais degvielas patēriņa pieaugums pārbraucienu laikā saistīts ar dzinēja apgriezienu palielināšanu, iebrucot audzē maiņas sākumā un izbrucot no audzes, taču pārbraucienu ietekme uz vidējo degvielas patēriņu ir nebūtiska.

Degvielas patēriņa pieaugums atsevišķos pārbraucienos norāda uz iespēju samazināt degvielas izmaksas, sagatavojot operatoriem precīzākas instrukcijas par tehnikas izmantošanu.

**Tab. 5: Degvielas patēriņa uzskaites rādītāju kopsavilkums**

Cirtes veids	Brauc	Strādā	Kopā
Apaugums	11,84	12,67	12,64
KKC	25,04	12,15	12,49
Vidēji	16,82	12,43	12,57

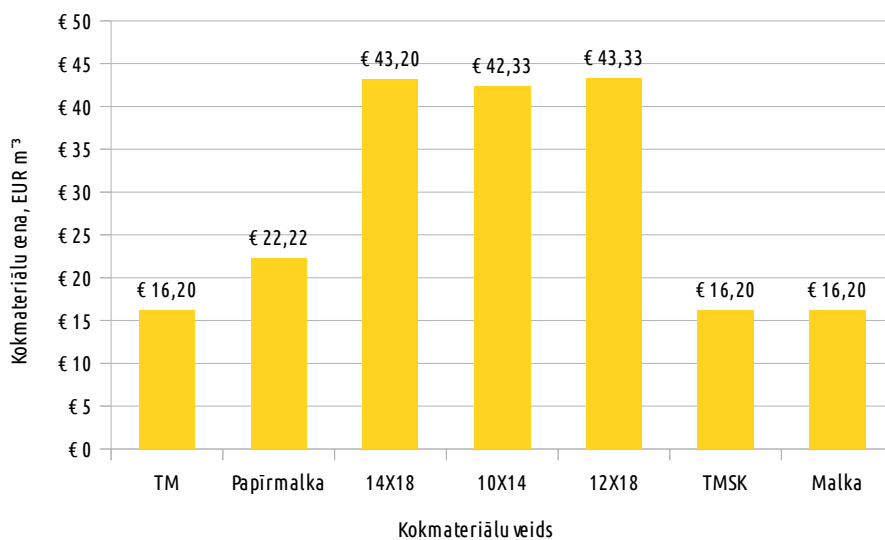
Aprēķinos pieņemts, ka darbu veic 3 operatori, kas strādā 8 stundas pēc kārtas, tajā skaitā 15 % operatoru darba laika ir atpūta un citu darbu veikšana, kad harvestera dzinējs ir noslāpēts. No darba stundām atskaitīta arī mašīnas pārvietošana starp objektiem, pieņemot, ka to dara 50 reizes gadā, un katra pārvietošana rada vidēji 2 stundas ilgu dīkstāvi. Harvestera tehniskās gatavības aprēķinos pieņemts, ka harvestera dzinējs darbojas 5134 stundas (246 dienas) gadā, atbilstoši faktiskajiem 2014. gada rādītājiem un pieņemot, ka 15 % tehniskās gatavības laika operatori izmanto atpūtai un citiem darbiem.

Operatoru atalgojums aprēķināts par 260 nostrādātām dienām, ieskaitot atvaļinājuma naudu; attiecīgi, aprēķinos pieņemts, ka pārējā laikā operatori nodarbināti uz citām mašīnām, un šīs izmaksas nav ietvertas pašizmaksas aprēķinos.

Izmaksu aprēķinā ietverta arī operatoru profesionālās kvalifikācijas paaugstināšana un veselības apdrošināšanas izmaksas.

Pašizmaksas aprēķinos izmantots LVMI Silava izstrādātais darba stundas aprēķinu modelis, kas veidots uz Zviedrijas mežzinātnes institūtā Skogforsk izstrādātā FLIS modeļa bāzes (Thor *et al.*, 2008; Lazdiņš *et al.*, 2015).

Apažo kokmateriālu cenas pieņemtas atbilstoši 2014.-2015. gadā Moipu griezējgalvas darba laika uzskaites izmēģinājumos kopšanas cirtēs un grāvju trašu apaugumā izmantotajiem pieņēmumiem (Att. 16), kas balstīti uz AS "Latvijas valsts meži" sniegto informāciju (Lazdiņš *et al.*, 2015). Šķeldu cena pieņemta 10 EUR ber. m<sup>3</sup>.



**Att. 16: Pieņēmumi par apaļo kokmateriālu cenu.**

Kokmateriālu struktūra pieņemta vienāda krājas kopšanas cirtē un galvenajā cirtē, jo sugu sastāvs un koku dimensijas abās pētījumā iekļautajās audzēs bija līdzīgas un pētījuma vajadzībām sagatavotajā harvestera pārskata datnē abi ciršu veidi nebija nodalīti.

# DARBA REZULTĀTI

## Izstrādes darba ražīgums

### Krājas kopšanas cirtē

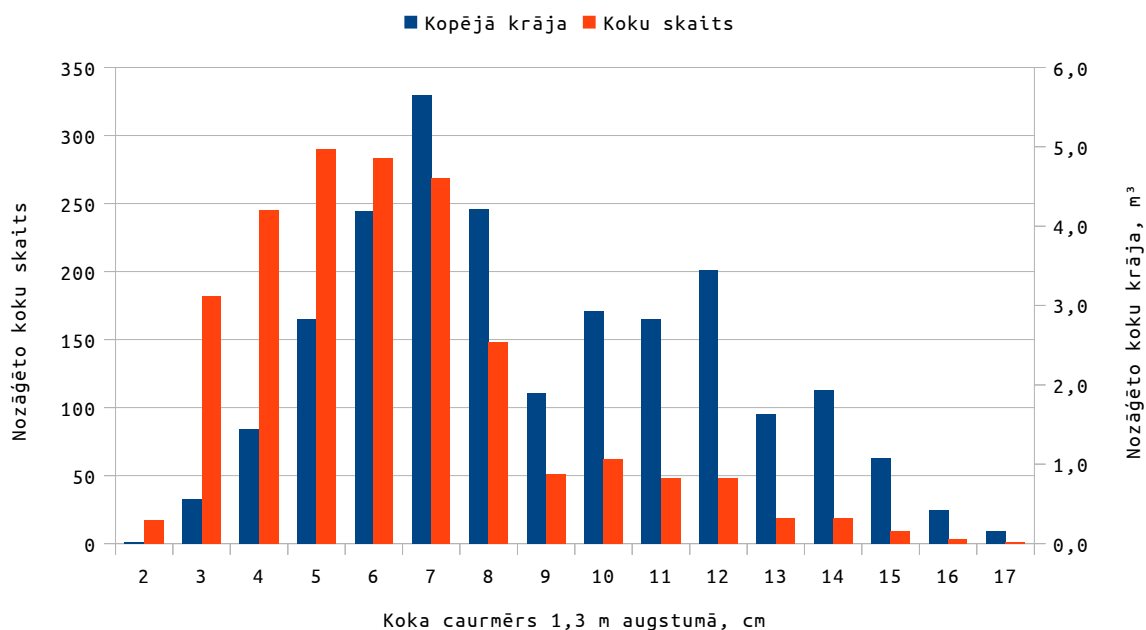
Krājas kopšanas cirtē darba laika uzskaitē veikta kopumā 14,3 stundas, kuru laikā sagatavoti 36 m<sup>3</sup> kokmateriālu. Vidējais darba ražīguma rādītājs – 2,5 m<sup>3</sup> motorstundā. Darba laika uzskaites kopsavilkums dažādu dimensiju koku zāgēšanai krājas kopšanas cirtē dots Tab. 6. Izmēģinājumos krājas kopšanas cirtē harvesters zāgēja 2-17 cm resnus kokus un vienu 25 cm resnu koku, tajā skaitā līdz 8 cm resnus kokus izmantoja tikai biokurināmā sagatavošanai, bet no resnākiem kokiem gatavoja arī apaļos kokmateriālus. Darba ražīgums, pārrēķinot tiešā darba laika izteiksmē<sup>7</sup>, ir no 0,3 m<sup>3</sup> stundā, zāgējot un kniebjot 2 cm resnus kociņus un krūmus, līdz 12,2 m<sup>3</sup> stundā, zāgējot 17 cm resnus kokus.

Tab. 6: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums krājas kopšanas cirtē

D <sub>1,3</sub> cm	Ražīgums, tonnas stundā	Ražīgums, m <sup>3</sup> stundā	Ražīgums, koki stundā	Kopējās krājas īpatsvars	Tiešā darba laika īpatsvars	Koku skaita īpatsvars	Vidējais koku skaits darba ciklā	Atzarošanas cikli darba ciklā	Vidējais koks, m <sup>3</sup>
2	0,070	0,299	246	0,06%	0,43%	1,00%	4,250	1,000	0,001
3	0,173	0,595	195	1,56%	5,91%	10,74%	3,250	1,000	0,003
4	0,342	1,006	171	4,04%	9,67%	14,45%	2,917	1,000	0,006
5	0,441	1,157	118	7,96%	16,10%	17,11%	2,500	1,000	0,010
6	0,728	1,720	116	11,76%	16,28%	16,70%	2,440	1,000	0,015
7	1,192	2,609	124	15,88%	14,49%	15,87%	2,038	1,000	0,021
8	1,431	2,949	103	11,85%	9,68%	8,73%	1,542	1,000	0,029
9	1,678	3,182	85	5,33%	4,11%	3,01%	1,186	1,000	0,037
10	2,036	3,646	77	8,24%	5,66%	3,66%	1,292	1,000	0,047
11	2,397	4,075	69	7,93%	5,07%	2,83%	1,200	1,100	0,059
12	2,603	4,221	59	9,67%	6,09%	2,83%	1,067	1,111	0,072
13	3,547	5,508	64	4,59%	2,23%	1,12%	1,000	1,158	0,086
14	4,267	6,365	63	5,43%	2,25%	1,12%	1,056	1,056	0,102
15	4,146	5,957	50	3,01%	1,35%	0,53%	1,000	1,000	0,119
16	5,560	7,714	56	1,16%	0,40%	0,18%	1,000	1,333	0,138
17	9,078	12,187	77	0,45%	0,10%	0,06%	1,000	1,000	0,158

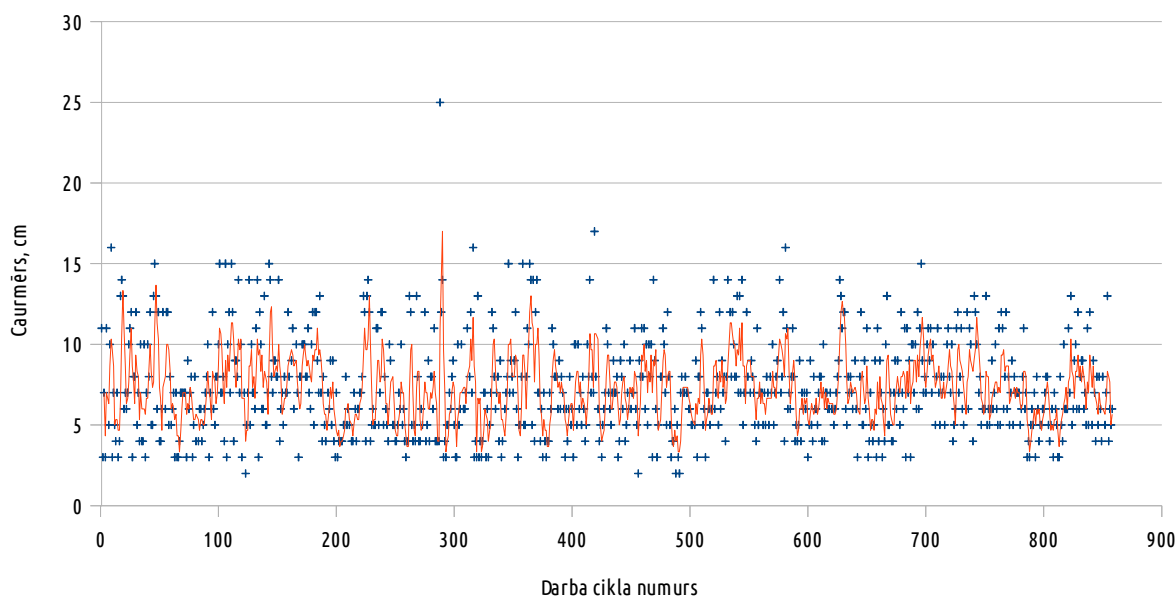
Lielākā daļa (76 %) nozāgēto koku ir līdz 7 cm resni (Att. 17), bet to krāja ir tikai 41 % no kopējās krājas. Par 7,1 cm tievāko kociņu nozāgēšanai un apstrādei patērēti 63 % no tiešā darba laika. Salīdzinot ar izmēģinājumiem, kad Moipu griezējgalva testēta krājas kopšanas cirtēs ar John Deere 1070 harvesteru, darba laika patēriņš sīko kociņu zāgēšanai un šo kociņu īpatsvars ir izmainījies – ir būtiski mazāk par 4,1 cm resnu kociņu, bet darba laika patēriņš par 7,1 cm tievāko kociņu apstrādei krājas kopšanas cirtē pieaudzis no 25 % līdz 63 % no tiešā darba laika. Kopumā, pateicoties nozāgēto koku caurmēra sadalījuma izmaiņām, darba ražīgums ir uzlabojies.

<sup>7</sup> To darba ciklu ilgums, kuros sagatavots biokurināmais vai apaļie kokmateriāli, neskaitot darba laika patēriņu iebraukšanai vai izbraukšanai no audzes, kā arī to darba ciklu ilgumu, kuros nav sagatavoti kokmateriāli, tajā skaitā pameža zāgēšana, ceļa pakošana un taml. darba operācijas.



**Att. 17: Nozāgēto koku skaita un krājas sadalījums krājas kopšanas cirtē.**

Viens no rādītājiem, kas raksturo mazo kociņu zāgēšanas vajadzību un iespējas no tās izvairīties kopšanas, ir nozāgēto koku caurmēra sadalījums laika rindā izmēģinājumu laikā (Att. 18). Ja resnākie un tievākie kociņi izvietojušies grupās, tas nozīmē, ka audze ir neviendabīga un mazo kociņu zāgēšanu nosaka mežsaimnieciska nepieciešamība, bet, ja mazie kociņi ir pamīšus ar resnākiem kokiem, harvesters ir veicis pameža zāgēšanu, kas var būt saistīts ar tehniskām vajadzībām, piemēram, attīrīt vietu kokmateriāliem. Att. 18 redzams, ka mazie kociņi ir pamīšus ar resnākajiem un no to zāgēšanas var vismaz daļēji izvairīties, pilnveidojot darba metodi un, nepieciešamības gadījumā, vienojoties ar meža īpašnieku par pameža un paaugas koku saglabāšanu.



Att. 18: Nozāgēto koku caurmērs katrā darba ciklā krājas kopšanas cirtē<sup>8</sup>.

## Galvenā cirtē

Galvenajā cirtē darba laika uzskaitē veikta kopumā 16,3 stundas, kuru laikā sagatavoti 72 m<sup>3</sup> kokmateriālu. Vidējais darba ražīguma rādītājs – 4,5 m<sup>3</sup> motorstundā. Darba laika uzskaites kopsavilkums dažādu dimensiju koku zāgēšanai galvenajā cirtē dots Tab. 7. Izmēģinājumos galvenajā cirtē harvesters zāgēja 2-30 cm resnus kokus. Darba ražīgums, pārrēķinot tiešā darba laika izteiksmē, ir no 0,3 m<sup>3</sup> stundā, zāgējot un kniebjot 2 cm resnus kociņus un krūmus, līdz 11,5 m<sup>3</sup> stundā, zāgējot 30 cm resnus kokus. Maksimālo darba ražīguma līmeni harvesters sasniedz, zāgējot 19 cm resnus kokus; zāgējot resnākus kokus, darba ražīgums vairs nepalielinās tik strauji, kas saistīts gan ar atzarošanai patērējamā darba laika pieaugumu, gan ar papildus darba laika patēriņu pameža izzāgēšanai ap lielajiem kokiem, kas iekļauts tiešā darba laika uzskaitē.

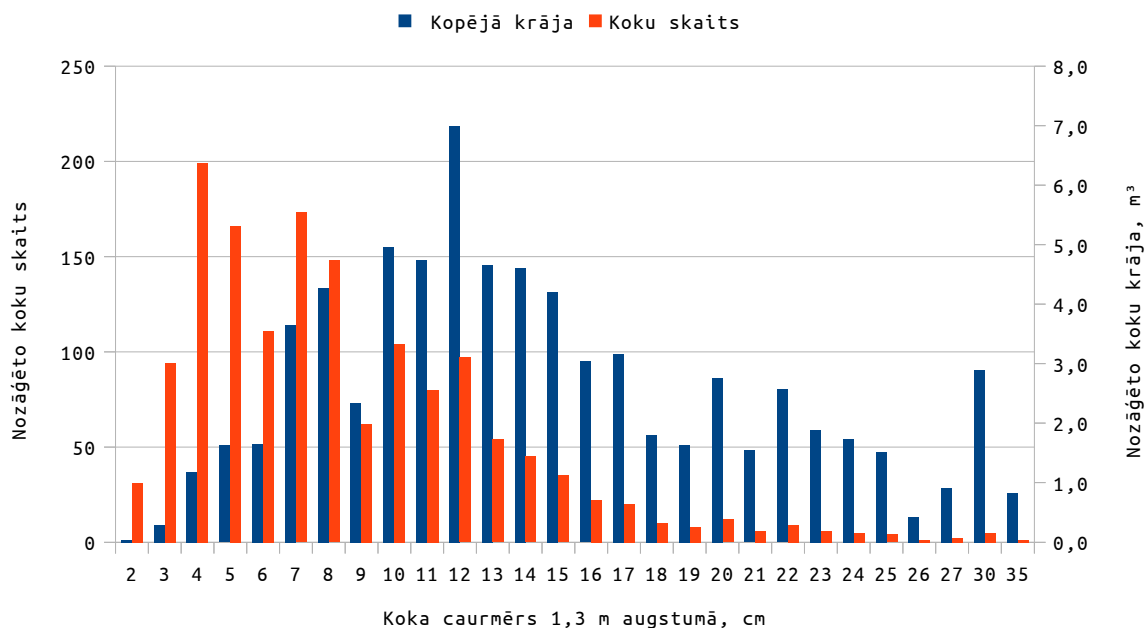
Tab. 7: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums galvenajā cirtē

D <sub>1,3</sub> cm	Ražīgums, tonnas stundā	Ražīgums, m <sup>3</sup> stundā	Ražīgums, koki stundā	Kopējās krājas īpatsvars	Tiešā darba laika īpatsvars	Koku skaita īpatsvars	Vidējais koku skaits darba ciklā	Atzarošanas cikli darba ciklā	Vidējais koks, m <sup>3</sup>
2	0,075	0,323	267	0,05%	0,76%	2,05%	4,429	1,000	0,001
3	0,142	0,534	172	0,41%	3,22%	6,23%	3,760	1,000	0,003
4	0,335	1,040	175	1,65%	6,28%	13,19%	3,015	1,000	0,006
5	0,583	1,705	171	2,29%	5,42%	11,00%	2,441	1,000	0,010
6	0,692	1,784	119	2,32%	5,04%	7,36%	2,018	1,000	0,015
7	0,985	2,274	107	5,15%	7,97%	11,46%	1,860	1,011	0,021
8	1,039	2,598	89	6,01%	9,71%	9,81%	1,558	1,063	0,029
9	1,567	3,597	95	3,30%	4,01%	4,11%	1,292	1,021	0,038
10	1,581	3,111	65	6,97%	8,91%	6,89%	1,529	1,015	0,048

<sup>8</sup> Sarkanā krāsā ir 5 nozāgēto koku vidējais caurmērs.

D <sub>1,3</sub> cm	Ražīgums, tonnas stundā	Ražīgums, m <sup>3</sup> stundā	Ražīgums, koki stundā	Kopējās krājas īpatsvars	Tiešā darba laika īpatsvars	Koku skaita īpatsvars	Vidējais koku skaits darba ciklā	Atzarošanas ciklā darba ciklā	Vidējais koks, m <sup>3</sup>
11	2,715	5,413	91	6,68%	5,12%	5,30%	1,600	1,020	0,060
12	3,001	5,482	76	9,84%	8,09%	6,43%	1,366	1,042	0,072
13	3,362	5,554	64	6,55%	5,46%	3,58%	1,102	1,184	0,086
14	4,095	6,957	68	6,48%	4,37%	2,98%	1,154	1,205	0,102
15	2,356	3,966	33	5,91%	7,08%	2,32%	1,000	1,657	0,120
16	7,101	9,852	71	4,27%	2,06%	1,46%	1,000	1,227	0,138
17	5,835	8,105	51	4,45%	2,61%	1,33%	1,000	1,500	0,158
18	6,011	7,823	43	2,54%	1,54%	0,66%	1,000	2,100	0,180
19	9,641	12,185	60	2,30%	0,89%	0,53%	1,000	1,375	0,204
20	5,051	8,028	35	3,88%	2,30%	0,80%	1,000	4,917	0,230
21	7,740	9,265	36	2,16%	1,11%	0,40%	1,000	2,833	0,256
22	10,676	12,461	44	3,61%	1,37%	0,60%	1,000	1,667	0,285
23	7,933	9,038	29	2,66%	1,40%	0,40%	1,000	3,500	0,315
24	6,328	7,759	22	2,44%	1,49%	0,33%	1,000	4,600	0,346
25	5,977	7,843	21	2,14%	1,29%	0,27%	1,000	3,250	0,379
26	8,691	9,264	22	0,59%	0,30%	0,07%	1,000	4,000	0,417
27	11,398	11,903	26	1,28%	0,51%	0,13%	1,000	2,500	0,454
30	11,610	11,450	20	4,06%	1,68%	0,33%	1,000	2,800	0,577

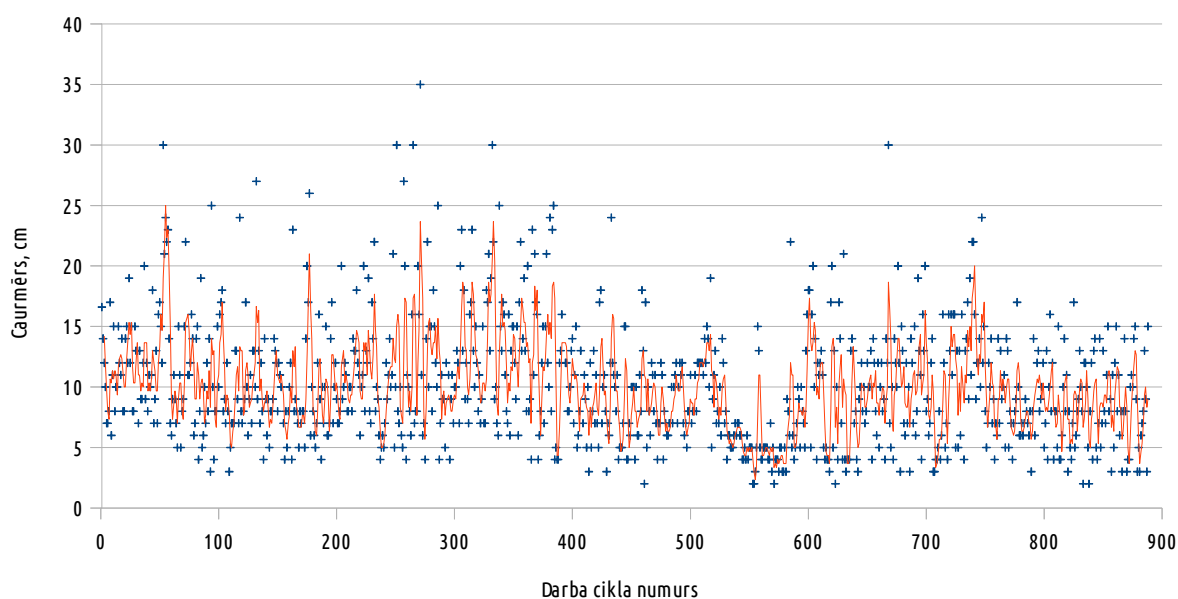
Lielākā daļa (61 %) nozāgēto koku ir līdz 8 cm resni (Att. 19), bet to krāja ir tikai 18 % no kopējās krājas. Par 7,1 cm tievāko kociņu nozāgēšanai un apstrādei patērēti 28 % no tiešā darba laika (2 reizes mazāk, nekā krājas kopšanas cirtē), bet to krāja ir 12 % no kopējās nozāgēto koku krājas.



Att. 19: Nozāgēto koku skaita un krājas sadalījums galvenajā cirtē.

Harvesters centās nozāgēt vai nokniebt visus pameža un paaugas kociņus un krūmus, ja tie varētu traucēt meža atjaunošanai. Praksē var būt lietderīgi saglabāt līdz 4 cm resnos kociņus, kas netraucē augsnes gatavotāja darbu (izņēmums ir lieli krūmu puduri, kur nelieli kociņu var veidot blīvu ceru, kas traucē gan augsnes gatavošanu, gan arī nomāc jaunus stādīņus). Pirmajā gadā pēc stādīšanas mežizstrādes laikā atstātos dzīvos kociņus un krūmus var nozāgēt, veicot agrotehnisko kopšanu. Tomēr pirms šāda risinājuma ieviešanas praksē, tas ir jāpārbauda zinātniski.

Att. 20 redzams, ka mazie kociņi izvietoti pamīšus ar resnākajiem. Tas nozīmē, ka galvenajā cirtē, tāpat kā krājas kopšanas cirtē, no mazo kociņu zāgēšanas var vismaz daļēji izvairīties, nepieciešamības gadījumā nozāgējot izdzīvojušos mazos kociņus agrotehniskās kopšanas laikā.

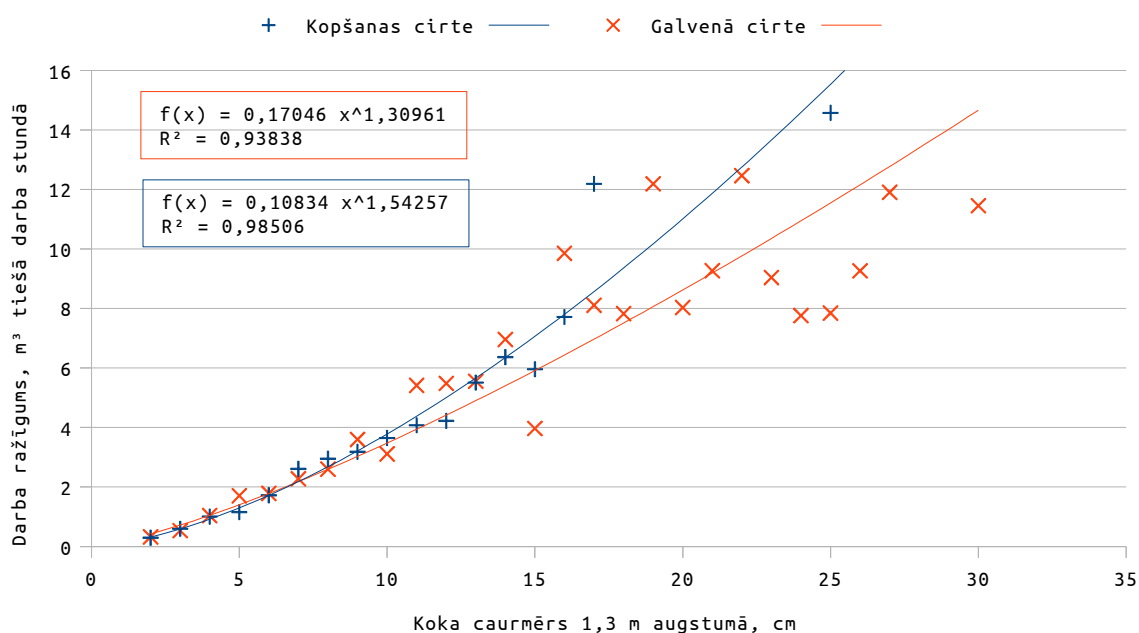


Att. 20: Nozāgēto koku caurmērs katrā darba ciklā galvenajā cirtē.

## Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums

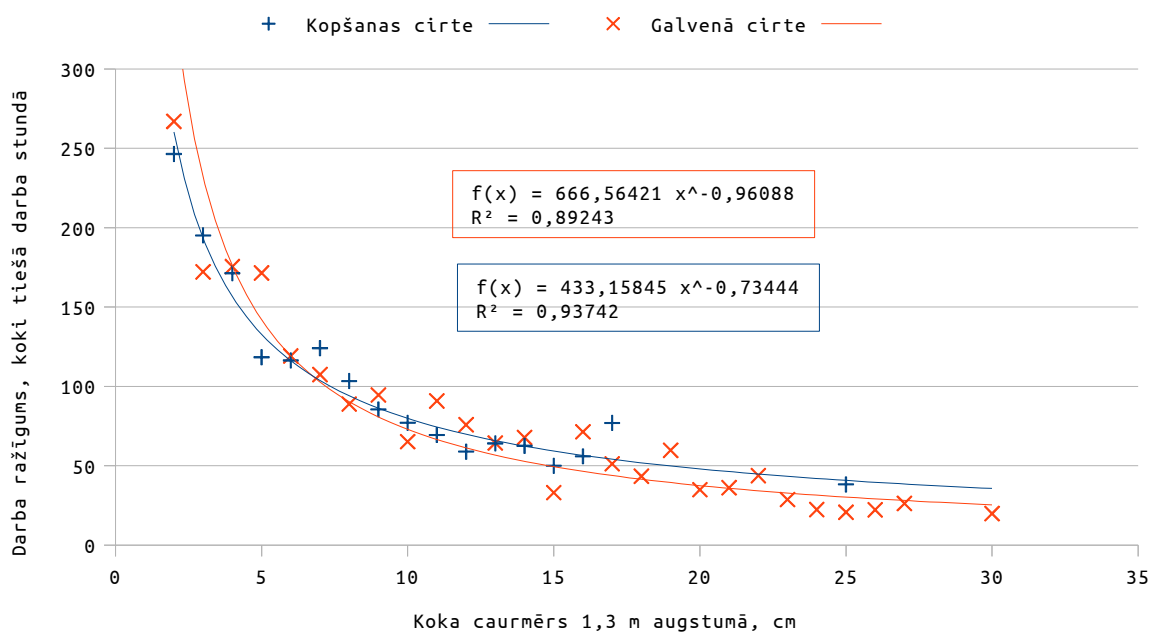
Salīdzinot darba ražīguma rādītājus ( $\text{m}^3$  stundā), zāgējot kokus ar vienādu caurmēru krājas kopšanas cirtē un galvenajā cirtē, statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas. Pieaugot zāgējamo koku caurmēram, darba ražīgums abos izmēģinājumu variantos pieaug pa līdzīgu trajektoriju (Att. 21). Darba ražīguma pieaugums kopšanas cirtē, zāgējot par 15 cm resnākus kokus, visticamāk, nav objektīvs, jo šajā caurmēru grupā krājas kopšanas cirtē nozāgēti tikai atsevišķi koki.





Att. 21: Darba ražīgums, m³ tiešajā darba stundā.

Salīdzinot vidēji darba stundā nozāgējamo koku skaitu, atkarībā no zāgējamā koka caurmēra, vēl uzskatāmāk redzams, ka būtiska atšķirība nepastāv (Att. 22). Krājas kopšanas cirtē, zāgējot vidēji 7 cm resnus kokus, vidēji tiešā darba stundā apstrādā 127 kokus, bet galvenajā cirtē, zāgējot vidēji 10 cm resnus kokus – 100 gab. tiešā darba stundā.



Att. 22: Darba ražīgums, koki tiešajā darba stundā.

Galvenie darba ražīguma rādītāji ir vidējais tiešajā, produktīvā un kopējā (motorstunda) darba laikā sagatavoto kokmateriālu apjoms (Tab. 8). Tiešais darba laiks ir vidēji 93 % no kopējā darba laika un 95 % no produktīvā darba laika.

Tab. 8: Galvenie darba ražīguma rādītāji

Audze	Ražīgums, m <sup>3</sup> tiešā darba laika stundā	Ražīgums, koki tiešā darba laika stundā	Ražīgums, m <sup>3</sup> produktīvā darba laika stundā	Ražīgums, m <sup>3</sup> kopējā darba laika stundā
Krājas kopšanas cirte	2,673	127	2,541	2,496
Galvenā cirte	4,773	100	4,514	4,401
Vidēji	3,787	113	3,591	3,513

Vidējie darba ražīguma rādītāji atbilstoši nozāgēto koku caurmēram apkopoti Tab. 9. Bet Tab. 10 un Tab. 11 dots darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, zāgējot egli un lapkokus. Pētījumā neapstiprinās iepriekš konstatētā darba ražīguma pieauguma palēnināšanās sakarība, zāgējot resnākus lapkokus (Att. 23). Tas saistīts ar atšķirīgiem darba apstākļiem – dabiski atjaunojušās lapkoku audzēs uz auglīgām minerālaugsnēm ne tikai lapkoki, bet arī egles izaugušas ar resniem zariem un ir slikti atzarojušās, tāpēc to atzarošana aizņēmusi būtiski vairāk laika, nekā ar John Deere 1070 veiktajos izmēģinājumos.

Tab. 9: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums visās cirtēs

D <sub>1,3</sub> cm	Ražīgums, tonnas stundā	Ražīgums, m <sup>3</sup> stundā	Ražīgums, koki stundā	Kopējās krājas īpatsvars	Tiešā darba laika īpatsvars	Koku skaita īpatsvars	Vidējais koku skaits darba ciklā	Atzarošanas cikli darba ciklā	Vidējais koks, m <sup>3</sup>
2	0,073	0,314	259	0,05%	0,60%	1,50%	4,364	1,000	0,001
3	0,162	0,575	187	0,79%	4,49%	8,61%	3,407	1,000	0,003
4	0,338	1,021	173	2,45%	7,88%	13,86%	2,960	1,000	0,006
5	0,485	1,313	134	4,18%	10,44%	14,23%	2,478	1,000	0,010
6	0,716	1,740	117	5,47%	10,33%	12,30%	2,304	1,000	0,015
7	1,096	2,459	117	8,73%	11,04%	13,80%	1,964	1,004	0,021
8	1,205	2,763	96	7,96%	9,70%	9,24%	1,550	1,031	0,029
9	1,618	3,389	90	3,98%	4,06%	3,53%	1,242	1,011	0,038
10	1,742	3,313	70	7,40%	7,38%	5,18%	1,431	1,009	0,048
11	2,564	4,724	80	7,10%	5,10%	4,00%	1,422	1,056	0,059
12	2,833	4,913	68	9,78%	7,15%	4,53%	1,250	1,069	0,072
13	3,412	5,541	64	5,90%	3,94%	2,28%	1,074	1,176	0,086
14	4,148	6,758	66	6,13%	3,37%	2,00%	1,123	1,158	0,102
15	2,584	4,257	35	4,95%	4,38%	1,37%	1,000	1,523	0,120
16	6,872	9,535	69	3,23%	1,28%	0,78%	1,000	1,240	0,138
17	5,936	8,236	52	3,12%	1,43%	0,66%	1,000	1,476	0,158
18	6,011	7,823	43	1,69%	0,82%	0,31%	1,000	2,100	0,180
19	9,641	12,185	60	1,53%	0,47%	0,25%	1,000	1,375	0,204
20	5,051	8,028	35	2,58%	1,22%	0,37%	1,000	4,917	0,230
21	7,740	9,265	36	1,44%	0,59%	0,19%	1,000	2,833	0,256
22	10,676	12,461	44	2,40%	0,73%	0,28%	1,000	1,667	0,285
23	7,933	9,038	29	1,77%	0,74%	0,19%	1,000	3,500	0,315
24	6,328	7,759	22	1,62%	0,79%	0,16%	1,000	4,600	0,346
25	6,720	8,641	23	1,78%	0,78%	0,16%	1,000	3,400	0,380

D <sub>1,3</sub> cm	Ražīgums, tonnas stundā	Ražīgums, m³ stundā	Ražīgums, koki stundā	Kopējās krājas īpatsvars	Tiešā darba laika īpatsvars	Koku skaita īpatsvars	Vidējais koku skaits darba ciklā	Atzarošanas ciklā darba ciklā	Vidējais koks, m³
26	8,691	9,264	22	0,39%	0,16%	0,03%	1,000	4,000	0,417
27	11,398	11,903	26	0,85%	0,27%	0,06%	1,000	2,500	0,454
30	11,610	11,450	20	2,71%	0,89%	0,16%	1,000	2,800	0,577

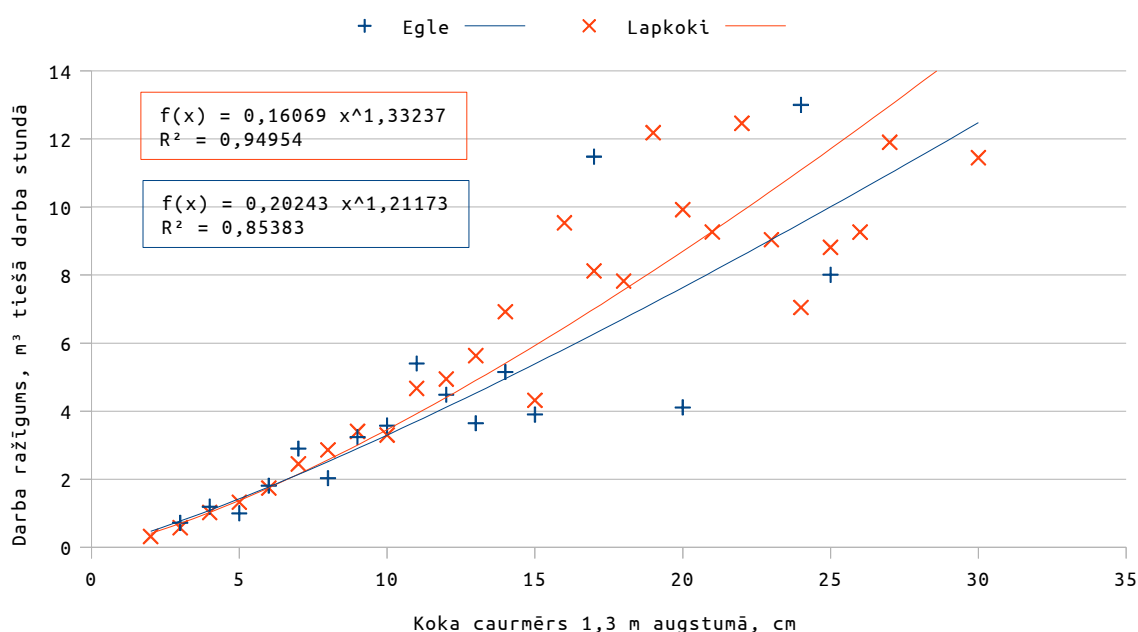
Tab. 10: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums visās cirtēs, zāgējot egli

D <sub>1,3</sub> cm	Ražīgums, tonnas stundā	Ražīgums, m³ stundā	Ražīgums, koki stundā	Kopējās krājas īpatsvars	Koku skaita īpatsvars	Vidējais koku skaits darba ciklā	Atzarošanas ciklā darba ciklā	Vidējais koks, m³
3	0,083	0,717	183	0,37%	5,62%	2,500	1,000	0,004
4	0,168	1,191	164	0,68%	5,62%	1,667	1,000	0,007
5	0,163	0,994	85	0,88%	4,49%	1,000	1,000	0,012
6	0,337	1,808	104	1,31%	4,49%	1,000	1,000	0,017
7	0,601	2,900	120	3,64%	8,99%	1,143	1,143	0,024
8	0,461	2,027	63	9,70%	17,98%	1,000	1,313	0,032
9	0,798	3,236	78	6,24%	8,99%	1,000	1,125	0,042
10	0,948	3,574	69	6,85%	7,87%	1,000	1,143	0,052
11	1,530	5,401	84	9,61%	8,99%	1,000	1,000	0,064
12	1,349	4,484	58	10,14%	7,87%	1,000	1,429	0,077
13	1,158	3,643	40	3,44%	2,25%	1,000	3,000	0,092
14	1,723	5,150	48	8,07%	4,49%	1,000	2,000	0,107
15	1,369	3,900	31	14,04%	6,74%	1,000	3,333	0,125
17	4,323	11,483	74	2,91%	1,12%	1,000	2,000	0,155
20	1,759	4,107	18	8,68%	2,25%	1,000	17,500	0,231
24	6,314	13,001	38	6,42%	1,12%	1,000	1,000	0,342
25	4,001	8,009	21	7,01%	1,12%	1,000	2,000	0,374

Tab. 11: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums visās cirtēs, zāgējot lapkokus

D <sub>1,3</sub> cm	Ražīgums, tonnas stundā	Ražīgums, m³ stundā	Ražīgums, koki stundā	Kopējās krājas īpatsvars	Koku skaita īpatsvars	Vidējais koku skaits darba ciklā	Atzarošanas ciklā darba ciklā	Vidējais koks, m³
2	0,073	0,314	259	0,06%	1,54%	4,364	1,000	0,001
3	0,166	0,572	188	0,82%	8,70%	3,430	1,000	0,003
4	0,346	1,018	173	2,54%	14,09%	2,986	1,000	0,006
5	0,507	1,322	135	4,36%	14,51%	2,511	1,000	0,010
6	0,736	1,739	118	5,69%	12,52%	2,335	1,000	0,015
7	1,126	2,447	117	9,00%	13,93%	1,991	1,000	0,021
8	1,414	2,858	100	7,87%	8,99%	1,600	1,006	0,028
9	1,795	3,404	91	3,86%	3,37%	1,265	1,000	0,037
10	1,841	3,297	70	7,43%	5,10%	1,459	1,000	0,047
11	2,745	4,667	79	6,96%	3,85%	1,463	1,061	0,059
12	3,048	4,943	69	9,76%	4,43%	1,266	1,046	0,072
13	3,625	5,630	65	6,03%	2,28%	1,076	1,121	0,086
14	4,640	6,922	68	6,03%	1,93%	1,132	1,094	0,102
15	3,006	4,319	36	4,47%	1,22%	1,000	1,237	0,119

D <sub>1,3</sub> cm	Ražīgums, tonnas stundā	Ražīgums, m <sup>3</sup> stundā	Ražīgums, koki stundā	Kopējās krājas īpatsvars	Koku skaita īpatsvars	Vidējais koku skaits darba ciklā	Atzarošanas cikli darba ciklā	Vidējais koks, m <sup>3</sup>
16	6,872	9,535	69	3,40%	0,80%	1,000	1,240	0,138
17	6,049	8,121	51	3,13%	0,64%	1,000	1,450	0,158
18	6,011	7,823	43	1,78%	0,32%	1,000	2,100	0,180
19	9,641	12,185	60	1,61%	0,26%	1,000	1,375	0,204
20	8,073	9,923	43	2,26%	0,32%	1,000	2,400	0,229
21	7,740	9,265	36	1,52%	0,19%	1,000	2,833	0,256
22	10,676	12,461	44	2,53%	0,29%	1,000	1,667	0,285
23	7,933	9,038	29	1,87%	0,19%	1,000	3,500	0,315
24	6,331	7,048	20	1,37%	0,13%	1,000	5,500	0,347
25	8,096	8,815	23	1,51%	0,13%	1,000	3,750	0,381
26	8,691	9,264	22	0,41%	0,03%	1,000	4,000	0,417
27	11,398	11,903	26	0,90%	0,06%	1,000	2,500	0,454
30	11,610	11,450	20	2,85%	0,16%	1,000	2,800	0,577



Att. 23: Darba ciklā apstrādājamo koku sugas, caurmēra un darba ražīguma sakarība.

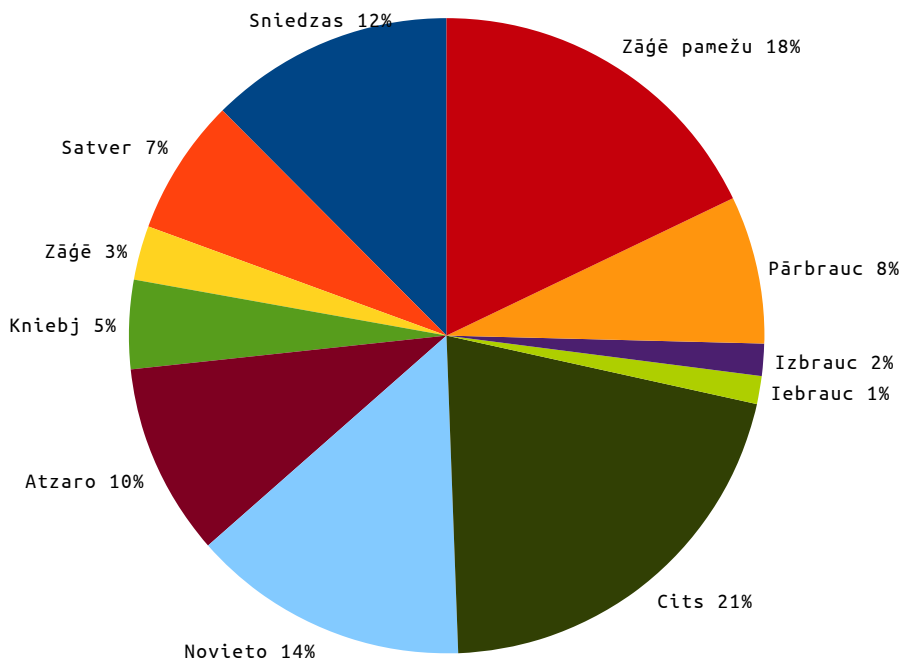
Lielākie produktīvā darba laika elementi ir citas darba operācijas, pameža zāģēšana un kokmateriālu novietošana (kopā 53 % produktīvā darba laika, Att. 24). Citas darba operācijas ir, galvenokārt, zaru novietošana lielākās kaudzēs. Šo darba operāciju var samazināt, pārceļot nozāģētos kokus uz atzarošanas vietu vertikālā stāvoklī, nevis pārceļot zarus pēc kokmateriālu sagarumošanas. Šāda pieeja ļautu veidot lielākas kokmateriālu uz zaru kaudzes. Pārceļšanu nevar izdarīt ar lielākajiem kokiem, taču šo koku īpatsvars krājas kopšanas cirtē ir salīdzinoši neliels. Koku pārceļšana ļauj samazināt arī darba laika patēriņu pameža zāģēšanai, jo samazinās nepieciešamība atbrīvot vietu kokmateriālu nokraušanai. Veidojot lielas zaru kaudzes, var samazināties piededjtraktora darba ražīgums, kas mazina ieguvumus harvesterā

darba ražīgumā. Viena no Jonh Deere 1270 priekšrocībām ir lielā masa, kas ļauj vertikālā stāvoklī pārvietot arī salīdzinoši lielus kokus (līdz 1,3 tonnām ar Moipu griezējgalvu). Galvenajā cirtē, bet, jo īpaši, kopšanas cirtēs šī priekšrocība ir maksimāli jāizmanto, lai palielinātu darba ražīgumu.

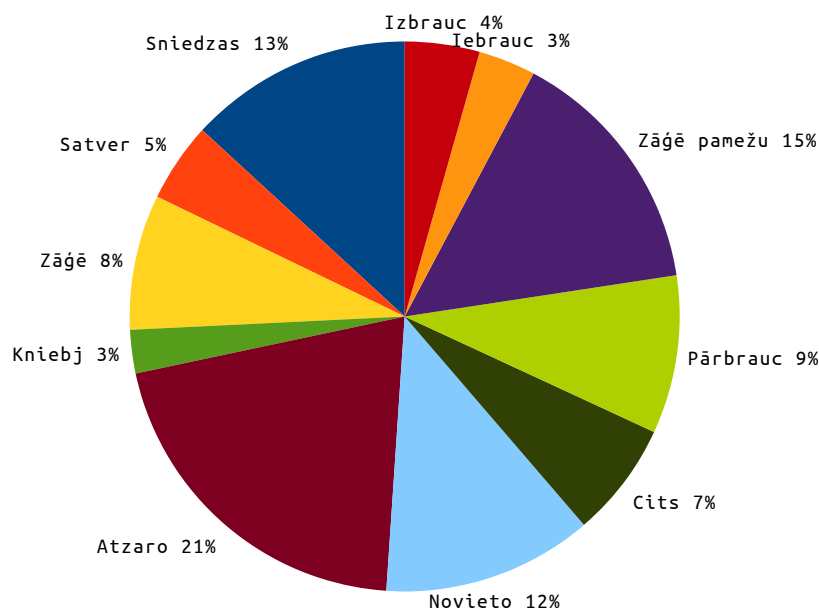
Salīdzinot ar produktīvā darba laika sadalījumu izmēģinājumos, kas veikti ar John Deere 1070 (Att. 25), ir būtiski palielinājies darba laika patēriņa īpatsvars pameža zāgēšanai un citām darba operācijām, bet samazinājies darba laika patēriņš atzarošanai. Kopējais darba laika patēriņa īpatsvars atzarošanai, kokmateriālu novietošanai un citiem darbiem (zaru novietošana) nav būtiski mainījies (no 40 % pieaudzis līdz 45 %).

Būtiska atšķirība konstatēta kniebšanas mehānisma izmantošanā – John Deere 1070 operatori vairāk izmantoja zāģi, bet John Deere 1270 operatori vairāk izmanto kniebējmehānismu. Salīdzinot kniebšanas un zāģēšanas darba ražīgumu, izstrādājot 2-15 cm resnus kokus, statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas, taču, pieaugot koku caurmēram, koku noknībšanas metode kļūst efektīvāka par zāģēšanu (Att. 26). Jāņem vērā, ka kniebšanu izmanto bojātu un apaļo kokmateriālu sagatavošanai nepiemērotu koku izstrādei, t.i. šiem kokiem vairumā gadījumu izpaliek atzarošanas un zaru novietošanas darba operācijas, tāpēc abi mehānismi (zāģis un kniebējs) nav tieši salīdzināmi.

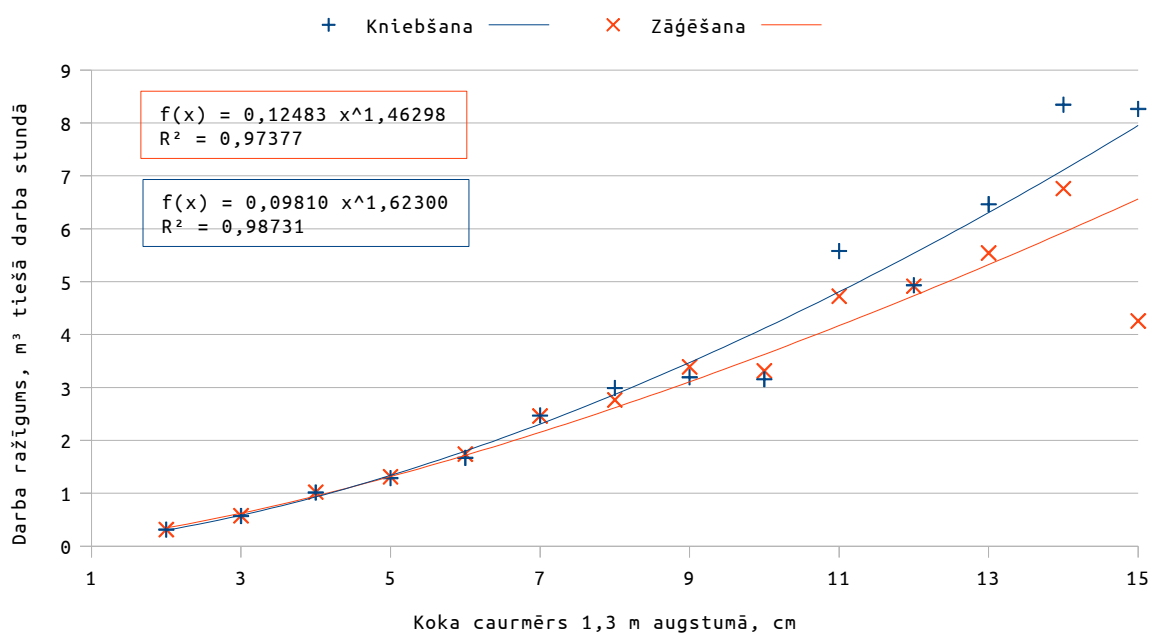
Pilnveidojot mežizstrādes darba metodi, darba laika patēriņu kokmateriālu sagatavošanai var teorētiski samazināt par 39 % (pamežā zāģēšana un citi darbi), bet praksē jācenšas sasniegt vismaz 20 % darba laika patēriņa samazinājums, veidojot lielākas kokmateriālu un mežizstrādes atlieku un biokurināmā kaudzes. Papildus darba ražīguma pieaugumu var panākt, izmantojot griezējgalvu, kuras kniebšanas mehānisms sastāv no 2 kustīgām pusēm, t.i. kniebšanas ātrums ir 2 reizes lielāks kā Moipu 300F modelim.



Att. 24: Produktīvā darba laika sadalījums.



Att. 25: Produktīvā darba laika sadalījums krājas kopšanas cirtē (Lazdiņš *et al.*, 2015).



Att. 26: Kniebšanas un zāgēšanas darba ražīguma salīdzinājums.

Darba laika uzskaites datu kopsavilkums, tajā skaitā dažādu darba operāciju ilgums sekundēs 1 m³ sagatavošanai, atbilstoši vidējiem darba laika uzskaites rādītājiem, dots Tab. 12, izstrādātās koksnes raksturojums – Tab. 13.

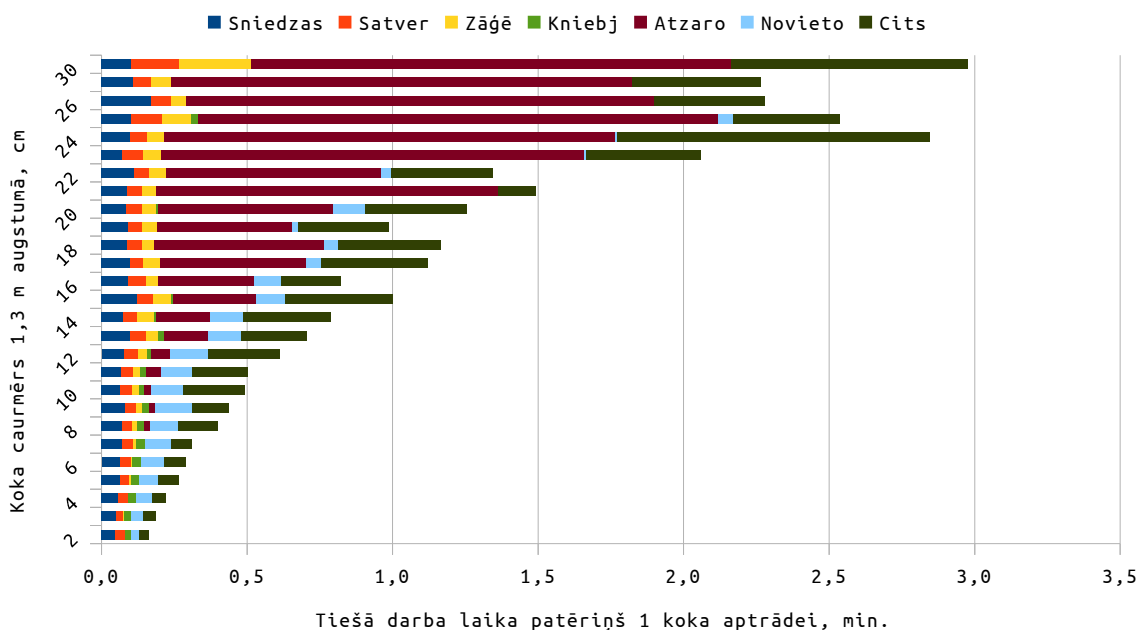
Tab. 12: Darba laika uzskaites datu kopsavilkums, sek. m<sup>-3</sup>

Cirtes veids	Sniedzas	Satver	Zāgē	Kniebj	Atzaro	Novieto	Cits	Iebrauc	Izbrauc	Pārbrauc	Zāgē pamežu	Nedarbi	Tiešais darba laiks	Efektīvais laiks	Kopējais laiks
1	223	106	31	84	35	273	296	17	23	114	202	25	1347	1417	1442
2	75	51	25	25	128	74	164	13	13	55	165	21	754	797	818
Vidēji	124	69	27	45	97	140	208	14	16	74	177	22	951	1003	1025

Tab. 13: Darba ražīgumu un sagatavotos kokmateriālus raksturojošie rādītāji

Audze	Atzarošanas reizes	D1,3, cm	H, m	Koku skaits	Kopējais koku skaits	Egle	Lapkoks	Priede	Koka krāja, m <sup>3</sup>	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>	Koka biomasa, kg	Kopējā biomasa, kg	Tiešais darba laiks no efektīvā	Tiešais darba laiks no kopējā	Tiešais darba laiks, sek. m <sup>-3</sup>	Tiešais darba laiks, sek. kg <sup>-1</sup>	Tiešais darba laiks, sek. koks <sup>-1</sup>
1	1,0	7,3	10,3	2,0	1695,0	0,36%	99,64%	0,00%	0,029	36,0	16,0	18466	95%	93%	1347	3	28
2	1,2	10,1	11,5	1,7	1510,0	9,09%	90,91%	0,00%	0,067	72,0	45,4	46648	95%	92%	754	1	36
Vidēji	1,1	8,7	10,9	1,9	3205,0	4,85%	95,15%	0,00%	0,048	107,0	31,1	65114	95%	93%	951	2	32

Pētījumā vērtēti faktori, kas ietekmē darba ražīgumu, zāgējot dažāda caurmēra kokus. Pieaugot zāgējamā koka caurmēram, nedaudz palielinās darba laika patēriņš, lai aizsniegtu, satvertu un nozāgētu koku, bet vairākkārtīgi palielinās darba laika patēriņš atzarošanai un sagarumošanai, kā arī zaru novietošanai, kas ietilpst citās darba operācijās (Att. 27). Lielākiem kokiem kokmateriālu novietošanas darba operācija saplūst ar atzarošanu; tas nozīmē, ka kokus sagarumo turpat kur nozāgē, veidojot nelielas zāgbaļķu un mežizstrādes atlieku kaudzītes. Mazākos kokus biežāk pārcilā pēc atzarošanas un sagarumošanas, novietojot kokmateriālu kaudzītēs, kas sagatavotas no lielākajiem kokiem. Citas darba operācijas, kas ietver zaru pārvietošanu, raksturīgas visām koku caurmēra pakāpēm. Teorētiski biokurināmā sagatavošana no neatzarotiem kokiem ar Moipu griezējgalvu ļauj samazināt tiešā darba laika patēriņu 15 cm resnu koku apstrādei līdz 2 reizes, bet resnākiem kokiem vēl vairāk. Praksē darba ražības pieaugums būs mazāks, jo ir jāparedz darba laika patēriņš koku pārzāgēšanai, lai to garums nepārsniedz rādītājus, kas pieļaujami pievešanā.

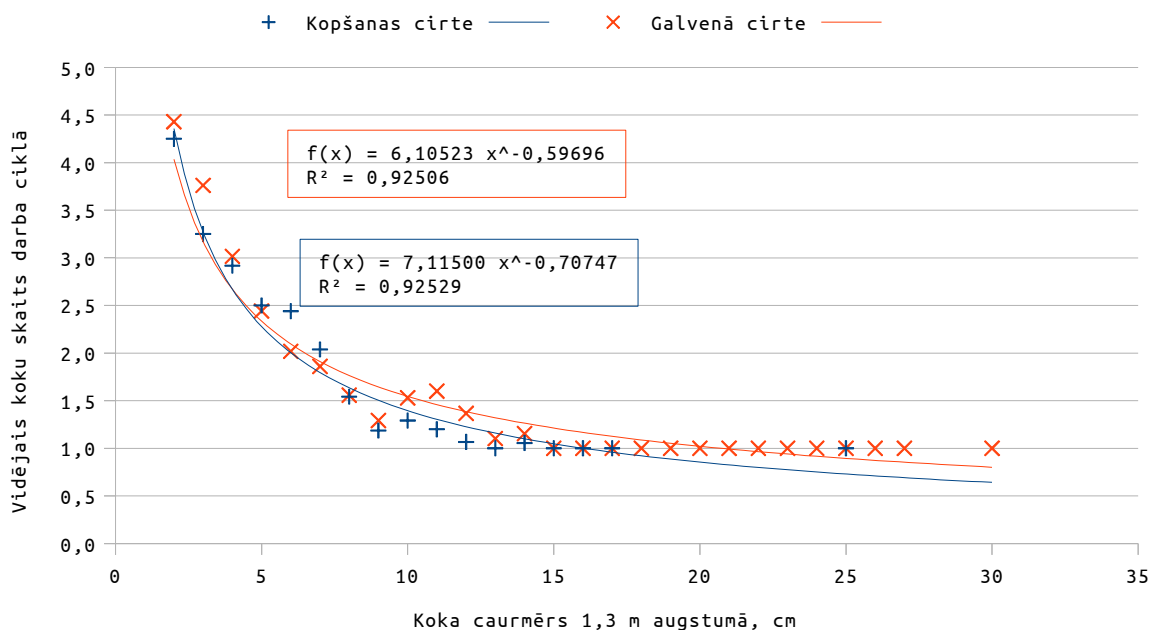


**Att. 27: Ražīgums tiešajā darba laikā, minūtes 1 koka apstrādei.**

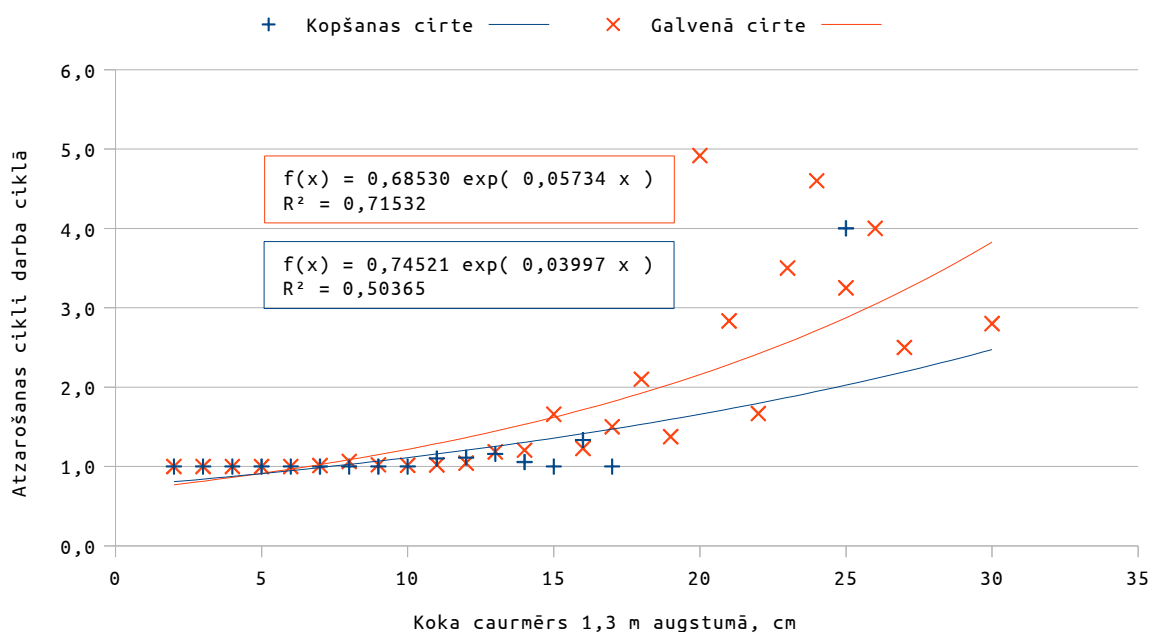
Darba ražīgumu būtiski ietekmē paketēšanas mehānisma pielietošana. Bez papildus aprīkojuma Moipu griezējgalvas paketēšanas iespējas ir ierobežotas, taču arī šīs iespējas netiek pilnībā izmantotas. Harvesteru operatori pielietoja paketēšanu tikai tiem kokiem, no kuriem nevar sagatavot apaļos kokmateriālus, t.i. par 10 cm resnāki koki apstrādāti, galvenokārt, pa vienam (Att. 28). Aktīvāk izmantojot paketēšanas mehānismu, tajā skaitā kokiem, no kuriem gatavo papīrmalku, darba ražīgums būtiski palielinātos. Papildaprīkojumu sīkkoku paketēšanai lietderīgi iegādāties tad, kad operatori pilnībā apguvuši šo darba metodi un būs iespējama arī papīrmalkas sagatavošana ar paketēšanas metodi.

Otrs rādītājs, kura būtiskums jau nodemonstrēts Att. 27, ir atzarošanas ciklu skaits darba ciklā, t.i. cik reizes koks ir atkārtoti izvilktis caur atzarošanas nažiem. Jau izmēģinājumos ar John Deere 1070 konstatēts, ka atzarošana ir viena no problemātiskākajām darba operācijām, izmantojot Moipu 300F griezējgalvu. Att. 29 redzams, ka krājas kopšanas cirtē, kur lielākā daļa nozāgēto koku ir līdz 17 cm resni, atkārtota atzarošana ir salīdzinoši reta parādība, bet galvenajā cirtē 20-30 cm resnus kokus jāvelk caur atzarošanas nažiem vidēji 2-5 reizes. Iegūtie rezultāti apstiprina atziņu, ka Moipu 300F griezējgalva piemērota kopšanas cirtēm, bet nav izmantojama galvenajā cirtē. Lai gan problēmas ar koku atzarošanu galvenajā cirtē skaidrojamas arī ar izmēģinājumos izstrādātās mežaudzes īpatnībām; koki tajā bija reti un zaraini un radītu grūtības arī citām mežizstrādes mašīnām.





Att. 28: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un caurmēra sakarība.

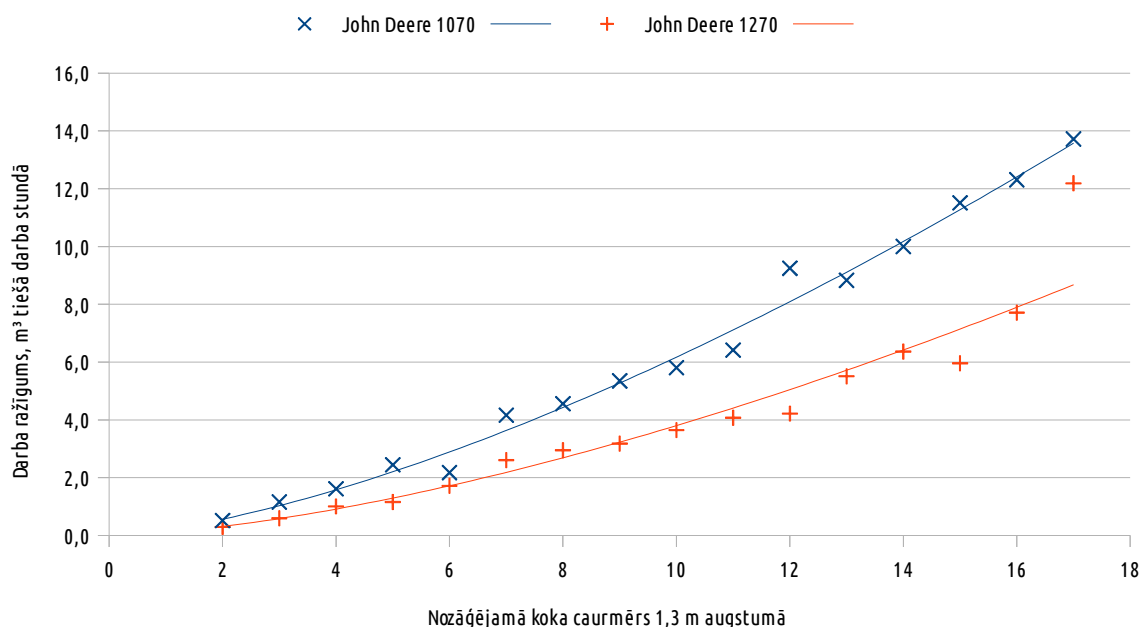


Att. 29: Darba ciklā apstrādājamo koku caurmēra un atzarošanas ciklu skaita sakarība.

Darba ražīguma palielināšanas iespējas, atsakoties pilnībā no mazo kociņu ( $D < 8$  cm) zāgēšanas, raksturo darba laika patēriņa pārrēķins, izslēdzot no darba laika uzskaites 8 cm resnos un tievākos kociņus. Krājas kopšanas cirtē harvestera darba ražīgums palielinātos līdz  $4,23 \text{ m}^3$  tiešā darba laika stundā (par 58 %), bet galvenajā cirtē – līdz  $5,9 \text{ m}^3$  tiešā darba laika stundā (par 24 %). Tajā pat laikā iegūstamo kokmateriālu zudums krājas kopšanas cirtē būtu 41 %, bet galvenajā cirtē – 12 %. Iegūstamās krājas zudums veidojas uz mazvērtīgo sortimentu

rēķina, bet attiecīgi izdevumu un ieguvumu attiecības izteiksmē atteikšanās no mazo kociņu zāģēšanas dod būtiski lielāku efektu. Praksē darba ražīguma pieaugums būs mazāks, jo ne vienmēr var atteikties no mazo kociņu zāģēšanas, tomēr būtisku darba ražīguma palielinājumu var panākt arī, izvairoties no pameža zāģēšanas ar harvesteru. Vidēji 18 % no harvestera darba laika ir pameža zāģēšana, attiecīgi, ja harvesters izmēģinājumos patērēja vidēji 35 darba stundas 1 ha izstrādei galvenajā cirtē un 1 darba stundas izmaksas ir 45 EUR, pameža zāģēšana izmaksāja vidēji 90 EUR ha<sup>-1</sup>. Pārrēķinot uz sagatavotajiem kokmateriāliem, pameža zāģēšana izmaksāja 0,83 EUR m<sup>-3</sup>.

Att. 30 salīdzināti pētījumā iegūtie John Deere 1270 un agrāk veiktajos izmēģinājumos (Lazdiņš *et al.*, 2015) iegūtie John Deere 1070 darba ražīguma rādītāji, strādājot ar Moipu 300F griezējgalvu krājas kopšanas cirtē. Grafikā redzams, ka John Deere 1270 darba ražīguma rādītāji būtiski atpaliek no John Deere 1070 rādītājiem. Tas saistīts ar būtiski lielāku darba laika patēriņu pameža kociņu un krūmu zāģēšanai un lielāku darba laika patēriņu pārējām operācijām. Savukārt, darba laika patēriņa pieaugums visām darba operācijām mežizstrādē saistīts gan ar sarežģītākiem darba apstākļiem (liels sīko kociņu īpatsvars), gan nepieciešamību uzlabot koku zāģēšanas plānošanu, gan iespējamo pieredzes trūkumu. Risinājumi darba ražības būtiskai paaugstināšanai ir izvairīšanās no mazo kociņu zāģēšanas un apstrādāšanas, aktīvāka griezējgalvas pakotēšanas funkcijas citu harvestera tehnisko iespēju izmantošana, strādājot ar pilnu izlīci un samazinot darba laika patēriņu pārbraucieniem. Lielu kokmateriālu un biomasas paku veidošanas ietekme uz darba ražīgumu var uzlabot darba ražīgumu, ja tas ļauj izvairīties no mazo kociņu zāģēšanas, taču, ja operatori veido lielas kokmateriālu pakas, tajā pat laikā nozāģējot vai nokniebjot pameža kokus, šādas metodes ietekme uz darba ražīgumu ir negatīva.



Att. 30: John Deere 1070 un 1270 darba ražīguma salīdzinājums krājas kopšanas cirtē.

## Izmaksu un ieņēmumu analīze

### Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze

#### Krājas kopšanas cirtē

Mežizstrādē un koksnes piegādē nodarbinātās tehnikas izmaksu aprēķina rezultātu kopsavilkums dots Tab. 14. Lielākā izmaksu sadaļa visām tehnikas vienībām ir operacionālās jeb mainīgās izmaksas, tajā skaitā degviela. Harvesteru ikgadējās izmaksas ir lielākas, nekā uzņēmuma iesniegtajā apkopojumā, jo izmaksās iekļauts griezējgalvas nolietojums.

Krājas kopšanas cirtēs, atbilstoši vidējiem darba ražīguma rādītājiem, harvesters gada laikā var sagatavot ap 11 tūkst. m<sup>3</sup> apaļo kokmateriālu un 5 tūkst. ber. m<sup>3</sup> biokurināmā. Harvesteru darba ražīgums ir aptuveni 7 reizes mazāks, nekā pievedējtraktora darba ražīgums, attiecīgi, lai nodrošinātu ar darbu 1 pievedējtraktoru, izmēģinājumam raksturīgos apstākļos būtu nepieciešami 7 harvesteri. Lai līdzsvarotu mašīnu noslodzi, ir būtiski jāpalielina darba ražīgums, kā arī jāizmanto harvesters arī galvenajā cirtē, kur darba ražīguma atšķirība ir mazāka. Praksē pievedējtraktora un harvesteru darba ražīgumu izlīdzinās arī laika apstākļi – strādājot kopšanas cirtē, pievedējtraktoram var prognozēt ilgstošas dīkstāves un būtiski lielāku pārbraucienu īpatsvaru, jo daļa no audzēm, kas pieejamas harvesteram (augšgalā un pieaugošā stadijā), tajā pat laikā nav pieejamas pievedējtraktoram.

Tab. 14: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze krājas kopšanas cirtē

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Zaru pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs
Atsevišķas tehnikas vienības izmaksas, EUR gadā						
Investīcijas	€ 72 844	€ 39 095	€ 40 589	€ 17 301	€ 58 238	€ 17 308
Personāls	€ 63 031	€ 49 581	€ 49 581	€ 16 423	€ 33 553	€ 16 423
Operacionālās izmaksas	€ 82 373	€ 76 201	€ 79 106	€ 30 264	€ 144 147	€ 39 880
Plānotā peļņa	€ 10 912	€ 8 244	€ 8 464	€ 3 199	€ 11 797	€ 3 681
<b>Kopā, EUR gadā</b>	<b>€ 229 161</b>	<b>€ 173 121</b>	<b>€ 177 739</b>	<b>€ 67 187</b>	<b>€ 247 735</b>	<b>€ 77 292</b>
Darba ražīgums						
<b>Ražīgums, m<sup>3</sup> produktīvajā stundā</b>	<b>2,1</b>	<b>16,3</b>	<b>14,6</b>	<b>8,4</b>	<b>31,4</b>	<b>9,0</b>
Atsevišķas tehnikas vienības gada laikā saražoto kokmateriālu apjoma vērtējums						
Kokmateriālu ražošanas apjoms, m <sup>3</sup> gadā, tajā skaitā	10845	74209	69364	14992	56900	16023
apaļie kokmateriāli un malka, m <sup>3</sup> gadā	10317	70590		14992		
biokurināmais, m <sup>3</sup> gadā	1559		69364		56900	16023
biokurināmais, pārrēķinot šķeldās:						
biokurināmais, ber. m <sup>3</sup> gadā	4787		212947		174682	49191
Vidējās kokmateriālu un biokurināmā sagatavošanas izmaksas						
<b>Kokmateriāli &amp; biokurināmais, EUR m<sup>-3</sup></b>	<b>€ 22,21</b>	<b>€ 2,33</b>	<b>€ 2,56</b>	<b>€ 4,48</b>	<b>€ 4,35</b>	<b>€ 4,82</b>

Biokurināmā sagatavošanas pašizmaksas aprēķinā visas harvesteru izmaksas attiecinātas uz apaļajiem kokmateriāliem. Vidējās apaļo kokmateriālu sagatavošanas izmaksas krājas kopšanas izmēģinājumā, attiecīgi, ir 29 EUR m<sup>-3</sup>, bet biokurināmā sagatavošanas pašizmaksa – 12 EUR m<sup>-3</sup> (4 EUR ber. m<sup>-3</sup>), tajā skaitā pievešana uz augšgala krautuvi 150 m attālumā un piegāde 50 km attālumā (Tab. 15). Lielāko daļu izmaksu apaļajiem kokmateriāliem aprēķinā

rada harvesters, bet biokurināmajam – smalcināšana un piegāde. Praksē pieaugs pievešanas izmaksas, jo darba apstākļi nosaka salīdzinoši lielāku pievedējtraktoru dīkstāvi, strādājot krājas kopšanas cirtēs, bet nepieciešamība veidot lielākas atlieku kaudzes augšgala krautuvē palielinās pievešanas attālumu. Biokurināmā piegāžu izmaksas palielinās arī salīdzinoši mazā kokmateriālu koncentrācija audzē – samazinoties pievedamās koksnes daudzumam, pieaugs pārbraucienu īpatsvars darba laika struktūrā un samazināsies pievedējtraktora darba ražīgums.

Tab. 15: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksa krājas kopšanas cirtē

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Zaru pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Kopā
Apaļie kokmateriāli, EUR m <sup>-3</sup>	€ 22,21	€ 2,33		€ 4,48			€ 29,03
Biokurināmais:							
EUR m <sup>-3</sup>			€ 2,56		€ 4,35	€ 4,82	€ 11,74
EUR ber. m <sup>-3</sup>			€ 0,83		€ 1,42	€ 1,57	€ 3,82

Pārrēķinot uz 1 ha, kopšanas izmaksas atbilstoši izmēģinājumā iegūtajiem datiem, ir 11800 EUR ha<sup>-1</sup>, tajā skaitā 1114 EUR ir apaļo kokmateriālu sagatavošanas izmaksas (Tab. 16). Biokurināmā piegādes izmaksas teorētiski ir tikai 66 EUR ha<sup>-1</sup>; praksē izmaksas būs lielākas, jo biokurināmā daudzums audzē ir salīdzinoši neliels un pieaug visu to izmaksu pozīciju īpatsvars, kas saistītas ar tehnikas pārvietošanos.

Tab. 16: Krājas kopšanas izmaksas uz 1 ha

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Zaru pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Kopā
Apaļo kokmateriālu sagatavošanas izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>	€ 864	€ 85		€ 164			€ 1 114
Biokurināmā sagatavošanas izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>			€ 14		€ 24	€ 27	€ 66
Kopējās izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>	€ 864	€ 85	€ 14	€ 164	€ 24	€ 27	€ 1 180

## Galvenā cirtē

Tāpat kā krājas kopšanas cirtē, lielākā izmaksu sadaļa visām tehnikas vienībām ir operacionālās jeb mainīgās izmaksas, tajā skaitā degviela. Harvestera ikgadējās izmaksas ir lielākas, nekā uzņēmuma iesniegtajā apkopojumā, jo izmaksās iekļauts griezējgalvas nolietojums Tab. 17.

Atbilstoši vidējiem darba ražīguma rādītājiem, gada laika harvesters var sagatavot 15 tūkst. m<sup>3</sup> apaļo kokmateriālu un 7 tūkst. ber. m<sup>3</sup> biokurināmā. Lai nodrošinātu ar darbu 1 pievedējtraktoru, teorētiski nepieciešami 3 harvesteri. Praksē pievedējtraktoram būs lielāks dīkstāves īpatsvars un atšķirība darba ražīgumā samazināsies. Vidējās izmaksas 1 m<sup>3</sup> apaļo kokmateriālu sagatavošanai ar harvesteru ir 14,5 EUR m<sup>3</sup>.

Tab. 17: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze galvenajā cirtē

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Zaru pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs
Atsevišķas tehnikas vienības izmaksas, EUR gadā						
Investīcijas	€ 72 844	€ 39 095	€ 40 589	€ 17 301	€ 58 238	€ 17 308
Personāls	€ 63 031	€ 49 581	€ 49 581	€ 16 423	€ 33 553	€ 16 423
Operacionālās izmaksas	€ 82 373	€ 76 201	€ 79 106	€ 30 264	€ 144 147	€ 39 880

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Zaru pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs
Plānotā peļņa	€ 10 912	€ 8 244	€ 8 464	€ 3 199	€ 11 797	€ 3 681
<b>Kopā, EUR gadā</b>	<b>€ 229 161</b>	<b>€ 173 121</b>	<b>€ 177 739</b>	<b>€ 67 187</b>	<b>€ 247 735</b>	<b>€ 77 292</b>
Darba ražīgums						
<b>Ražīgums, m³ produktīvajā h<sup>-1</sup></b>	<b>3,3</b>	<b>16,3</b>	<b>14,6</b>	<b>9,4</b>	<b>31,4</b>	<b>9,0</b>
Atsevišķas tehnikas vienības gada laikā saražoto kokmateriālu apjoms						
Kokmateriālu ražošanas apjoms, m³ gadā, tajā skaitā	17148	74209	69364	16744	56900	16023
apaļie kokmateriāli, m³ gadā	15852	68597		16744		
biokurināmais, m³ gadā	2274		69364		56900	16023
pārrēķinot šķeldās:						
biokurināmais, ber. m³ gadā	6982		212947		174682	49191
Rezultāts						
<b>Kokmateriāli &amp; biokurināmais, EUR m<sup>-3</sup></b>	<b>€ 14,46</b>	<b>€ 2,33</b>	<b>€ 2,56</b>	<b>€ 4,01</b>	<b>€ 4,35</b>	<b>€ 4,82</b>

Kokmateriālu pašizmaksa galvenajā cirtē, atbilstoši izmēģinājumu rezultātiem, ir 21 EUR m<sup>3</sup>; biokurināmā pašizmaksa, neiekļaujot tajā harvestera izmaksas, ir 4 EUR ber. m<sup>3</sup> (Tab. 18). Praksē biokurināmā izmaksas būs lielākas; tās ietekmēs pievešanas attāluma pieaugums, nelielā biomasas koncentrācija audzē, tehnikas pārvietošanas izmaksu pieaugums un citi faktori.

Tab. 18: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksa galvenajā cirtē

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Zaru pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Kopā
apaļie kokmateriāli, EUR m <sup>-3</sup>	€ 14,46	€ 2,33		€ 4,01			<b>€ 20,80</b>
Biokurināmais:							
EUR m <sup>-3</sup>			€ 2,56		€ 4,35	€ 4,82	<b>€ 11,74</b>
EUR ber. m <sup>-3</sup>			€ 0,83		€ 1,42	€ 1,57	<b>€ 3,82</b>

Izmaksu pārrēķins uz platības vienību, it īpaši dabiski atjaunojušos vai ieaugušu mežaudžu novērtēšanai, ir lielā mērā spekulatīvs, jo koksnes krāja šādās audzēs var būtiski atšķirties (Att. 15, 17. lpp). Izmantojot vidējos krājas rādītājus bērza audzēs ar atbilstošu vidējā koka caurmēru, konstatēts, ka 1 ha izstrādes, kā arī kokmateriālu un biokurināmā piegādes izmaksas ir 2455 EUR. Harvestera darbs ir 64 % no izmaksām.

Tab. 19: Mežizstrādes izmaksas uz 1 ha

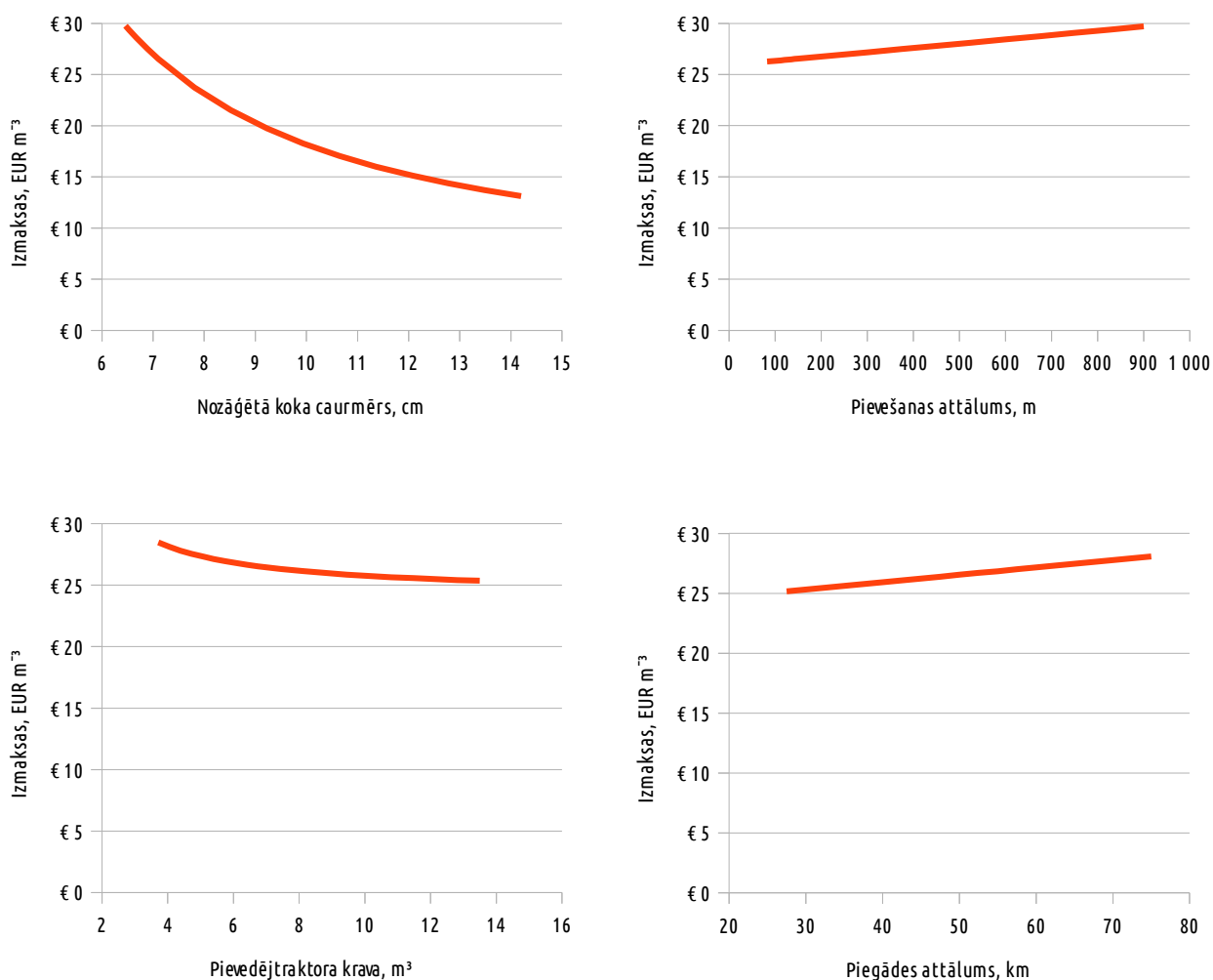
Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Zaru pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Kopā
Apaļo kokmateriālu sagatavošanas izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>	€ 1 563	€ 231		€ 397			<b>€ 2 190</b>
Biokurināmā sagatavošanas izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>			€ 58		€ 98	€ 109	<b>€ 265</b>
<b>Kopējās izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup></b>	<b>€ 1 563</b>	<b>€ 231</b>	<b>€ 58</b>	<b>€ 397</b>	<b>€ 98</b>	<b>€ 109</b>	<b>€ 2 455</b>

## Jutīguma analīze

### Krājas kopšanas cirte

Salīdzinot vidējā nozāgētā koka caurmēra, pievešanas attāluma, pievedējtraktora kravas lieluma un piegādes attāluma ietekmi uz vidējo kokmateriālu un biokurināmā cenu, pētījumā apstiprinājusies likumsakarība, ka lielāko ietekmi rada vidējā nozāgējamā koka caurmērs un, zāgējot vidēji 14 cm resnus kokus, kokmateriālu pašizmaksa samazinātos līdz 13 EUR m<sup>-3</sup> (Att. 31). Lielāka pievedējtraktora izmantošana (2 trīs metri garu kokmateriālu rindas), samazinātu kokmateriālu izmaksas par aptuveni 1 EUR m<sup>-3</sup>.

Salīdzinoši liela ietekme ir kokmateriālu piegādes attāluma palielināšanai. Ja piegādes attālums palielinās par 25 km, kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksa palielinās par 6 %. Pievešanas attāluma izmaiņām ir līdzīga ietekme uz kokmateriālu pašizmaksu (Att. 31)



Att. 31: Jutīguma analīze krājas kopšanas cirtē.

Pieņēmumi vidējā nozāgētā koka caurmēra izmaiņu ietekmes uz apaļo kokmateriālu un biokurināmā ražošanas un piegāžu pašizmaksu, kā arī pieņēmumi, kas izmantoti izdevumu un ieņēmumu attiecības analīzei krājas kopšanas cirtē, doti Tab. 20. Aprēķini veikti vidējā nozāgētā koka caurmēra intervālam 6,5-15,8 cm.

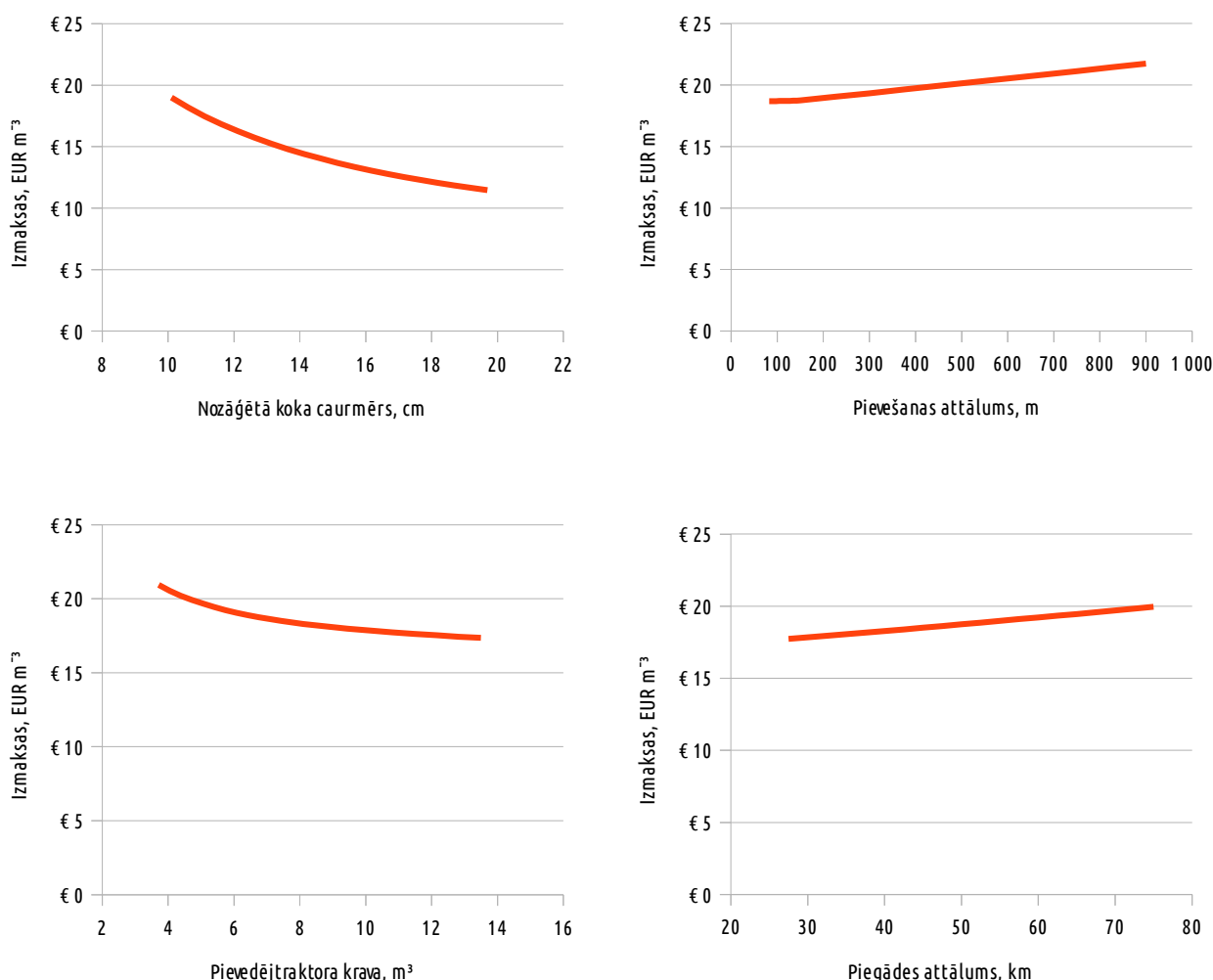
Tab. 20: Pieņēmumi vidējā nozāgētā koka caurmēra ietekmes uz izmaksām un ieņēmumu bilances analīzei

Vidējais modelētais koks pret vidējo koku izmēģinājumos	-9%	-8%	-7%	-6%	-5%	-4%	-3%	-2%	-1%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Vidējā nozāgētā koka krāja, m³	0,0175	0,0179	0,0184	0,0188	0,0193	0,0198	0,0202	0,0207	0,0212	0,0217	0,0270	0,0329	0,0394	0,0467	0,0546	0,0633	0,0726	0,0827	0,0936	0,1052
Vidējais audzes koks, cm	9,4	9,5	9,5	9,6	9,6	9,7	9,7	9,8	9,9	9,9	10,5	11,1	11,7	12,3	12,9	13,4	14,0	14,6	15,2	15,8
Vidējā nozāgētā koka caurmērs, cm	6,5	6,5	6,6	6,7	6,8	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1	7,8	8,5	9,2	9,9	10,7	11,4	12,1	12,8	13,5	14,2
Izstrādājamo koku krāja, m³ ha⁻¹	33,3	33,9	34,5	35,1	35,8	36,4	37,0	37,7	38,3	38,9	45,4	52,2	59,3	66,6	74,1	81,8	89,7	97,7	105,9	114,3
Sortimentu struktūra, m³ ha⁻¹:																				
biokurināmais stumbra biomasā	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,6	3,3	4,1	5,0	5,9	6,9	8,0	9,1	10,3	11,6
biokurināmais mežizstrādes atliekās	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	4,3	5,0	5,6	6,3	7,0	7,8	8,5	9,3	10,1	10,9
apalje kokmateriāli	28,7	29,2	29,7	30,2	30,7	31,3	31,8	32,3	32,8	33,3	38,6	44,1	49,7	55,5	61,4	67,4	73,5	79,7	86,0	92,4
<b>Kopā biokurināmais un kokmateriāli</b>	<b>33,3</b>	<b>33,9</b>	<b>34,5</b>	<b>35,1</b>	<b>35,8</b>	<b>36,4</b>	<b>37,0</b>	<b>37,6</b>	<b>38,3</b>	<b>38,9</b>	<b>45,5</b>	<b>52,3</b>	<b>59,4</b>	<b>66,8</b>	<b>74,3</b>	<b>82,1</b>	<b>90,0</b>	<b>98,1</b>	<b>106,4</b>	<b>114,9</b>
Zāgēšanas ražīgums, m³ E15 stundā	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,5	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,7	6,2
Zāgēšanas izmaksas, EUR m⁻³	€ 25,69	€ 25,26	€ 24,84	€ 24,44	€ 24,04	€ 23,66	€ 23,28	€ 22,92	€ 22,56	€ 22,21	€ 19,18	€ 16,77	€ 14,82	€ 13,22	€ 11,88	€ 10,76	€ 9,80	€ 8,97	€ 8,25	€ 7,63
Vidējais apaļo kokmateriālu sortimenta caurmērs, cm	7,23	7,27	7,30	7,34	7,37	7,41	7,44	7,48	7,51	7,55	7,91	8,26	8,62	8,97	9,33	9,68	10,04	10,39	10,75	11,10
Apaļo kokmateriālu krava, m³	23,89	23,96	24,02	24,09	24,16	24,23	24,29	24,36	24,43	24,50	25,17	25,85	26,53	27,21	27,88	28,56	29,24	29,92	30,59	31,27
Apaļo kokmateriālu transporta ražīgums, m³ E15 stundā	8,19	8,21	8,24	8,26	8,28	8,31	8,33	8,35	8,38	8,40	8,63	8,86	9,10	9,33	9,56	9,79	10,02	10,26	10,49	10,72
Apaļo kokmateriālu transporta izmaksas, EUR m⁻³	€ 4,60	€ 4,58	€ 4,57	€ 4,56	€ 4,54	€ 4,53	€ 4,52	€ 4,51	€ 4,49	€ 4,48	€ 4,36	€ 4,25	€ 4,14	€ 4,04	€ 3,94	€ 3,84	€ 3,75	€ 3,67	€ 3,59	€ 3,51
Kopējās ražošanas izmaksas, EUR m⁻³:																				
apalje kokmateriāli	€ 32,62	€ 32,18	€ 31,75	€ 31,33	€ 30,92	€ 30,52	€ 30,13	€ 29,76	€ 29,39	€ 29,03	€ 25,87	€ 23,35	€ 21,29	€ 19,59	€ 18,15	€ 16,93	€ 15,89	€ 14,97	€ 14,17	€ 13,47
šķeldas	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74	€ 11,74
Biokurināmā ražošanas izmaksas, EUR ber. m⁻³	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82	€ 3,82
<b>Vidējās izmaksas, EUR m⁻³</b>	<b>€ 29,77</b>	<b>€ 29,37</b>	<b>€ 28,98</b>	<b>€ 28,60</b>	<b>€ 28,24</b>	<b>€ 27,88</b>	<b>€ 27,53</b>	<b>€ 27,19</b>	<b>€ 26,86</b>	<b>€ 26,54</b>	<b>€ 23,74</b>	<b>€ 21,52</b>	<b>€ 19,73</b>	<b>€ 18,26</b>	<b>€ 17,04</b>	<b>€ 16,01</b>	<b>€ 15,12</b>	<b>€ 14,37</b>	<b>€ 13,71</b>	<b>€ 13,13</b>



## Galvenā cirtē

Galvenajā cirtē jutības analīze veikta, palielinot vidējā nozāgējamā koka caurmēru no vidējā rādītāja izmēģinājumu platībā līdz 20 cm, jo mazāku koku izstrādes darba ražīgums un kokmateriālu pašizmaksa jau analizēta iepriekšējā nodaļā. Arī galvenajā cirtē nozāgējamā koka caurmērs ir galvenais ražošanas izmaksas noteicošais faktors (Att. 32), tāpēc vidējā nozāgējamā koka caurmēra palielināšana (atstājot nenozāgētus pameža kociņu, kas netraucē mežaudzes attīstībai vai atjaunošanai), ir galvenais uzdevums darba ražīguma palielināšanai. Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksu būtiski ietekmē arī pārējie vērtētie faktori – pievešanas attālums, pievedējtraktora kravas lielums un piegādes attālums.



Att. 32: Jutīguma analīze.

Pieņēmumi jutības analīzei, vērtējot vidējā nozāgējamā koka caurmēra ietekmi uz apaļo kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksu, kā arī pieņēmumi, kas izmantoti izdevumu un ieņēmumu attiecības analīzei galvenajā cirtē, un aprēķinu starprezultāti apkopoti Tab. 21.

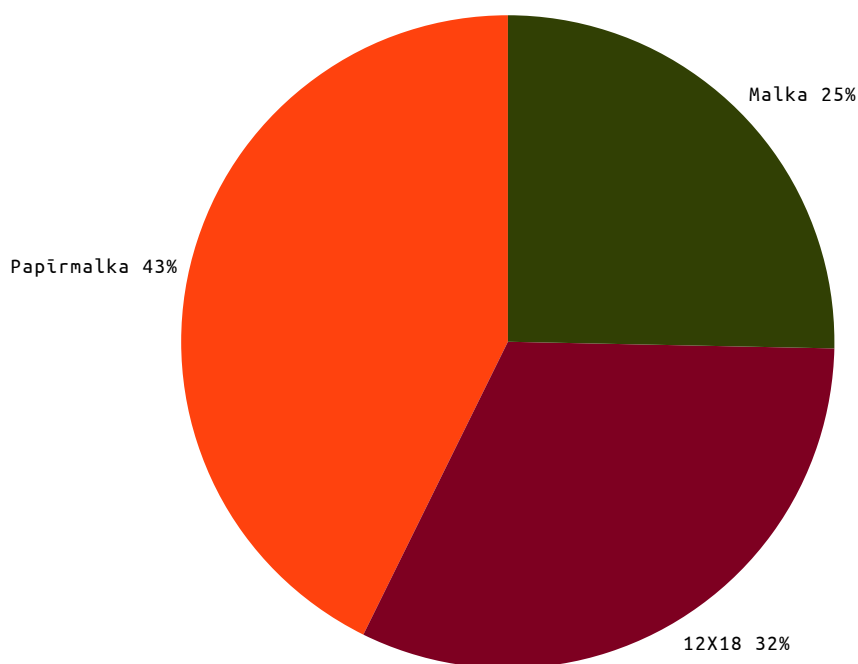
**Tab. 21: Pieņēmumi vidējā nozāgētā koka caurmēra ietekmes uz izmaksām un ieņēmumu bilances analīzei galvenajā cirtē**

Vidējais modelētais koks pret vidējo koku izmēģinājumos	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
Vidējā nozāgētā koka krāja, m³	0,0484	0,0541	0,0601	0,0665	0,0733	0,0805	0,0880	0,0959	0,1042	0,1128	0,1219	0,1313	0,1412	0,1514	0,1621	0,1731	0,1846	0,1965	0,2088	0,2215
Vidējais audzes koks, cm	10,1	10,6	11,1	11,6	12,1	12,6	13,1	13,6	14,1	14,7	15,2	15,7	16,2	16,7	17,2	17,7	18,2	18,7	19,2	19,7
Vidējā nozāgētā koka caurmērs, cm	10,1	10,6	11,1	11,6	12,1	12,6	13,1	13,6	14,1	14,7	15,2	15,7	16,2	16,7	17,2	17,7	18,2	18,7	19,2	19,7
Izstrādājamo koku krāja, m³ ha <sup>-1</sup>	108,1	114,1	120,1	126,0	132,0	138,0	144,0	150,0	155,9	161,9	167,9	173,9	179,9	185,9	191,8	197,8	203,8	209,8	215,8	221,7
Sortimentu struktūra, m³ ha <sup>-1</sup> :																				
biokurināmais stumbra biomasā	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28
biokurināmais mežizstrādes atliekās	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	22	23	24	25	26	26	27	28	29	29
apaļie kokmateriāli	90	95	99	104	108	113	117	122	126	131	135	139	144	148	153	157	161	166	170	174
<b>Kopā biokurināmais un kokmateriāli</b>	<b>112</b>	<b>119</b>	<b>125</b>	<b>131</b>	<b>138</b>	<b>144</b>	<b>150</b>	<b>156</b>	<b>163</b>	<b>169</b>	<b>175</b>	<b>182</b>	<b>188</b>	<b>194</b>	<b>200</b>	<b>207</b>	<b>213</b>	<b>219</b>	<b>226</b>	<b>232</b>
Zāģēšanas ražīgums, m³ E15 stundā	3,35	3,57	3,79	4,02	4,25	4,48	4,72	4,96	5,20	5,44	5,69	5,94	6,19	6,45	6,71	6,96	7,23	7,49	7,76	8,03
Zāģēšanas izmaksas, EUR m <sup>-3</sup> ar mizu	€ 14,5	€ 13,6	€ 12,8	€ 12,0	€ 11,4	€ 10,8	€ 10,3	€ 9,8	€ 9,3	€ 8,9	€ 8,5	€ 8,1	€ 7,8	€ 7,5	€ 7,2	€ 7,0	€ 6,7	€ 6,5	€ 6,2	€ 6,0
Vidējais apaļo kokmateriālu sortimenta caurmērs, cm	9,1	9,3	9,6	9,8	10,1	10,3	10,6	10,8	11,1	11,3	11,6	11,8	12,1	12,3	12,6	12,8	13,1	13,3	13,6	13,9
Apaļo kokmateriālu krava, m <sup>-3</sup>	27,4	27,8	28,3	28,8	29,3	29,8	30,3	30,7	31,2	31,7	32,2	32,7	33,1	33,6	34,1	34,6	35,1	35,6	36,0	36,5
Apaļo kokmateriālu transporta ražīgums, m³ E15 stundā	9,4	9,6	9,7	9,9	10,0	10,2	10,4	10,5	10,7	10,9	11,0	11,2	11,4	11,5	11,7	11,9	12,0	12,2	12,4	12,5
Apaļo kokmateriālu transporta izmaksas, EUR m <sup>-3</sup>	€ 4,0	€ 3,9	€ 3,9	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,7	€ 3,6	€ 3,6	€ 3,5	€ 3,5	€ 3,4	€ 3,4	€ 3,3	€ 3,3	€ 3,2	€ 3,2	€ 3,1	€ 3,1	€ 3,1	€ 3,0
Kopējās ražošanas izmaksas, EUR m <sup>-3</sup> :																				
apaļie kokmateriāli	€ 20,8	€ 19,8	€ 19,0	€ 18,2	€ 17,5	€ 16,8	€ 16,2	€ 15,7	€ 15,2	€ 14,7	€ 14,3	€ 13,8	€ 13,5	€ 13,1	€ 12,8	€ 12,5	€ 12,2	€ 11,9	€ 11,6	€ 11,4
šķeldas	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7	€ 11,7
Biokurināmā ražošanas izmaksas, EUR ber. m <sup>-3</sup> :	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8	€ 3,8
<b>Vidējās izmaksas, EUR m<sup>-3</sup></b>	<b>€ 19,0</b>	<b>€ 18,2</b>	<b>€ 17,5</b>	<b>€ 16,8</b>	<b>€ 16,2</b>	<b>€ 15,7</b>	<b>€ 15,2</b>	<b>€ 14,8</b>	<b>€ 14,4</b>	<b>€ 14,0</b>	<b>€ 13,7</b>	<b>€ 13,4</b>	<b>€ 13,1</b>	<b>€ 12,8</b>	<b>€ 12,5</b>	<b>€ 12,3</b>	<b>€ 12,1</b>	<b>€ 11,9</b>	<b>€ 11,7</b>	<b>€ 11,5</b>

## Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums

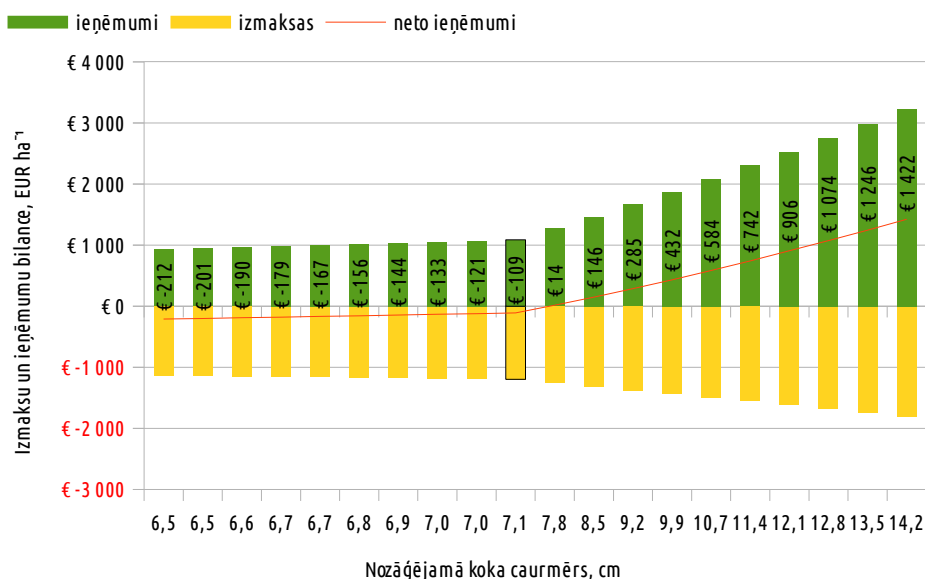
### Krājas kopšanas cirtē

Ieņēmumu un izdevumu attiecības aprēķinos izmantota vidējā sagatavoto kokmateriālu struktūra atbilstoši harvestera izdrukām par izmēģinājumos izstrādāto un izkopto platību. Lielākā daļa no sagatavotajiem kokmateriāliem ir papīrmalka (43 %) un lapkoku zāģbaļķi (32 %). Malka ir 25 % no sagatavotajiem kokmateriāliem (Att. 33). Atlikumu apjoms kopšanas cirtē pieņemts 5 % no kopējās krājas, galvenajā cirtē – 8 %.



**Att. 33: Sagatavoto kokmateriālu struktūra.**

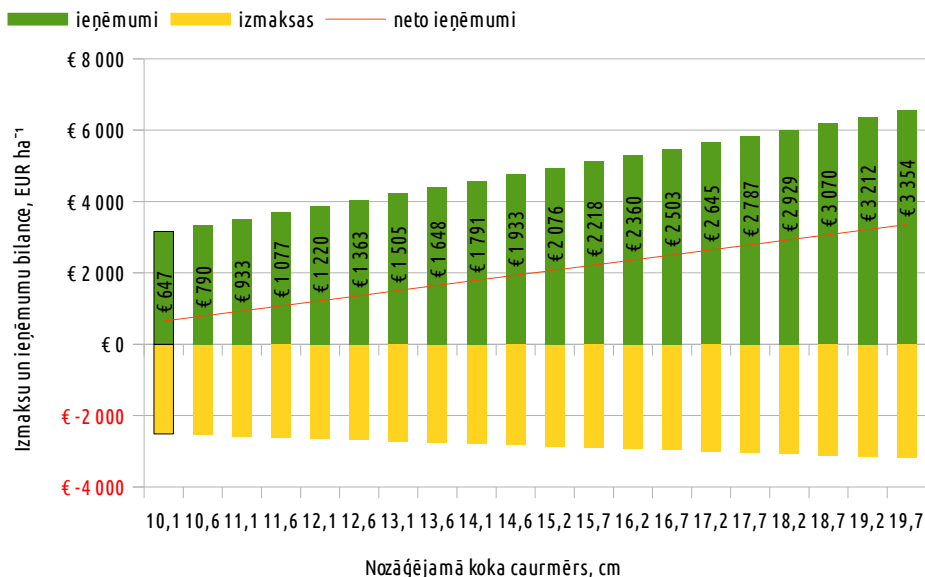
Saskaņā ar ieņēmumu un izdevumu analīzi pozitīva naudas plūsma krājas kopšanas cirtē iespējama, ja vidējā nozāģētā koka caurmērs ir vismaz 8,5 cm (Att. 34). Zāģējot mazākus kokus, izdevumu un ieņēmumu attiecība ir negatīva. Izmēģinājumu platībā atbilstoši aprēķinu rezultātiem uzņēmums strādāja ar zaudējumiem.



Att. 34: Izmaksu un ieņēmumu attiecība krājas kopšanas cirtē.

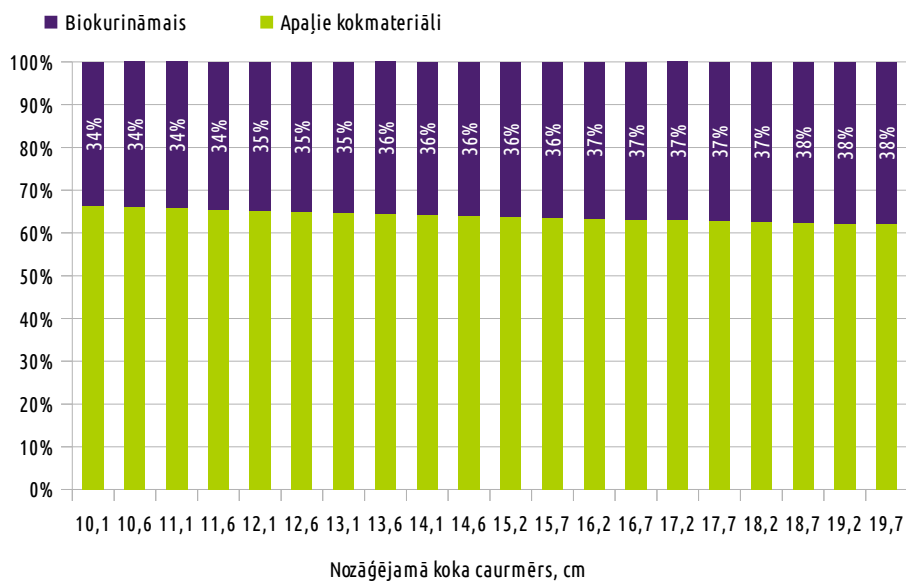
## Galvenā cirtē

Galvenajā cirtē saskaņā ar aprēķinu rezultātiem izdevumu un ieņēmumu attiecība ir pozitīva, t.i. ieņēmumi no koksnes realizācijas pārsniedz mežizstrādes izmaksas (Att. 35). Ieņēmumu īpatsvars pret izdevumiem pieaug proporcionāli vidējā nozāgējamā koka caurmēram.



Att. 35: Izmaksu un ieņēmumu attiecība galvenajā cirtē.

Biokurināmā, tajā skaitā malkas, atgriezumu un mežizstrādes atlieku īpatsvars ieņēmumu struktūrā ir 34 %. Pieaugot vidējā nozāgējamā koka caurmēram līdz 20 cm, biokurināmā īpatsvars ieņēmumu struktūrā nedaudz palielinās – līdz 38 % (Att. 36). Praksē var veidoties pretēja situācija – lielāku dimensiju koku audzē iegūst arī citus vērtīgos lapkoku kokmateriālu veidus, tāpēc ieņēmumi no apaļo kokmateriālu realizācijas palielinātos.



Att. 36: Apaļo kokmateriālu un biokurināmā attiecība ieņēmumu struktūrā.

## SECINĀJUMI

1. Pētījuma rezultāti apstiprina būtiskas John Deere 1270 priekšrocības, strādājot ar Moipu 300F paketējošo griezējgalvu krājas kopšanas un apauguma novākšanā, tajā skaitā samazināts degvielas patēriņš, mašīnas stabilitāte un laba aizsniedzamība, tomēr šo priekšrocību izmantošanai jāpildinveido operatoru profesionālās iemaņas un dažādos ciršu veidos izmantotās darba metodes.
2. Pētījumā nav konstatētas būtiskas darba ražīguma atšķirības krājas kopšanas un galvenajā cirtē; nedaudz labāki darba ražīguma rādītāji ir darba ciklēm, kuros apstrādāti lapkoki, taču šim rezultātam lapkoku audzēs var būt gadījuma raksturs.
3. Abos ciršu veidos viena no lielākajiem darba laika izmantošanas pozīcijām ir pameža zāgēšana un mazo koku un krūmu zāgēšana. Darba laika patēriņa samazināšana šīm operācijām ir galvenais uzdevums darba ražīguma paaugstināšanai. Pameža kociņu zāgēšana nepieciešama, galvenokārt, lai attīrītu vietu kokmateriālu paku nokraušanai vietās ar blīvu pamežu, kur nav kokmateriālu paku novietošanai piemērotu skraju vietu, bet pārējās vietās mazie koki būtu saglabājami.
4. Mežizstrādes procesā no mazo kociņu zāgēšanas var izvairīties, aktīvāk izmantojot kniebšanas mehānismu grūti pārredzamās vietās, kā arī krūmos ieaugušo koku nogāšanai. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem darba ražīgums tajos darba ciklos, kur koku nogāšanai izmantots kniebšanas mehānisms nav būtiski mazāks, kā tajos darba ciklos, kur izmantots zāģis.
5. Palielinoties vidējā nozāgējamā koma caurmēram, vairākkārtīgi pieaug darba laika patēriņš kokmateriālu atzarošanai, tāpēc Moipu 300F griezējgalvu nav lietderīgi izmantot mežaudzēs, kur jāzāģē par 20 cm resnāki koki.
6. Lai mazinātu harvestera operatoru negatīvo attieksmi pret pameža saglabāšanu kopšanas cirtēs, ir jāizskata iespēja pāriet uz stundas likmes apmaksu vai arī piemaksāt operatoriem par pameža zāgēšanu atbilstoši faktiskajam darba laika patēriņam šai operācijai. Kniebšanas mehānisms rada priekšnosacījumus darba ražīguma palielināšanai, veicot mežizstrādi audzēs ar blīvu pamežu, taču ir jāuzlabo operatoru profesionālās iemaņas, lai efektīvi izmantotu šo tehnisko risinājumu.
7. Harvestera operatoriem nav jāveic pievedējtraktora funkcijas, pārvadājot kokmateriālus audzē. Sadarbojoties pievedējtraktora un harvestera operatoriem, ir jāatrod kompromisa risinājums, kas ļauj maksimāli palielināt harvestera darba ražīgumu, tajā pat laikā būtiski nemazinot pievedējtraktora operatora darba ražīguma rādītājus. Arī šajā gadījumā viens no iespējamajiem risinājumiem ir stundu likmes ieviešana pievedējtraktora operatoru darba samaksas aprēķinā.
8. Izmēģinājumos veiktajā krājas kopšanas cirtē mežizstrādes izmaksas ir pārsniegušas prognozējamās ieņēmumus, bet galvenajā cirtē (apauguma novākšanā) prognozējamie ieņēmumi ir lielāki par mežizstrādes izmaksām. Lai nodrošinātu pozitīvu naudas plūsmu, vidējam nozāgējamam kokam audzē jābūt vismaz 9 cm resnam. To var panākt gan piemeklējot atbilstošas audzes, gan samazinot par 7-8 cm tievāko nozāgējamo kociņu īpatsvaru.
9. Vērtīgāko sortimentu ieņēmumu prognoze, strādājot ar Moipu 300F griezējgalvu, var būt pārspilētas, jo ar šo griezējgalvu ir grūtības nodrošināt atbilstošu darba kvalitāti. Biokurināmā sagatavošana atbilstoši projektā sagatavotajām ieņēmumu prognozēm nodrošina 34-38 % no ieņēmumiem, attiecīgi, biokurināmais ir pietiekoši būtiska ieņēmumu komponente, lai pildinveidotu darba metodes un operatoru profesionālo kvalifikāciju sīkkoku un mežizstrādes atlieku sagatavošanai.

## IETEIKUMI PRAKSEI

Vērtējot iespējamās darba ražības palielināšanas risinājumus, secināts, ka viena no problemātiskajām darbībām mežizstrādē ir apzināti lielāku kokmateriālu kaudžu veidošana – šī darbība ir lieka, ja paralēli zāgē arī pameža kokus, jo pievedējtraktoram nav būtiskas atšķirības, vai iecelt kravā vairākas mazas kokmateriālu kaudzītes vai vienu lielāku kaudzīti vairākos piegājienos. Pievedējtraktora papildus pārbraucienu laiks izmaksā lētāk, nekā harvestera pārbraucienu laiks. Turklāt, ja kokmateriālu vai zaru kaudzes izveidotas lielākas nekā pievedējtraktors var satvert ar vienu piegājieni, tad zaru vai kokmateriālu celšanas procesā kaudzītes izjūk un pievedējtraktora operatoram pirms nākamā satvēriena kaudzītes ir jāsakārto. Līdz ar to harvestera operators samazina ne tikai savu darba ražīgumu, bet negatīvi ietekmē arī pievedējtraktora darba ražīgumu.

Ja kopšanas ciršu izpildē iesaistīti mazāk pieredzējuši operatori, tehnoloģiskie koridori jāveido taisni un pietiekoši plati. Pretējā gadījumā harvesters un pievedējtraktors pārvietojoties nobraž saglabājamos kokus.

Harvestera operatori neizmanto pilnībā strēles izlici un celjspēju, kā arī nepieciešami uzlabojumi darbu izpildes plānošanā – koku grupas nozāgēšanas plānošana darba procesā (proti, saplānot "vairākus gājienus uz priekšu", kuru koku ņems nākamo un uz kuru pusi gāzīs). Šī ir raksturīga mežizstrādes mašīnu operatoru problēma, kas rezultējas pārbraucieniem patērētā darba laika pieaugumā.

Koku gāšanas un atzarošanas darbu operācijās operatori sagarumo tikai tos kokus, kurus ir noguldījuši uz zemes vai tie ir nedaudz piepacelti paralēli zemes virsai. Ja koks ir iekāries un atrodas zem leņķa, tad nav jācenšas koku noguldīt uz zemes, bet jāsāk garumošana no tās pašas pozīcijas. Protams, izņēmums ir situācijas, kad garumošanai jānotiek vietā, kur nevar novietot sagatavotos kokmateriālus; tad koks ir jānogāž zemē vajadzīgajā vietā un tikai tad jāsagarumo. Lai šādas situācijas neveidotos, vairāk uzmanības jāpievērš koku zāgēšanas plānošanai.

Pielāgojoties darba metodei, kas paredz biokurināmā sagatavošanu no galotnēm un mazajiem kociņiem, operatori nokrauj biomasu pārāk lielās kaudzēs, kas vēlāk apgrūtina to pārzāgēšanu, proti, lai pārzāgētu kokus lielā kaudzē, tie jāpārtver vairākas reizes. Optimālu darba apstākļu nodrošināšanai kaudzītes jāveido tik lielas, lai tās varētu satvert un pārzāgēt vienā darba ciklā, un pēc tam arī pievedējtraktors sīkkoku paku varētu iecelt kravā vienā darba ciklā.

Ieteikumi darba ražīguma uzlabošanai:

- operatoriem vairāk būtu jāmacās vienam no otra;
- nedēļas vai audzes griezumā jāsalīdzina operatoru darba ražīguma rādītāji ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ) kā arī saražotais apjoms, lai veicinātu operatoru profesionālo izaugsmi;
- harvesteru operatoriem ieteicams izmēģināt arī pievedējtraktora operatora darbu, lai labāk izprastu darba ražīguma palielināšanas iespējas;
- jāizvairās no tievu koku zāgēšanas (caurmērs < 8 cm) un kokmateriālu gatavošanas no tievajiem kociņiem, ja tas nav nepieciešams saglabājamo koku augšanas apstākļu uzlabošanai;
- regulāri jāpaaugstina operatoru kvalifikācija, piedaloties profesionālās apmācībās.

## LITERATŪRA

1. Kalēja, S. & Lazdiņš, A. (2014). Evaluation of impact on assortments' structure on productivity of Timber harvester in early thinning. *Proceedings of Nordic Baltic Conference OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations*, Knivsta, Sweden, 2014. pp 58–60. Knivsta, Sweden: Skogforsk.
2. Kalēja, S., Lazdiņš, A. & Zimelis, A. (2014a). *Pameža ietekme uz darba ražīgumu jaunaudžu kopšanā lapkoku audzēs*. Salaspils. (2014-05).
3. Kalēja, S., Zimelis, A., Prindulis, U. & Lazdiņš, A. (2014b). *Tehnoloģisko koridoru izvietojuma blīvuma novērtēšana savlaicīgā un novēlotā jaunaudžu kopšanā*. Salaspils.
4. Kalle Kärhä, T. H. (2009). Integrated energy wood and pulpwood harvesting in first-thinning stands.
5. Laitila, J. & Asikainen, A. (2006). Energy Wood Logging from Early Thinnings by Harwarder Method. *Baltic Forestry* 12(1), 94–102.
6. Lazdiņš, A., Liepiņš, K., Lazdiņa, D., Jansons, Ā., Bārdule, A. & Lupiķis, A. (2013). *Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz siltumnīcefekta gāzu emisijām un CO<sub>2</sub> piesaisti novērtējums (pārskats par 2013. gada darba uzdevumu izpildi)*. Salaspils. (5.5-5.1/001Y/110/08/8).
7. Lazdiņš, A., Zimelis, A. & Kalēja, S. (2015). *Biokurināmā sagatavošana jaunaudžu kopšanā, pirmajā krājas kopšanā un grāvju trašu apaugumā ar Moipu griežēģalvu*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2015/05).
8. Liepa, I. (1996). *Pieauguma mācība*. Jelgava: LLU.
9. Prindulis, U. & Lazdiņš, A. (2015). Impact of undergrowth removal on damages of remaining trees during mechanized thinning of young deciduous stands. *Proceedings of Adaptation and mitigation: strategies for management of forest ecosystems*, Airport hotel ABC, 2015. pp 44–47. Airport hotel ABC.
10. Rottensteiner Christian, A. G. (2008). Evaluation of the Feller-Buncher Moipu 400E for Energy Wood Harvesting. *Croatian Journal of Forest Engineering*.
11. Thor, M., Iwarsson-Wide, M., Hofsten, H. Von, Nordén, B., Lazdiņš, A., Zimelis, A. & Lazdāns, V. (2008). *Forest energy from small-dimension stands, infra-structure objects and stumps (research report)*. Uppsala.
12. Wide Iwarsson, M. I. (2008). Techniques and methods for harvesting of small trees. In: Talbot, B. & Suadicani, K. (Eds) *Proceedings of The Nordic-Baltic conference on forest operations*, Copenhagen, 2008. p 39. Copenhagen: Forest & Landscape, University of Copenhagen.
13. Матузанис, Я. (Ed.) (1988). *Нормативы для таксации леса Латвийской ССР*. Рига: Государственный комитет СССР по лесному хозяйству, Министерство лесного хозяйства и лесной промышленности Латвийской ССР, Научно-производственное объединение "Силава", Латвийское лесоустроительное предприятие В/О "Леспроект".