



# PĀRSKATS

PAR AS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" PASŪTĪTĀ PĒTĪJUMA IZPILDI

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS,  
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPnieciskais PĒTĪJUMS

SORTIMENTU STRUKTŪRAS IETEKMES UZ DARBA  
RAŽĪGUMU UN IZMAKSAS IETEKMĒJOŠO FAKTORU  
IZPĒTE JAUNAUDŽU KOPŠANĀ

LĪGUMA Nr.: 3. 5.5-5.1-000P-101-12-8

IZPILDES LAIKS: 03.01.2013. - 30.06.2013. - 1. REDAKCIJA

IZPILDĪTĀJS: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS "SILAVA"



PROJEKTA VADĪTĀJS:

A. Lazdiņš

Salaspils 2013

## Kopsavilkums

Pētījuma mērķis ir noskaidrot biokurināmā sagatavošanas darba ražīgumu atkarībā no sortimentu struktūras un noskaidrot izmaksas ietekmējošos faktorus, veicot mehānizētu jaunaudžu kopšanu. Pētījumā veikti jaunaudžu kopšanas izmēģinājumi, salīdzinot 5 darba metodes. Pielietojot pirmo darba metodi harvesters gatavo standarta kopšanas darba uzdevumā noteiktos sortimentus kā arī daļēji atzartu tehnoloģisko koksni, kuras tievgaļa caurmērs ir sākot no 50 mm. Pirmā darba metode neparedz mežizstrādes atlieku vākšanu, kā arī paketešanas funkcijas izmantošanu. Otrā darba metode arī paredz gatavot standarta kopšanas darba uzdevumā noteiktos sortimentus. Biokurināmo gatavot no koku galotnēm un stumbriem, kuri nav izmantojami papīrmalkas sortimenta gatavošanai. Sagatavotajam tehnoloģiskās koksnes sortimentam jābūt daļēji atzartam ar tievgaļa caurmēru sākot no 30 mm. Trešā darba metode paredz gatavot tehnoloģisko koksni no visiem stumbriem, kas nav atbilstoši zāgbaļķu sortimenta (10 X 14 un 14 X 18) gatavošanai. Biokurināmā sortimentus gatavo no galotnēm un sīkkokiem, daļēji atzartos, ar tievgaļa caurmēru sākot no 30 mm. Ceturtā darba metode paredz tehnoloģisko koksni gatavot no visiem stumbriem, kas nav atbilstoši zāgbaļķu sortimenta (14 X 18) gatavošanai. Biokurināmo gatavo daļēji atzartu, ar tievgaļa caurmēru sākot no 30 mm. Piektajā darba metodē tiek gatavots tikai biokurināmais, sortimentus daļēji atzartojot. Darba procesā harvesters iespēju robežās izstrādā visus sīkkokus un krūmus, kuru augstums pārsniedz 4 m un to caurmērs ir lielāks par 30 mm. Izņemot pirmo darba metodi, pārējās ir saistītas ar aktīvu paketešanas funkciju izmantošanu.

Salīdzinot izstrādes operācijas darba ražīgumu dažādu dimensiju kokiem, konstatēts, ka koku caurmērs būtiski ietekmē darba laika patēriņu 1 koka apstrādei. Tas skaidrojams ar atšķirīgu pieeju koku apstrādē, mazo dimensiju kokus izmanto galvenokārt biokurināmā sagatavošanā, bet lielāku dimensiju kokus izmanto tradicionālo sortimentu gatavošanā, tādējādi palielinot darba laika patēriņu sortimentācijas darba elementam. Tāpēc izstrādes darba ražīguma raksturošanai jāizmanto vienādojumi, kuros ražīgumu determinējošais faktors ir koku caurmērs.

Pētījuma rezultāti liecina, ka labākā izmaksu un ieņēmumu attiecība novēlotā jaunaudžu kopšanā veidojas, gatavojot standarta apaļos kokmateriālus (zāgbaļķus, sīkbaļķus un papīrmalku) un daļēji atzarto sīkkoku sortimentu pārstrādei biokurināmajā.

Projekta laiks 03.01.2013. - 30.06.2013. Darba izpildītāji Andis Lazdiņš, Agris Zīmelis, Santa Kalēja, Kristaps Makovskis, Juris Kalniņš, Agris Pobiārzens, Jānis Stalīdžāns, Modris Okmanis, Gints Spalva, Juris Kalniņš, Gatis Rozītis, Agris Pobiārzens, Jānis Stalīdžāns, Kristaps Makovskis. Pētījums īstenots Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava".

# Saturs

<b>Kopsavilkums</b> .....	<b>2</b>
<b>Saturs</b> .....	<b>3</b>
<b>Ievads</b> .....	<b>6</b>
<b>Metodika</b> .....	<b>14</b>
Izmēģinājumu objektu raksturojums.....	14
Laika apstākļu raksturojums izmēģinājumu laikā.....	14
Pētījumā salīdzinātās izstrādes darba metodes.....	15
Darba laika uzskaitē.....	17
Izstrāde.....	17
Pievešana.....	19
Pievestā materiāla svēršana.....	21
Kokmateriālu transports.....	22
Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze.....	23
Biomasu raksturojošo rādītāju noteikšana.....	24
Šķeldu paraugu ievākšana un sagatavošana.....	24
Mitruma saturs noteikšana.....	24
Šķeldu bēruma blīvuma noteikšana.....	25
Koksnes frakciju noteikšana šķeldās.....	25
Pelnu saturs noteikšana.....	25
<b>Rezultāti</b> .....	<b>27</b>
Kopšanas kvalitātes novērtējums.....	27
Kopšanas ietekme uz mežaudzes struktūru.....	27
Saglabājamo koku bojājumi.....	28
Biomases raksturojums.....	31
Izstrādātās koksnes raksturojums.....	31
Šķeldu kvalitātes novērtējums.....	32
Darba laika uzskaites rezultāti.....	33
Izstrādes darba ražīgums.....	33
Pievešanas darba ražīgums.....	42
Pievestais materiāls.....	42
Pievešanas ražīguma rādītāji.....	43
Ceļu transporta darba ražīgums.....	49
Kokmateriālu kravu tilpīguma analīze.....	49
Kokmateriālu sagatavošanas pašizmaksa.....	52
Izdevumu un ieguvumu analīze.....	67
<b>Secinājumi</b> .....	<b>70</b>
<b>Pielikumi:</b>	
1.Pielikums: Jaunaudžu raksturojums pirms un pēc kopšanas	
2.Pielikums: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums	
3.Pielikums: Pievestā materiāla svēršanas rezultāti	
4.Pielikums: Pievešanas darba laika uzskaites kopsavilkums	

## Tabulas

Tab. 1: Izstrādes darba laika uzskaites elementi.....	18
Tab. 2: Izmēģinājumus sagatavotie sortimenti.....	18
Tab. 3: Pievešanas darba laika uzskaites elementi.....	20
Tab. 4: Iekraušanas darba laika uzskaites elementi.....	22
Tab. 5: Izkraušanas darba laika uzskaites elementi.....	22
Tab. 6: Pieņēmumi darba apstākļu un kurināmā raksturošanai raksturošanai.....	24
Tab. 7: Izzāgējamo koku skaits audzēs.....	27
Tab. 8: Audzes raksturojums pēc kopšanas.....	27
Tab. 9: Saglabājamo koku stumbra bojājumi pa audzēm un darba metodēm.....	29
Tab. 10: Izmēģinājumus sagatavotie sortimenti atbilstoši harvestera uzskaitēi.....	31
Tab. 11: Izmēģinājumus sagatavoto šķeldu mērīšanas rezultāti.....	32
Tab. 12: Ar dažādām darba metodēm sagatavoto sortimentu grupas.....	34
Tab. 13: Darba laika uzskaites kopsavilkums pa cirmām.....	34
Tab. 14: Darba laika uzskaites kopsavilkums pa darba metodēm.....	34
Tab. 15: Vidējā krava dažādos izstrādes variantos.....	43
Tab. 16: Darba ražīgums, min. uz 1 tonnu sausas.....	45
Tab. 17: Darba ražīgums, min. uz 1 m <sup>3</sup> .....	45
Tab. 18: Kravu raksturojums.....	49
Tab. 19: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī.....	53
Tab. 20: Darba stundas izmaksas dažādām meža mašīnām.....	53
Tab. 21: Pašizmaksas kopsavilkums 1. darba metodei.....	54
Tab. 22: Pašizmaksas kopsavilkums 2. darba metodei.....	56
Tab. 23: Pašizmaksas kopsavilkums 3. darba metodei.....	59
Tab. 24: Pašizmaksas kopsavilkums 4. darba metodei.....	61
Tab. 25: Pašizmaksas kopsavilkums 5. darba metodei.....	64
Tab. 26: Sagatavoto sortimentu struktūra pa darba metodēm.....	68
Tab. 27: Izmaksu un ieņēmumu balance.....	68
Tab. 28: Lietkokšnes īpatsvars kopējā izstrādātajā apjomā pa darba metodēm.....	69
Tab. 29: Jaunaudžu raksturojums pirms kopšanas.....	72
Tab. 30: Jaunaudžu raksturojums pēc kopšanas.....	72
Tab. 31: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums pa darba metodēm - vidējais darba laika patēriņš uz 1 koku sekundēs.....	73
Tab. 32: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums pa darba metodēm - vidējais darba laika patēriņš uz 1 m <sup>3</sup> minūtē.....	73
Tab. 33: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums pa cirmām - vidējais darba laika patēriņš uz 1 koku sekundēs.....	73
Tab. 34: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums pa cirmām - vidējais darba laika patēriņš uz 1 m <sup>3</sup> minūtē.....	74
Tab. 35: Tukša pievedējtraktora svēršanas rezultāti.....	75
Tab. 36: Pievestā materiāla uzskaites kopsavilkums.....	75
Tab. 37: Pievestā materiāla raksturojums.....	75
Tab. 38: Pievedējtraktora iekraušanas un izkraušanas darba laika uzskaites kopsavilkums.....	77

## Attēli un grafiki

Att. 1 Paketējošā kniebējgalva Naarva Grip 1500-25E.....	6
Att. 2 Bracke C16.b akumulējošā griezējgalva.....	7
Att. 3 Griezējgalva LogMax 4000.....	8
Att. 4 Griezējgalva Moipu 500.....	8
Att. 5 Ar kniebējgalvu aprīkots Ponsse Buffalo pievedējtraktors.....	9
Att. 6 Logman 811C harvarders.....	10
Att. 7 Kreisajā pusē John Deere 753J, labajā pusē John Deere 759J harvesters.....	11
Att. 8 Mežizstrādei pielāgots New Holland E215B ekskavators.....	11
Att. 9 Dažādas izstrādes tehnoloģijas un to galaprodukti.....	13
Att. 10: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs izmēģinājumā iekļautajās jaunaudzēs pirms kopšanas.....	14
Att. 11: Gaisa temperatūra.....	15
Att. 12 Izmēģinājumus izmantotais harvesters.....	16

Att. 13 Izmēģinājumos izmantotā H 754 griezējgalva.....	16
Att. 14: Hronometrāžā izmantotais laukdatore Allegro CX.....	17
Att. 15: Sortimentu pakas koridora malā.....	19
Att. 16 Timberjack 810B pievedējtraktors.....	20
Att. 17 Sortimentu kaudze.....	21
Att. 18: Pievedējtraktora svēršanai izmantotie svāri CAS RW-15P, kopskats un darbam sagatavotas platformas.....	22
Att. 19: Apaļo kokmateriālu piegāde patērētājam.....	23
Att. 20: Šķeldu (kreisajā pusē) un mizu kaudzes.....	24
Att. 21: Paliekošo koku sadalījums pa caurmēra pakāpēm.....	28
Att. 22: Paliekošo koku izvietojums audzē.....	28
Att. 23: Bojājumu īpatsvars pa darba metodēm.....	29
Att. 24: Saglabājamo koku īpatsvars pa sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	30
Att. 25: Izstrādes laikā bojāto koku īpatsvars pa caurmēra pakāpēm sadalījumā pa cirmām.....	30
Att. 26: Paliekošo koku bojājumu skaits attiecībā pret tehnoloģiskā koridora centru.....	31
Att. 27: Šķeldu frakcijas.....	32
Att. 28: Darba laika patēriņa sadalījums dažādām darba metodēm.....	35
Att. 29: Vidējais koku skaits darba ciklā.....	36
Att. 30: Krāna ciklu ar dažādu koku skaitu īpatsvars.....	36
Att. 31: Darba laika patēriņš atkarībā no koku skaita krāna ciklā.....	37
Att. 32: Darba laika patēriņa pieaugums 2 koku vienlaicīgai apstrādei atkarībā no satverto koku vidējā caurmēra.....	37
Att. 33: Sakarība starp vidējā koka stumbra tilpumu un 1 koka apstrādei patērējamo laiku.....	38
Att. 34: Vienādojumi, kas raksturo darba laika patēriņu 1 koka apstrādei pa darba metodēm.....	39
Att. 35: Vienādojumi, kas raksturo produktīvajā darba stundā apstrādājamo koku skaitu pa darba metodēm.....	39
Att. 36: Vienādojumi, kas raksturo produktīvajā darba stundā izstrādājamo krāju, atkarībā no darba metodes.....	40
Att. 37: Produktīvajā darba stundā sagatavojamā krāja atkarībā no vidējā koka caurmēra.....	40
Att. 38: Vienādojumi, kas raksturo darba laika patēriņu 1 koka apstrādei atkarībā no operatora.....	41
Att. 39: Sakarība starp vidējā koka caurmēru un aprēķināto krāju izmēģinājumu objektos.....	42
Att. 40: Sakarība starp vidējā koka caurmēru un vidējā koka stumbra tilpumu izmēģinājumu objektos.....	42
Att. 41: Vidējās kravas masa.....	43
Att. 42: Darba laika sadalījums pievešanā.....	44
Att. 43: Pievešanas darba laika sadalījums pa darba metodēm.....	47
Att. 44: Iekraušanas un izkraušanas darba laika kopsavilkums pa metodēm.....	48
Att. 45: Pievešanas (iekraušanas un izkraušanas) darba ražīguma salīdzinājums pa darba metodēm.....	49
Att. 46: Vidējā nogriežņa caurmērs dažādās kravās.....	51
Att. 47: Sakarība starp vidējā nogriežņa caurmēru un tilpīguma koeficientu.....	52
Att. 48: Izmaksu struktūra apaļkoksnis sortimentu sagatavošanā.....	55
Att. 49: Jūtības analīze 1. darba metodē.....	56
Att. 50: Izmaksu struktūra apaļkoksnis sortimentu sagatavošanā.....	58
Att. 51: Jūtības analīze 2. darba metodē.....	59
Att. 52: Izmaksu struktūra apaļkoksnis sortimentu sagatavošanā.....	60
Att. 53: Jūtības analīze 3. darba metodē.....	61
Att. 54: Izmaksu struktūra apaļkoksnis sortimentu sagatavošanā.....	63
Att. 55: Jūtības analīze 4. darba metodē.....	64
Att. 56: Izmaksu struktūra apaļkoksnis sortimentu sagatavošanā.....	65
Att. 57: Apaļkoksnis sortimentu pašizmaksas salīdzinājums, strādājot ar dažādām darba metodēm.....	66
Att. 58: Apaļkoksnis sortimentu pašizmaksa, atskaitot prognozējamās kopšanas izmaksas.....	67

## Ievads

Jaunaudžu jeb sastāva kopšanu veic, lai veicinātu konkrētiem meža augšanas apstākļiem vislabāk piemērotu koku sugu attīstību. Kopšana palielina nākotnes meža ražību un atstājamo koku vērtību. Pareizi kopjot jaunaudzes, tiek panākts tās ātrāka un kvalitatīvā augšana, kas dod iespēju sasniegt mērķi par 10-20 gadiem ātrāk (Bisenieks, 2005a).

Latvijā jaunaudžu kopšanu veic ar krūmgriezi vai, retos gadījumos pie lielāka koku caurmēra, ar motorzāģi. Jaunaudzes tiek uzskatītas par koptām ja to augstums ir 2-10 m (Ministru Kabinets, 2012) un koku skaits atbilst ministru kabineta noteikumiem Nr. 308.

Pielietojot mežizstrādes mašīnas, var veikt kvalitatīvu jaunaudžu kopšanu, kā arī iegūt biokurināmo un apaļos kokmateriālus. Jaunaudžu kopšanas tehnoloģijas var iedalīt četrās grupās: izstrāde ar harvesteru, harvarderu (vai pievedējtraktoru), kombinētās izstrādes un smalcināšanas iekārtas, kā arī izstrāde, izmantojot roku darbu. Kombinētās izstrādes iekārtām praktiska nozīme ir plantāciju tipa stādījumos, jo parastās mežaudzēs to darbu apgrūtina celmi, kritušie koki un nevienmērīgais reljefs (Lazdiņš 2012).

Jaunaudžu kopšana ar harvesteru, kas aprīkots ar paketējošā kniebējgalvu (Att. 1) ir pareizākais risinājums audzēs, kur jauno kociņu dimensijas ir nelielas un sagatavotais produkts ir biokurināmais un papīrmalka. Būtiska kniebējgalvu priekšrocība ir spēja strādāt ar tuvu novietotiem stumbriem, piemēram, atvasājos, kas rada grūtības griezējgalvām. Viens no lielākajiem trūkumiem ir ierobežotas iespējas nogriezt vienlaicīgi vairākus kokus, kā arī saplēstie baļķu gali, kas būtiski palielina brāķa īpatsvaru, izmantojot kniebējgalvu tradicionālo sortimentu gatavošanai.



**Att. 1 Paketējošā kniebējgalva Naarva Grip 1500-25E<sup>1</sup>.**

Paketējošās kniebējgalvas apstrādā kokus ar caurmēru līdz 25 cm. Kniebējgalvu priekšrocības ir salīdzinoši neliels izmērs (Att. 1 redzamā kniebējgalva sver 360 kg) un vienkāršā uzbūve.

<sup>1</sup> Foto: Webster, 2007.

Jaunaudzū kopšanā vienkāršas kniebējgalvas izdevīgi izmantot uz pievedējtraktoriem, kas, iekraujot var pārkniebt garākos kokus, kas sniedzas ārpus kravas tilpnes. Ir pieejami arī kniebējgalvu modeļi ar īpašu naža konstrukciju, kas samazina

Paketējošā griezējgalva paredzēta vairāku koku satveršanai un nozāgēšanai. Populārākais ražotājs Eiropā ir Bracke. Att. 2 redzamā iekārta paredzēta jaunaudzū, krājas kopšanas, pameža un grāvju apauguma noņemšanai.

Bracke griezējgalvā izmanto ķēdes mehānismu, kas ļauj būtiski palielināt nozāgējamā koka maksimālo caurmēru, salīdzinot ar griezējgalvām, kurās pielieto ripzāģus. Neliela izmēra griezējgalvu ar ripzāģiem priekšrocības ir salīdzinoši maza cena un vienkārša ekspluatācija. Taču ar šādām galvām nevar nozāgēt lielus kokus. Tiklīdz zāģa ripas diametrs palielinās virs 30-40 cm, būtiski palielinās tās cena, kā arī prasības attiecībā pret rāmja mehānisko izturību<sup>2</sup>. Šādas griezējgalvas pielietojamas lielos harvesteros, kas strādā galvenajā cirtē. Alternatīvs risinājums ir 2-3 zāģa ripu apvienošana vienā mehānismā, taču praksē pagaidām šādas iekārtas netiek lietotas (Lazdiņš, Lazdāns, and Zimelis 2012).

Griezējgalvu galvenā priekšrocība jaunaudzū kopšanā ir spēja strādāt pļaušanas režīmā. t.i. nopļaut un atstāt sīkkokus, kuru savākšana nav ekonomiski lietderīga. Tāpat kā kniebējgalvas, griezējgalvas ir salīdzinoši viegli izmantojamas tuvu novietotu koku izzāgēšanai atvasājos.



**Att. 2 Bracke C16.b akumulējošā griezējgalva<sup>3</sup>.**

Parastā tipa harvestera galvas, kuras lielākoties ir paredzētas sortimentu gatavošanai, ir izmantojamas arī biomasas ieguvei jaunaudzēs (Att. 3). Priekšrocības ar šāda veida mehānismu pielietošanai ir to spēja daļēji atzarot vai vispār neatzarot kociņus ar mazu caurmēru. Harvestera galvas var izmantot arī pļaušanas režīmā, lai gan, to darot, jārēķinās, ka sliede un ķēdes kalpos īsāku laiku. Šādam mehānismam ir lielāks koku zāgēšanas darba ražīgums, nekā vairumam kniebējgalvu, bet mazāks, nekā griezējgalvām ar ripzāģi.

<sup>2</sup> Avots: personiska komunikācija ar SIA "Orvi" valdes priekšsēdētāju I. Gusarevu (15.07.2012).

<sup>3</sup> Avots: <http://www.brackeforest.com>



**Att. 3 Griezējgalva LogMax 4000<sup>4</sup>.**

Standarta griezējgalvu trūkumiem pieskaitāms palielināts saglabājamo koku bojājumu īpatsvars, jo šādas galvas nav piemērotas tuvu novietotu koku zāgēšanai, it īpaši ierobežotas redzamības apstākļos.

Somu kompānija Moipu ir izgatavojusi griezējgalvu, kas aprīkota gan ar kniebējmehānismu, gan zāģi (Att. 4), attiecīgi, atkarībā no darba apstākļiem, var gatavot biokurināmo no veselīgiem neatzarotiem kokiem vai sortimentus.



**Att. 4 Griezējgalva Moipu 500<sup>5</sup>.**

Atkarībā no pielietotās griezējgalvas, ir nepieciešams izvēlēties piemērotāko mazākās klases harvesteru, kurš būtu atbilstošs pēc tehniskajiem parametriem. Uz doto brīdi Latvijā nav veikti plaši pētījumi par mazgabarīta vai mazās klases harvesteriem, kuri būtu pielietojami jaunaudžu kopšanas darbos. Mazāko harvesteru, piemēram, ROTTNE H8, būtisks trūkums ir īsa strēle. Ja strēles garums ir mazāks par 10 m, harvesteram ir jānobrauc no tehnoloģiskā koridora, lai izkoptu visu audzi, kā rezultātā būtiski krītas ražība un palielinās saglabājamo koku bojājumu daudzums. Mazos

<sup>4</sup> Avots: <http://www.woodbusiness.ca/harvesting/harvesting-and-processing-heads>

<sup>5</sup> Avots: <http://www.moisioforest.com/en/moipu-heads/moipu-500>



harvesterus ar īsu strēli izdevīgi izmantot sortimentu gatavošanai krājas kopšanas cirtēs, kur šāda tehnika var veidot t.s. “spoku ceļus” starp tehnoloģiskajiem koridoriem. Sastāva kopšanā saglabājamo koku skaits saskaņā ar normatīvu prasībām ir par lielu, lai veidotu spoku ceļus. Optimāls harvestera izmērs ir tāds lai pie pilnas izlīces (vismaz 10 m), tas spētu vertikālā stāvoklī pievilkt tehnoloģiskā koridora malai 2-3 12 m garus kokus.

Mūsdienų tehnoloģiskie risinājumi ļauj efektīvi izmantot pievedējtraktorus gan sortimentu pievešanai, gan kā mežizstrādes mašīnas, uzstādot tiem griezējgalvu vai kniebējgalvu (Att. 5). Galvenā priekšrocība apstākļi, ka šāda mašīna spēj nozāgētos vai nokniebtos kokus kraut uzreiz kravas tilpnē un biokurināmā sagatavošanai nepieciešama tikai viena mašīna. Pievedējtraktorus, kas pielāgoti biokurināmā sagatavošanai jaunaudžu kopšanā, parasti aprīko ar kniebējgalvām, jo tās ir parocīgākas materiālu novietošanai un sakārtošanai kravas tilpnē.



**Att. 5 Ar kniebējgalvu aprīkots Ponsse Buffalo pievedējtraktors<sup>6</sup>.**

Harvarderi (Att. 6) pēc darba metodes būtības strādā līdzīgi, kā pievedējtraktori ar griezējgalvu vai kā harvesteri. Ja harvarders aprīkots ar griezējgalvu, sortimenti un biokurināmais parasti tiek nokrauti tehnoloģisko koridoru malās, pēc tam mašīnu transformē par pievedējtraktoru un brauc savākt materiālus. Attiecīgi, ar šādu darba metodi un sagatavotajiem produktiem harvarders ne ar ko neatšķiras no harvestera. Harvardera izmantošana mežizstrādei pievedējtraktora komplektācijā, t.i. nozāgēto koku iekraušana kravas tilpnē, nenolaižot tos zemē, iespējama ar kniebējgalvu, taču šādā gadījumā izdevīgāk iegādāties pievedējtraktoru, kas maksā vismaz 2 reizes mazāk.

<sup>6</sup> Foto: A. Lazdiņš.



Att. 6 Logman 811C harvarders<sup>7</sup>.

Vēl viens alternatīvs risinājums jaunaudžu kopšanas mehanizācijai, ir uz kāpurķēžu ekskavatoru bāzes būvēti harvesteri vai pārbūvēti ekskavatori, kas pielāgoti mežizstrādei. Uz ekskavatoru bāzes būvēta harvestera piemērs ir John Deere mežizstrādes produktu sērija uz kāpurķēdēm (Att. 7). Parasti šādi harvesteri ir salīdzinoši smagi (virs 25 tonnām) un piemēroti darbam ar lielu dimensiju kokiem.

Alternatīvs risinājums ir standarta ekskavatoru pārbūve mežizstrādes vajadzībām, komplektējot ar sortimentācijas galvām vai kniebējgalvām. Arī šajā gadījumā vienkāršākais un izplatītākais risinājums harvestera galvas stiprināšana standarta ekskavatora strēles galā izmantošanai galvenajā cirtē lielu dimensiju koku zāgēšanai.

Visu ekskavatoru ar standarta strēli trūkums ir salīdzinoši nelielais darbības rādiuss – 7-9 m pie pilnas izlices, attiecīgi, Latvijā sastāva kopšanās šīs mašīnas nevar izpildīt nosacījumu par ne vairāk kā 20 % no mežaudzes zem tehnoloģiskajiem koridoriem.

Saskaņā ar Somijā veiktu pētījumu rezultātiem harvesteru uz ekskavatora bāzes pielietošana kopšanas cirtēs ir izdevīgāka, nekā vidējās klases vai lielo harvesteru izmantošana, galvenokārt, pateicoties būtiski mazākām investīcijām. Tomēr pastāv arī tehniskas problēmas, kas saistītas ar ekskavatoru uzbūvi, piemēram, jau pieminētais strēles garums un bāzes mašīnas dimensijas (Väättäinen et al., 2004).



<sup>7</sup> Avots: <http://www.logman.fi/pages/in-english/combi-machines.php>.



## Att. 7 Kreisajā pusē John Deere 753J, labajā pusē John Deere 759J harvesters<sup>8</sup>.

Nākošais ekskavatoru pārbūves etaps, kas tiek pielietots arī Latvijā, ir standarta strēles nomaiņas ar garāku harvestera strēli un standarta griezējgalvas uzstādīšana. Att. 8 redzamā ekskavatora masa ir 26 tonnas un strēles izlīces attālums – 11 m, attiecīgi, tas var bez grūtībām strādāt, ja attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem ir 20 m. Darbam galvenajā cirtē ekskavatora virsbūve tiek pastiprināta, darbam kalnos un uz akmeņainām augsnēm nereti izmanto arī ķēžu stiprinājumus, kas neļauj ekskavatoram nobraukt no ķēdēm uz nelīdzenas virsmas. Neskatoties uz papildus investīcijām aprīkojumā, šāds harvesters būs aptuveni 2 reizes lētāks par standarta lielās klases harvesteru. Ja ekskavatoru izmanto sastāva kopšanas cirtēs, virsbūves stiprinājumi, izņemot logu stiklu nomaiņu, nav nepieciešami, jo zāgējamo koku dimensijas ir nelielas un darba apstākļi drošāki, nekā galvenajā cirtē.



Att. 8 Mežizstrādei pielāgots New Holland E215B ekskavators<sup>9</sup>.

Visu ekskavatoru kopīgs trūkums ir lielle gabarīti; strādājot 4 m platā tehnoloģiskajā koridorā ekskavators var sabojāt tehnoloģiskā koridora malā augošo saglabājamo koku mizu. Otrs trūkums ir zemais klīrens; ja cismā ir liels pielūzņojums, ekskavatoram var rasties lielas grūtības pārvietoties pa to. Normālos apstākļos ekskavators var atbalstīties uz kausa un pārcelt sevi pāri celmiem vai lielu dimensiju kritālām, bet ar harvestera griezējgalvu tas nav iespējams.

Viena no ekskavatora tehniskajām priekšrocībām, salīdzinot ar standarta harvesteru, ir strēles novietojums – tā ir blakus operatora kabīnei, attiecīgi, operators vienmēr skatās strēles virzienā, nodrošinot labāku kopjamās teritorijas pārredzamību. Līdzīgi strēle novietota arī, piemēram Logman harvarderam (Att. 6), kas šai mašīnai rada priekšrocības jaunaudžu kopšanā. Vidējās klases ekskavatori, kas izmantojami sastāva kopšanā ir smagāki un stabilāki par attiecīgās klases harvesteriem, tāpēc tie var pilnvērtīgāk izmantot sīkkoku paketēšanas funkciju, arī strādājot uz pilnu izlīci. Ņemot vērā iespēju izvēlēties sastāva kopšanai ekskavatoru ar mazākas jaudas dzinēju un masu, kā arī salīdzinoši mazāko ietekmi uz augsni, harvesteru uz ekskavatoru bāzes ietekme uz vidi var būt mazāka, nekā standarta harvesteriem.

Roku darba izmantošana jaunaudžu kopšanā, gatavojot biokurināmo, sekmē nodarbinātību lauku reģionos un ļauj palielināt enerģētisko koksnes piegādes, neveicot investīcijas dārgās mežizstrādes iekārtās. Strauju mehanizētas jaunaudžu kopšanas īpatsvara pieaugumu kavē arī kvalificēta darbaspēka trūkums, kas nav aizpildāms dažu gadu laikā.

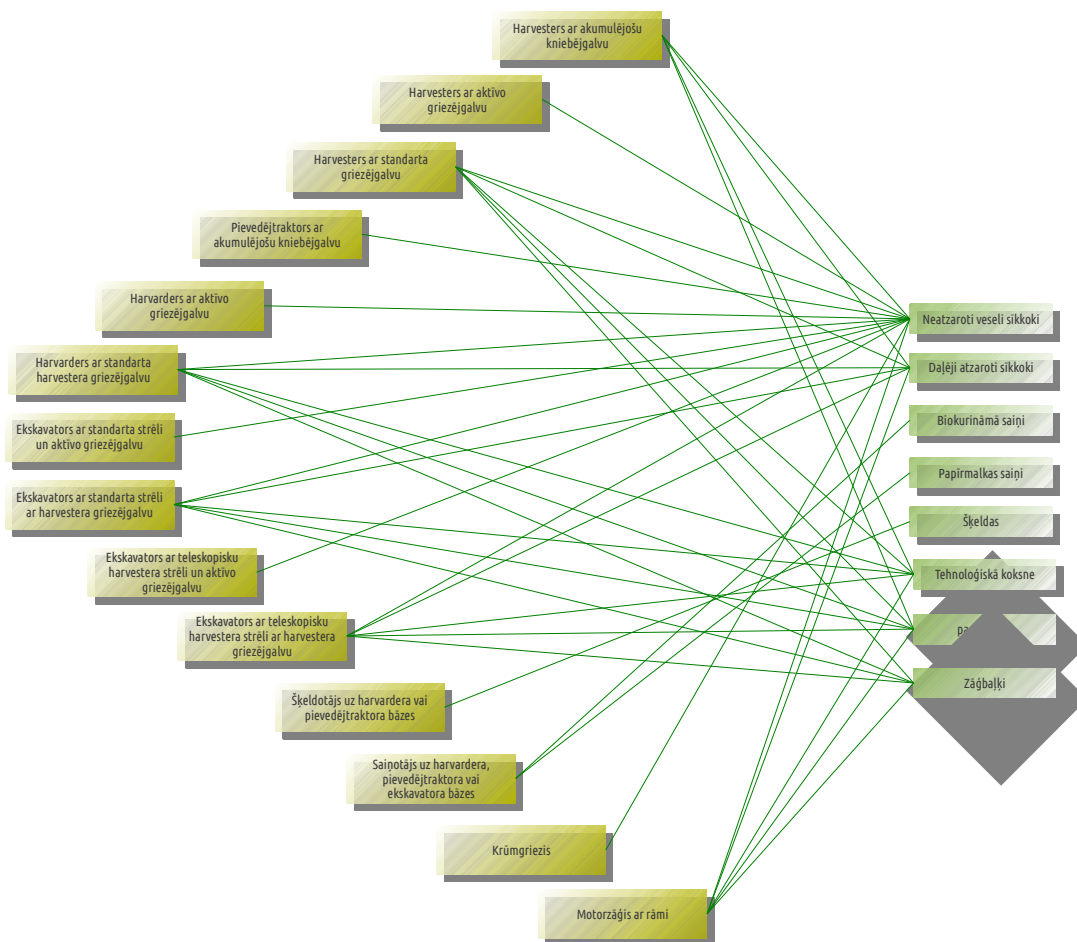
<sup>8</sup> Avots: <http://mediabin.deere.com/Main.asp>

<sup>9</sup> Foto: A. Lazdiņš.

Līdz šim mūsu valstī visi jaunaudzū kopšanas darbi veikti ar rokas motorinstrumentiem. Pakalpojuma sniedzēji lielākoties ir individuālie darba veicēji, kuriem maksā par gabala darbu. Sīkkoki sastāva kopšanā netiek vākti. Rokas motorinstrumentu izmantošana lielā mērā nosaka to, ka jaunaudzes cenšas izkopt pēc iespējas ātrāk, kad rokas motorinstrumenti nodrošina vislielāko darba ražīgumu, attiecīgi, maksā vismazāk.

Visu rokas motorinstrumentu būtiska priekšrocība ir neatkarība no augšanas apstākļiem – cilvēki var pārvietoties un strādāt gan sausieņu meža tipos, gan slapjainos, gan kūdreņos. Tas nozīmē, ka rokas motorinstrumenti padara pieejamus enerģētiskās koksnes resursus, kas mehanizētās kopšanas gadījumā pieejami tikai noteiktos apstākļos. Skaidrs, ka sīkkoku pievešanai uz slapjas augsnes ar mazu nestspēju, tāpat, nepieciešams sasalums vai speciāla tehnika, taču, pareizi sakraujot sīkkoku kaudzītes mežā, tās var stāvēt arī 2 sezonas, būtiski nezaudējot kvalitatīvās īpašības.

Dažādu jaunaudzū kopšanā pielietojamo tehnoloģiju struktūra un sagatavojamie sortimenti parādīti Att. 9. Saskaņā ar 2012. gadā veikto tehnoloģiju analīzi efektīvākais jaunaudzū kopšanas un biokurināmā gatavošanas risinājums pagaidām ir roku darbs. Otrajā vietā ir harvesters, kas aprīkots ar aktīvo griezējgalvu vai standarta harvestera galvu (Lazdiņš, Lazdāns, and Zimelis 2012). Tehnoloģiju salīdzināšanas rezultāti liecināja, ka jebkuram no risinājumiem ir savi trūkumi, piemēram, uz tehnikas uz ekskavatora bāzes izmantošanas perspektīvas pasliktina mežsaimnieciskā ietekme – liels bojājumu risks, un ekoloģiskie riski – lai pārvietotos cirsmās šādiem ekskavatoriem ir jānovāc lielu dimensiju nedzīvā koksne. Harvarderiem un pievedējtraktoriem, tāpat, vērtējumu samazina ekoloģiskie riski, jo šīs mašīnas ir mazāk manevrētspējīgas, salīdzinot ar standarta harvesteru. Jāņem vērā, ka pievešanas operācijā harvestera manevrētspējai nav nozīmes, jo pievedējtraktors “iztaisnos” lielāko daļu harvestera veidoto tehnoloģisko koridoru likumu, it īpaši, ja ir jāpieved veseli koki (Lazdiņš, Lazdāns, and Zimelis 2012).

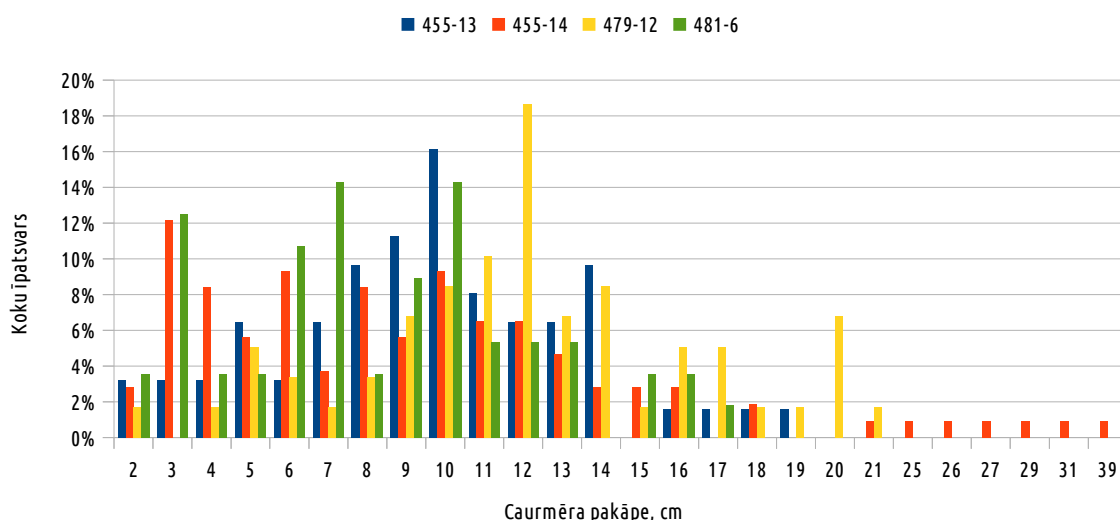


## Att. 9 Dažādas izstrādes tehnoloģijas un to galaprodukti.

# Metodika

## Izmēģinājumu objektu raksturojums

Izmēģinājuma objektus atlasīja no LVM valdījumā esošajām jaunaudzēm, kurās paredzēts veikt jaunaudžu kopšanu. Par piemērotām atzītas jaunaudzes kuru reljefs atbilda mehanizētas kopšanas prasībām un izstrādājama apjoms atbilda granulu sagatavošanas izmēģinājumā plānotajam koksnes apjomam. Atlasīto audžu vidējā koka augstums bija robežas no 9 līdz 12 m. Koku īpatsvaru sadalījumā pa caurmēra pakāpēm cīsmās raksturo Att. 10. Izmēģinājumiem izraudzītajās audzēs 54 % no augošajiem kokiem vidējais caurmērs ir mazāks par 10 cm. Attiecīgi koki ar vidējo diametru līdz 10 cm veido 54 % no kopējās krājas jaunaudzēs. Audžu raksturojums dots Tab. 29. Objektos 503 - 455 - 13 un 503 - 455 - 14 izmantota tikai 5. darba metode (detalizētāk nodaļā Pētījumā salīdzinātās izstrādes darba metodes), lai sagatavotu granulu sagatavošanas izmēģinājumiem nepieciešamo biokurināmā daudzumu.

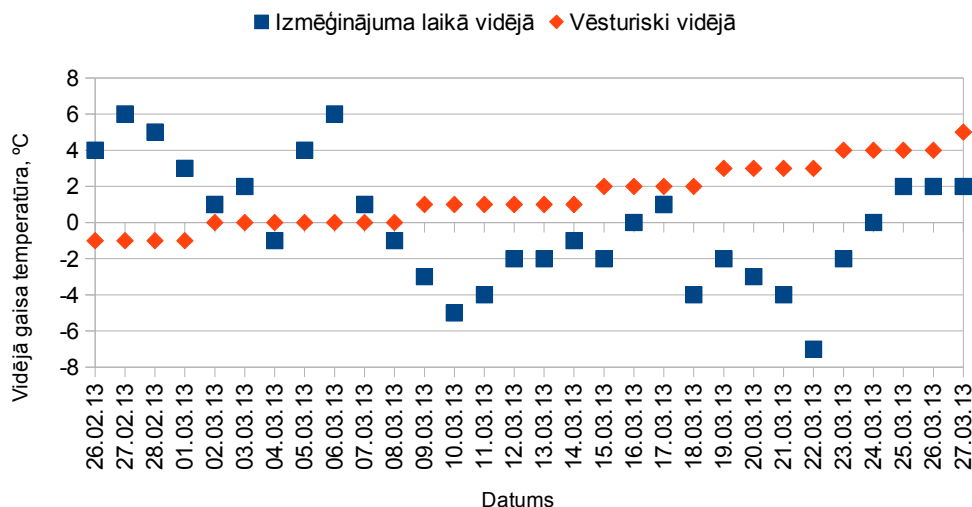


Att. 10: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs izmēģinājumā iekļautajās jaunaudzēs pirms kopšanas.

## Laika apstākļu raksturojums izmēģinājumu laikā

Izmēģinājums veikts no 26.02.2013. līdz 27.03.2013. Izstrāde notika laikā no 26.02.2013. līdz 12.03.2013., sagatavoto apaļo kokmateriālu pievešana uz augšgala krautuvi – 19.03.2013-23.03.2013, bet kokmateriālu piegāde uz SIA Graanul pellet – 26.03.2013-27.03.2013.

Gaisa temperatūra izmēģinājuma laikā bija vidēji par 1,6 °C zemāka kā vēsturiskā gaisa temperatūra attiecīgajā laika periodā (Att. 11). Pievešanas laikā gaisa temperatūra bija būtiski zemāka, nekā vidēji pēdējo 10 gadu laikā.



Att. 11: Gaisa temperatūra.

## Pētījumā salīdzinātās izstrādes darba metodes

Pētījumā salīdzinātās 5 mehanizētas jaunaudžu kopšanas darba metodes:

1. harvesters gatavo darba uzdevumā noteiktos sortimentus, tehnoloģiskās koksnes tievgaļa caurmēram jābūt sākot no 50 mm, ciršanas atliekas netiek vāktas;
2. harvesters gatavo darba uzdevumā noteiktos sortimentus, tehnoloģisko koksni gatavo no koku galotnēm un stumbriem, kuri nav atbilstoši papīrmalkas sortimenta gatavošanai, kā arī sausajiem kokiem, nolauztām galotnēm, tehnoloģiskās koksnes tievgaļa caurmēram jābūt sākot no 30 mm, daļēji atzarotai, izmanto paketēšanas funkciju;
3. harvesters tehnoloģisko koksni gatavo no visiem stumbriem, kas nav atbilstoši zāģbaļķu sortimenta (10 X 14 un 14 X 18) gatavošanai, tehnoloģiskās koksnes tievgaļa caurmēram jābūt sākot no 30 mm, daļēji atzarotam, izmanto paketēšanas funkciju;
4. harvesters tehnoloģisko koksni gatavo no visiem stumbriem, kas nav atbilstoši zāģbaļķu sortimenta (14 X 18) gatavošanai, tehnoloģiskās koksnes tievgaļa caurmēram jābūt sākot no 30 mm, daļēji atzarotam;
5. harvesters gatavo tikai tehnoloģisko koksni no kokiem, kuru caurmērs ir sākot no 30 mm, sortimentus daļēji atzarojot.

Pirmajā darba metodē harvesters neizmantoja paketēšanas funkciju, jo tradicionālie sortimenti tika gatavoti, apstrādājot katru koku atsevišķi. Pārējās 4 darba metodēs paketēšanas funkcija izmantota tradicionālo sortimentu gatavošanai nepiemēroto sīkkoku apstrādei, attiecīgi, teorētiski akumulējošo funkciju visbiežāk vajadzēja izmantot, strādājot ar 5. darba metodi.

Darbā izmantots harvesters John Deere 1070 E (14 tonnas bez ķēdēm, Att. 12) ar 180 S strēli (izlice 10 m) un H 754 griezēgalvu (Att. 13), kas īpaši aprīkota vairāku koku vienlaicīgai apstrādei. Koku pārtveršana notiek automātiski, to vada harvestera programmatūra. Krāna kustības laikā harvestera kabīne var griezties līdzi, taču šo funkciju izmanto ne visi operatori, tajā skaitā no pētījumā iesaistītajiem 2 operatoriem, 1 atslēdza kabīnes pagriešanās funkciju.



Att. 12 Izmēģinājumos izmantotais harvesters.



Att. 13 Izmēģinājumos izmantotā H 754 griezējgalva<sup>10</sup>.

Izstrādes laikā harvesters bija aprīkots ar ķēdēm, galvenokārt, lai palielinātu tā stabilitāti. Operatori strādāja ar pilnu krāna izlīci, līdz ar to ar 10 m garo strēli varēja aizsniegt un apstrādāt visu teritoriju starp tehnoloģiskajiem koridoriem. No koridoriem tālāk esošo joslu izkopšanai harvestera operatori nereti brauca atpakaļgaitā, meklējot labāku pozīciju. Lai palielinātu darba ražību, šādi manevri metodikā paredzēti netika, pieņemot, ka neizzāgētos kokus pēc tam varēs nozāgēt ar rokas darba instrumentiem.

Izmēģinājumos piedalījās 2 pieredzējuši operatori. Operatori pirms tam bija izmantojuši griezējgalvas paketēšanas funkciju, taču viņiem nebija pieredzes ikdienas darbā ar šāda veida iekārtām. Operatori bija pieraduši pie tā, ka pirms kopšanas vai galvenās cirtes pameža zāgētāji novāc mazākos kokus un krūmus, kas apgrūtina redzamību. Ķēdes nomešana, strādājot ar mazākiem kokiem (pamatā noliektiem lapkokiem), izmēģinājumu laikā notika 3 reizes. Ķēdes maiņa izmēģinājumos veikta 49 reizes (vidēji pēc katriem 6 m<sup>3</sup> sagatavoto sortimentu).

<sup>10</sup> Attēla avots – [http://www.ponsse.com/var/ponsse/storage/images/ponsse.com/media-archive/images/products/harvester-heads/h6/h6\\_studio/88386-2-eng-GB/h6\\_studio\\_small.jpg](http://www.ponsse.com/var/ponsse/storage/images/ponsse.com/media-archive/images/products/harvester-heads/h6/h6_studio/88386-2-eng-GB/h6_studio_small.jpg).



## Darba laika uzskaite

Pētījuma ietvaros veikta izstrādes, pievešanas un piegādes darba laika uzskaite. Pievešanas laikā noteikta pievestā materiāla masa, sverot katru kravu. Datu pārbaude veikta SIA "Graanul Pellets", kur visu kravu uzmērīšanu un svēršanu veica SIA "VMF Latvia". Sagatavoto šķeldu apjomu noteica Graanul Pellets darbinieki, uzmērot pēc šķeldošanas atsevišķi nobērtās koksnes un mizu kaudzes. Izstrādes un pievešanas laikā iegūtie dati salīdzināti ar kopējo patērētājam nogādātā materiāla masu, kas noteikta patēriņa vietā. Rezultāti izvērtēti, lai novērtētu harvestera uzskaites metožu pielietošanas iespējas sīkkoku izstrādē, izmantojot paketēšanas funkciju. Šķeldu kvalitātes rādītāji noteikti šķeldošanas laikā ievākti paraugiem.

Darba laika uzskaite veikta ar specializētu triecienu un mitruma izturīgu laukdatoru Allegro CX (Att. 14), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI.



Att. 14: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.

Darba laika uzskaitē nav atsevišķi uzskaitīts degvielas patēriņš, pieņemot ražotāja dotos vidējos rādītājus. Degvielas patēriņa uzskaites rezultātus (uzpildīto tilpumu) būtiski ietekmē gaisa temperatūra un degvielas temperatūra. Arī darba apstākļi, kas netiek fiksēti darba laika uzskaites laikā, var ietekmēt degvielas patēriņu, radot nepareizu priekšstatu par degvielas patēriņu. Dīzeļdegvielas blīvums istabas temperatūrā (20 °C) 0,83 kg L<sup>-1</sup> (Anon 2013), bet -25 °C temperatūrā dīzeļdegvielas blīvums palielinās par 20 % (Razaghi Meyer International), tas nozīmē, ka kļūda, vērtējot tikai patērētās degvielas tilpumu, var būt līdz 20 %, pie kam šī kļūda nav prognozējama, jo degvielas temperatūra traktora bākā un tvertnē, no kuras degvielu ņem, var atšķirties.

Ņemot vērā problēmas ar degvielas patēriņa uzskaiti, it īpaši, ja ir jāsalīdzina vasarā un ziemā, kā arī dažādās valstīs iegūti rezultāti, meža darba operāciju pētnieki neiesaka izmantot degvielas tilpuma mērījuma rezultātus izmaksu analīzē, izņemot speciālus gadījumus, piemēram, degvielas patēriņa salīdzinājums atsevišķām operācijām vienā darba ciklā, ja ir pieejami precīzi degvielas plūsmas mērījumu rezultāti<sup>11</sup>.

## Izstrāde

Izstrādes darba laika uzskaite veikta 2 maiņās, tajā skaitā 1 maiņas diennakts tumšajā laikā un 1 maiņa dienasgaismā. Katras maiņas ilgums 10 stundas.

<sup>11</sup> Personiska komunikācija – Zviedrijas mežzinātnes institūta Skogforsk pētnieks Lars Eliasson un Stellenbosch universitātes (Dienvidāfrika) Meža un koksnes departamenta lektors Pierre Ackerman.

Darba laika patēriņš noteikts katram krāna ciklam atsevišķi, fiksējot satverto koku vidējo caurmēru un skaitu. Darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 1. Izmēģinājuma ietvaros gatavotas 3 kokmateriālu sortimentu grupas (Tab. 2). Visi biokurināmā sortimenti krauti vienā kaudzē gan izstrādes, gan pievešanas laikā. Zāģbaļķu sortimenti un papīrmalka cirsma un augšgala krautuvē nokrauta atsevišķi.

Sortimenti krauti tehnoloģiskā koridorā abās malās, mežizstrādes atliekas klātas ceļos. (Att. 15).

**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	Satvertais vid koku skaits, gab
	operators	Harvestera operatora vārds
Produktīvais darba laiks	sniedz	sniegšanās pēc koka
	satver	Koka satveršanas laiks
	zage	Koka nozāģēšana
	akumule	Paketējošā mehānisma pielietošana
	pievelk	Koku pievilkšana/ pārceļšana līdz atzarošanas vietai
	atzaro	Atzarošanai un sagarumošanai patērētais laiks
	zari	Zaru novietošana zaru kaudzēs
	pārbraucieni	Harvestera pozīciju maiņa
	iebrauc	Patērētais laiks iebraucot
	izbrauc	Patērētais laiks izbraucot
	citas	Citas nestandarta operācijas, t.sk. pameža zāģēšana un mašīnas apkope
Neproduktīvais darba laiks	stop	Ar darbu nesaistīts darbības
	remon	Remonts

**Tab. 2: Izmēģinājumos sagatavotie sortimenti**

Nr.	Sortiments	Sortimenta raksturojums
1.	BAĻĶIS (10 X 14 un 14 X 18)	Skujkoks, tievgalis sākot no 105 mm caurmērā; skujkoks, tievgalis sākot no 140 mm caurmērā, dažāda garuma
2.	TM	Pārējie sortimenti, tajā skaitā daļēji atzaroti sikkoki un koku galotnes, garums 2-4 m
3.	PMSK	Skujkoku papīrmalka, tievgaļa caurmērs > 60 mm, resgaļa caurmērs < 600 mm, garums 3 m



Att. 15: Sortimentu pakas koridora malā.

## Pievešana

Apaļo kokmateriālu pievešanai uz augšgala krautuvi izmantots četrasu pievedējtraktors Timberjack 810B (Att. 16) ar TJ 51F 87 strēli. Pievedējtraktora strēles garums 8 m, mašīnas platums 2,4 m, pilna masa 21 tona, pašmasa 11 tonnas. Pievešanas laikā neizmantoja ķēdes. Sagatavotos sortimentus, tai skaitā biokurināmā sortimentu, veda kopā, nedalot pa sortimentu grupām, lai nepalielinātu darba laika patēriņu, jo pie atsevišķām darba metodēm, pārējo sortimentu īpatsvars, salīdzinājumā ar biokurināmā sortimentu, bija neliels un to izvietojums cīsmā izklaidēts. Vienā kravā varēja būt līdz 3 sortimentu grupas. Šāda pieeja palielināja darba laika patēriņu izkrašanās laikā, bet samazināja pārbraucienu skaitu un ilgumu.

Faktiski sagatavotā biokurināmā apjoma noteica šķeldošanas laikā pie patērētāja. Zāģbaļķu sortimentu apjoma noteikšanai izmantoti harvestera uzskaites dati. Biokurināmā sortimenta apjoms noteikts atbilstoši SIA "VMF Latvia" uzmērījumu datiem, no kopējā patērētājiem piegādātā koksnes apjoma atskaitot harvestera uzskaitīto zāģbaļķu un papīrmalkas sortimentu apjomu. Biomasas pārrēķinos pieņemts, ka vidējais nosacītais koksnes blīvums visām sortimentu grupām ir vienāds.

Pievešanas notika 1 maiņā diennakts gaišajā laikā. Pievešanā piedalījās 1 operators.



**Att. 16 Timberjack 810B pievedējtraktors.**

Darba laika patēriņa uzskaitē veikta katrai kravai atsevišķi, tajā skaitā noteikts krāna ciklu skaits kravas izveidošanai. Darba laika uzskaites elementi un cita informācija, kas fiksēta hronometrāžas laikā, parādīta Tab. 3.

Laikā starp izstrādi un pievešanu uzsnīga bieza sniega kārtā, tāpēc salīdzinoši daudz laika patērēts sortimentu attīrīšanai no sniega, lai atšķirtu zāģbaļķu un biokurināmā sortimentus, kuri izstrādāti ar 1. un 2. darba metodi. Tas izskaidro darba laika patēriņa pieaugumu sortimentu, kas izstrādāti ar 1. un 2. darba metodi, pievešanai, neskatoties uz to, ka gatavotas jauktas kravas.

Pēc pievešanas pabeigšanas sniegs vairs nesnīga un patērētājam piegādāja koksni no neapsnigušām kaudzēm (Att. 17).

**Tab. 3: Pievešanas darba laika uzskaites elementi**

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	skielade	Iekraušanas ciklu skaits
	skizlade	Izkraušanas ciklu skaits
	gravis	Grāvja numurs
	operators	Pievelājtraktora operatora vārds
	sortiments	pievestais sortiments
Produktīvais darba laiks	iebrauc	Iebraukšanas cīsmā laiks
	iekrauj	Iekraušanas cikla laiks
	parbr	Pārvietošanas pa cīsmu uzkrājumoties
	ara	Izbraukšana uz augšgala krātuvi
	izlade	Izkraušanās laiks
	brauc	Pārbraucieni augšgala krājumā starp sortimentu kaudzēm
	ieklaj	Ceļa ieklāšana
	cits	Citas operācijas, t.sk. mašīnas apkope



Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Neproduktīvais darba laiks	remonts	Tehnikas remonts
	sver	Pievedējtraktora svēršana
	stop	Ārpus darba laiks



Att. 17 Sortimentu kaudze.

## Pievestā materiāla svēršana

Pievedējtraktora svēršanai izmantoja firmas CAS ražojuma svarus RW-15P (Att. 18). To svēršanas diapazons ir 15 000 kg, iedaļas vērtība 10 kg, platformas izmēri 900 x 500 x 39 mm. Svari sastāv no vadības bloka un 2 svaru platformām. Svaru platformas, savukārt, veicot pievedējtraktoru svēršanu, uzstāda uz zemē ierakstām koka platformām, kas izlīdzina slodzi un pasargā svaru mehānismu no netīrumiem. Lai atvieglotu pievedējtraktora operatora darbu, abpus svari ar krāsainu 5 m garu lentu iezīmētais taisns ceļa posms, kurā operatoram jāizlīdzina traktors, lai abi vienas ass riteņi uz platformām uzbrauktu vienlaicīgi.



**Att. 18: Pievedējtraktora svēršanai izmantotie svāri CAS RW-15P, kopskats un darbam sagatavotas platformas.**

Darba laikā tiek nosvērts atsevišķi katrs ritenis un pievedējtraktora masu veido visu riteņu svērumu summa. Svēršanas laikā pievedējtraktors apstājas uz svaru platformām. Vispirms tika svērts piekrauts pievedējtraktors, tad tukšs. Piezīmēs pierakstīja svēršanas laiku, kravas numuru un kravas stāvokli. Svēršanas laiks nav iekļauts darba laika uzskaitē.

## Kokmateriālu transports

Sortimenti uz pārstrādes uzņēmumu transportēti 26.03.2013. Visu kokmateriālu piegāde pabeigta 1 dienā. Kokmateriālu piegāde piedalījās 6 automašīnas. Visas automašīnas krāva 4 sortimentu kasetes (Att. 19).

Darba laika uzskaitē iekļautie iekraušanas un izkraušanas darba laika elementi parādīti Tab. 4 un Tab. 5.

**Tab. 4: Iekraušanas darba laika uzskaites elementi**

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Produktīvais darba laiks	sagat	Sagatavošanās darbam pēc ierašanās pie krautnes
	parviet	Pārbraucieni krautnē
	sniedz	Sniegšanās pēc sortimentiem
	satver	Sortimentu satveršana
	iekrauj	Sortimentu pievilkšana un iekraušana
	karto	Kravas kārtošana
	cits	Citas ar darbu saistītas operācijas
	sakart	Teritorijas sakārtošana un kravas nostiprināšana pēc iekraušanas
Neproduktīvais darba laiks	remon	Neparedzēti remontu
	stop	Ar darbu nesaistītas operācijas

**Tab. 5: Izkraušanas darba laika uzskaites elementi**

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	Izkrautās kasetes	Izkrauto kasešu skaits (maks. 4)
Produktīvais darba laiks	uzstādīšanas	Sagatavošanās darbam



Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
	novakaksanas	Darba vietas sakārtošana un atstāšana pēc izkraušanas
	sniegšanas	Sniegšanās pēc sortimentiem
	satveršana	Satveršana
	izkrausanas	Izcelšana un novietošana krautnē
	cits	Citas ar darbu saistītas operācijas
Neproduktīvais darba laiks	stop	Ar darbu nesaistītas operācijas



Att. 19: Apaļo kokmateriālu piegāde patērētājam.

Vidējais piegādes attālums vienā virzienā bija 150 km, pavisam kopā nobraukti 2700 km. Visas automašīnas veica 1-2 reišus, kopā 11 kravas. Kopējās kokmateriālu piegādes izmaksas bija 1986 Ls<sup>12</sup>, vidēji 6,28 Ls m<sup>-3</sup> vai 0,02 Ls tonna<sup>-1</sup> km<sup>-1</sup>.

## Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze

Ražošanas izmaksu aprēķini veikti atbilstoši metodikai, kas Latvijā ieviesta AS "Latvijas valsts meži" (LVM) īstenotā pētījumu projekta ietvaros 2007. gadā (M. Thor et al. 2008). Saskaņā ar šo metodiku ražošanas sistēma sastāv no mežizstrādes mašīnas, pievedējtraktora un kokvedēja. Piegādātais materiāls šajā gadījumā ir apaļie kokmateriāli, tāpēc šķeldošanas izmaksas nav ņemtas vērā. Pētījumā iegūti dati par izstrādes, pievešanas, kā arī ceļu transporta darba ražīgumu un pašizmaksu.

Pašizmaksas aprēķinu modelis veidots uz FLIS modeļa bāzes, kas darba ražīguma pētījumos Latvijā izmantots arī agrāk (M. Thor et al. 2008; Lazdiņš, Henrik Von Hofsten, Lazdiņa, et al. 2009; Andis Lazdiņš and Henrik Von Hofsten 2009), aktualizējot degvielas cenu, atalgojuma un uzturēšanas izmaksu skaitliskās vērtības. Aprēķinu vispārīgie pieņēmumi doti Error: Reference source not found. tabulā. Pašizmaksa aprēķināta uz koksnes cieškubikmetriem un biomasas tonnām, jo izstrādes un pievešanas laikā biokurināmā un tradicionālie sortimentu netika nodalīti.

Izmaksas sadalītas starp zāģbaļķu un biokurināmā sortimentiem, atbilstoši vidējam biokurināmā sortimentu iznākamam pētījumā.

<sup>12</sup> Informācija par pievestajām kravām, ko sniedza WMF, un par apmaksātajiem pakalpojumiem atšķiras – WMF uzskaitītas 11 kravas, apmaksas datus uzrādītas 10 kravas, tāpēc trūkstošās kravas nobrauktais attālums un pakalpojuma izmaksas noteiktas ekstrapolācijas ceļā, pieņemot, ka trūkstošās kravas piegādes attālums un piegādes izmaksas atbilst vidējiem rādītājiem pārējām kravām.

Tab. 6: Pieņēmumi darba apstākļu un kurināmā raksturošanai raksturošanai

Nr.	Rādītājs	Saīsinājums	Skaitliskā vērtība
1.	Degvielas cena, Ls L <sup>-1</sup>	A	0,79
2.	Pievešanas ceļa garums, m	B	300
3.	Sortimentu transportēšanas attālums, km	C	150
4.	Oglekļa saturs koksnē, kg t <sub>sausnas</sub>	D	500
5.	Šķeldu bēruma blīvums, ber. m <sup>3</sup> t <sub>sausnas</sub>	E	5
6.	Oglekļa saturs dīzeļdegvielā, kg C kg <sup>-1</sup> degvielas	F	0,8668
7.	Dīzeļdegvielas blīvums, kg L <sup>-1</sup>	G	0,827

## Biomasu raksturojošo rādītāju noteikšana

Sagatavotā biokurināmā raksturošanai šķeldošanas laikā pie patērētāja ievākti šķeldu paraugi, kuriem noteikts frakciju sastāvs, mitrums, bēruma blīvums, oglekļa saturs un augstākā siltumspēja.

### Šķeldu paraugu ievākšana un sagatavošana

Šķeldu paraugi ievākti šķeldošanas laikā, ievācot aptuveni 50 L lielu šķeldu paraugu no dažādām šķeldu kaudzes (Att. 20) daļām un slāņiem. Mizu un atlūzu paraugi pētījumā netika ievākti. Analīzes veiktas 1 vidējam paraugam.



Att. 20: Šķeldu (kreisajā pusē) un mizu kaudzes.

### Mitruma satura noteikšana

Šķeldu mitrums noteikts atbilstoši CEN/TS 14774-2:2004 standartam, žāvējot 0,5 kg šķeldu paraugu, kas iegūts ar kvartēšanas metodi, 105 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai. Absolūtais mitruma saturs koksnē aprēķināts ar 1. vienādojumu, savukārt relatīvais mitruma saturs aprēķināts izmantojot 2. vienādojumu.



$$W_a = \frac{M_2 - M_3}{M_3 - M_1} * 100, \text{ kur}$$

- $W_a$  – absolūtais mitruma saturs koksne, %;
- $M_1$  – tukša konteineru masa, g;
- $M_2$  – konteineru un parauga masa pirms žāvēšanas, g;
- $M_3$  – konteineru un parauga masa pēc žāvēšanas, g.

(1)

$$W_r = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} * 100, \text{ kur}$$

(2)

$W_r$  – relatīvais mitruma saturs, %.

## Šķeldu bēruma blīvuma noteikšana

Koksnes bēruma blīvumu noteikts atbilstoši CEN/TS 15103:2005 standartam. Bēruma blīvums noteikts 50 L konteinerā, uzpildot to nedaudz virs atzīmes un 3 reizes noņemot uz koka virsmas (paletes) no 15 cm augstuma, lai sablīvētu materiālu. Pēc tam liekās šķeldas novāc un konteineru ar šķeldām nosver ar precizitāti līdz 10 g. Blīvuma noteikšanu atkārto 2 reizes un, ja iegūtais rezultāts atšķiras par 5 %, to atkārto vēl 3. reizi. Aprēķinos izmanto vidējo no 2 tuvākajiem rezultātiem. Šķeldu bēruma blīvumu dabiski mitrai koksnei aprēķina ar 3. vienādojumu. Pārreķins uz absolūti sausu koksni veikts ar 4. vienādojumu.

$$D_{ar} = \frac{M_2 - M_1}{V} * 1000, \text{ kur}$$

- $D_{ar}$  – dabiski mitras koksnes bēruma blīvums,  $\text{kg m}^{-3}$ ;

(3)

$M_2$  – konteineru un šķeldu masa, kg;

$M_1$  – konteineru masa, kg;

$V$  – konteineru tilpums, 50 L.

$$D_{dm} = \frac{(M_2 - M_1) * (100\% - W_r)}{V} * 1000, \text{ kur}$$

(4)

$D_{dm}$  – absolūti sausas koksnes bēruma blīvums,  $\text{kg m}^{-3}$ .

## Koksnes frakciju noteikšana šķeldās

Dažādu koksnes frakciju saturs šķeldās noteikts atbilstoši CEN/TS 15149-2:2006 standartam, izmantojot vibrējošo sietu metodi. Sijāšanai izmantotas gaissausas šķeldas (mitruma saturs ap 20 %), kopējais izsijātā parauga tilpums 50 L. Pārreķinos uz absolūti sausu biomasu pieņemts, ka mitruma saturs visās šķeldu frakcijās ir vienāds. Noteiktās šķeldu frakcijas ir > 63 mm, 63-45 mm, 45-16 mm, 16-3,15 mm un < 3,15 mm.

## Pelnu satura noteikšana

Pelnu satura noteikšana veikta atbilstoši standartam SIS-CEN/TS 14775:2004, sadedzinot sasmalcinātus un izžāvētus koksnes paraugus 550 °C temperatūrā. Sadedzināšanas ilgums – 120 minūtes. Pirms sadedzināšanas un pēc sadedzināšanas paraugi nosvērti uz analītiskajiem svariem ar precizitāti līdz 0,1 mg. Pelnu saturu absolūti sausā koksne aprēķina ar 5. vienādojumu.

---

$$A_d = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} * 100\% * \frac{100\%}{100\% - W_r}, \text{ kur}$$

$A_d$  – pelnu saturs koksnes sausnā, %;

$m_1$  – tiģeļa masa, g;

$m_2$  – tiģeļa un testējamā parauga masa, g;

$m_3$  – tiģeļa un pelnu masa, g;

$W_r$  – relatīvai mitrums, %.

(5)

Mitruma saturs noteikts pirms pelnu analīzes, izmantojot Precisa mitruma noteikšanas svarus.

# Rezultāti

## Kopšanas kvalitātes novērtējums

### Kopšanas ietekme uz mežaudzes struktūru

Apsekojuma rezultātā izraudzītas 3 jaunaudzēs ar kopējo platību 11,5 ha. Jaunaudžu vispārīgs raksturojums dots Tab. 29, taksācijas rādītāju aprēķins pēc kopšanas dots Tab. 30.

Izmēģinājums veikts 5 jaunaudzēs tajā skaitā 3 blakus esošas egļu jaunaudzēs ar līdzīgiem koku taksācijas rādītājiem uzskaitītas kā viens objekts.

Vidējais šķērslaukums pirms kopšanas audzēs bija  $18 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , koku skaits  $2360 \text{ gab. ha}^{-1}$ . Vidējais par 2 m augstāku koku caurmērs bija 10 cm, vidējais augstums 10 m. Kopējā audzēs uzmērītā krāja bija  $62 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , virszemes biomasa attiecīgi 33 tonnas  $\text{ha}^{-1}$ .

Analizējot minimālo atstājamo koku skaitu attiecīgā caurmēra pakāpē un reāli izzāgēto koku skaitu, konstatēts, ka 3 objektos izzāgēto koku skaits par 9-21 % pārsniedz normatīvos noteikto kopšanas intensitāti. Tikai vienā cīsmā kopšana veikta, atstājot lielāku paliekošo koku skaitu, kā minimālais noteiktais koku skaits uz hektāru (Tab. 7).

Tab. 7: Izzāgējamo koku skaits audzēs

Cirsmas kods	Koku skaits, $\text{gab. ha}^{-1}$	Valdošā suga	Vidējais koku augstums, m	Minimālais koku skaits, $\text{gab. ha}^{-1}$ <sup>13</sup>	Palikušo koku skaits, $\text{gab. ha}^{-1}$	Pielaujamais izzāgējamo koku skaits, $\text{gab. ha}^{-1}$	Nozāgēto koku skaits, $\text{gab. ha}^{-1}$
503-455-13	1653	egle	8	1320	1230	333	423 <sup>14</sup>
503-455-14	2675	egle	9	1320	1187	1355	1488
503-479-12	2622	priede	12	990	1028	1632	1594
503-481-6	2489	egle	10	1320	1171	1169	1318

Pēc kopšanas audzēs vidējais šķērslaukums (Tab. 8) samazinājās līdz  $13 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , koku skaits  $1154 \text{ gab. ha}^{-1}$ . Vidējais par 2 m augstāku koku caurmērs pieauga līdz 12 cm. Jaunaudžu kopšanā, atkarībā no cirsmas, izkoptais koku skaits svārstās robežās no 26 līdz 61 % no sākotnējā koku skaita uz hektāru.

Tab. 8: Audzes raksturojums pēc kopšanas

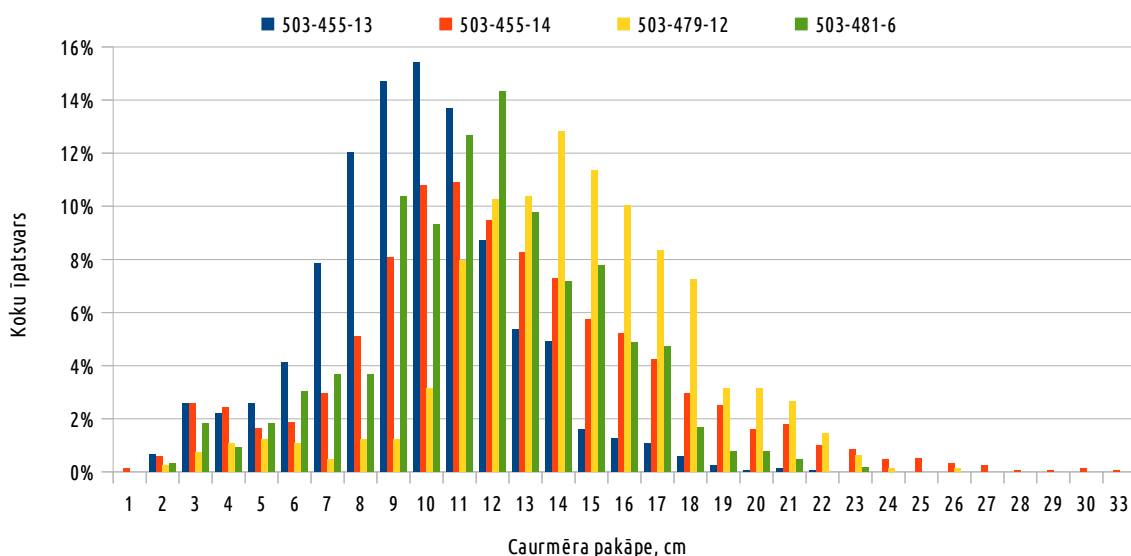
Cirsmas kods	Pirms kopšanas		Pēc kopšanas	
	Vidējā koka caurmērs, cm	Šķērslaukums, $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$	Vidējā koka caurmērs, cm	Šķērslaukums
503-455-13	10	12	10	10
503-455-14	10	19	12	14
503-479-12	12	29	14	16
503-481-6	8	13	12	12

Kopumā vidējais šķērslaukums izkoptajās audzēs samazinājies par  $5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , koku skaits par vidēji  $1206 \text{ gab. ha}^{-1}$ . Vidējais par 2 m augstāku koku caurmēra pieaugums ir 2 cm.

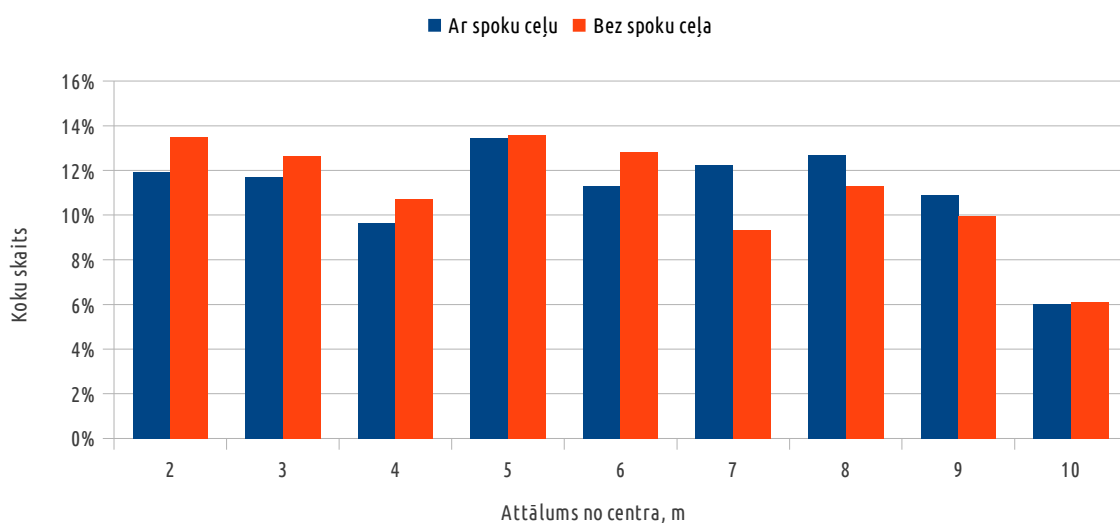
Analizējot audzēs izzāgēto koku sadalījumu pa caurmēra pakāpēm, jāsecina, ka atbilstoši uzstādītajiem nosacījumiem, ka jaunaudžu kopšana tiek veikta "no apakšas", jaunaudzēs pamatā izzāgēti koki, kuru vidējais diametrs ir līdz 10 cm.

<sup>13</sup> LR MK noteikumi Nr.935 "Noteikumi par koku ciršanu mežā".

<sup>14</sup> Ar sarkanu krāsu atzīmētas audzes, kur nozāgēts vairāk koku, nekā pielaujams saskaņā ar spēkā esošajiem normatīviem.



Att. 21: Paliekošo koku sadalījums pa caurmēra pakāpēm.



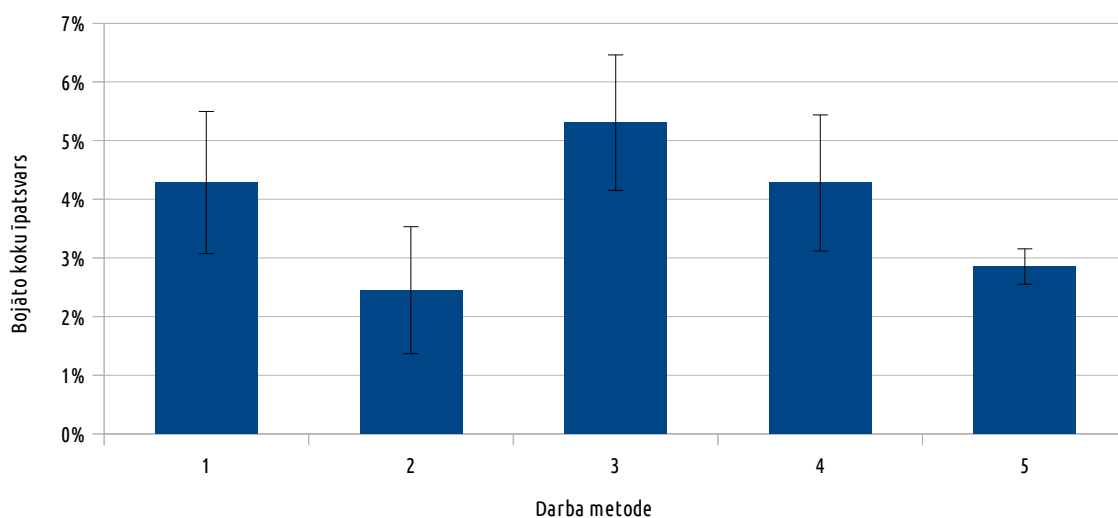
Att. 22: Paliekošo koku izvietojums audzē.

## Saglabājamo koku bojājumi

Veicot izstrādi un pievešanu, sakņu bojājumi nevienā audzē nav konstatēti, jo darba laikā platību klāja sniegs. Saglabājamo koku stumbra bojājumi, kas radušies izstrādes un pievešanas rezultātā, uzskaitīti Tab. 9. Pēc jaunaudzū kopšanas stumbra bojājumi zem 0,5 m nav konstatēti 455-13 nogabalā. Vislielākais bojāto koku īpatsvars parādās parauglaukumos, kas izstrādāti ar 3. un 4. metodi (Att. 23), taču statistiski būtiska atšķirība nav konstatēta. Vidējais bojāto paliekošo koku īpatsvars ir 3,6 %.

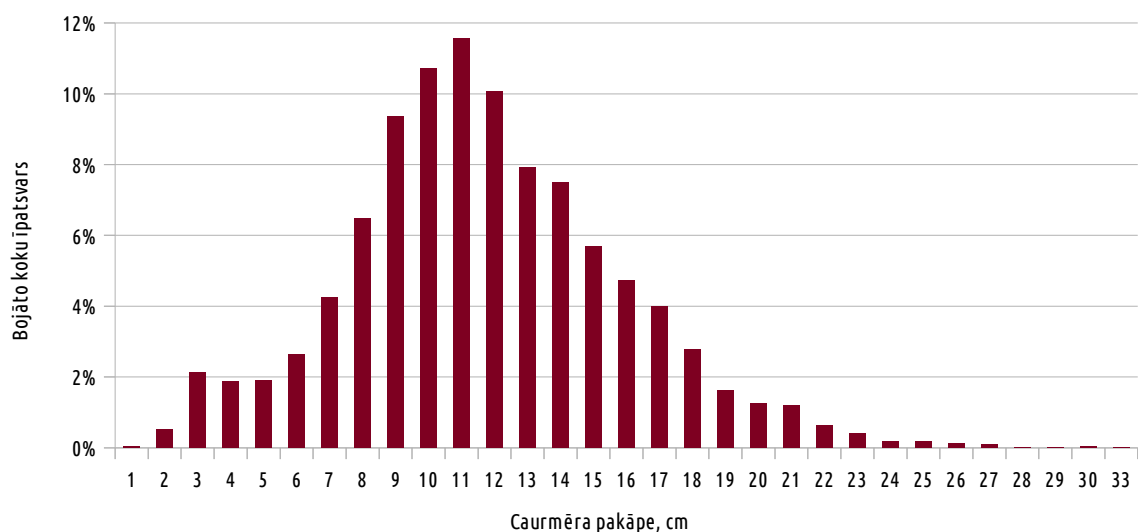
Tab. 9: Saglabājamo koku stumbra bojājumi pa audzēm un darba metodēm

Darba operācija	Darba metode	455-13		455 -14		479-12		481-6	
		Bojājums zem 0,5 m	Bojājums virs 0,5 m	Bojājums zem 0,5 m	Bojājums virs 0,5 m	Bojājums zem 0,5 m	Bojājums virs 0,5 m	Bojājums zem 0,5 m	Bojājums virs 0,5 m
Izstrāde	1.						4	1	7
	2.						3		2
	3.					2	13		5
	4.					1	10		2
	5.		13	4	69				
	<b>Kopā kvartālā</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>69</b>	<b>3</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>16</b>
Pievešana	1.								
	2.						2		
	3.						1		
	4.						1		
	5.		1		6				
	<b>Kopā kvartālā</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

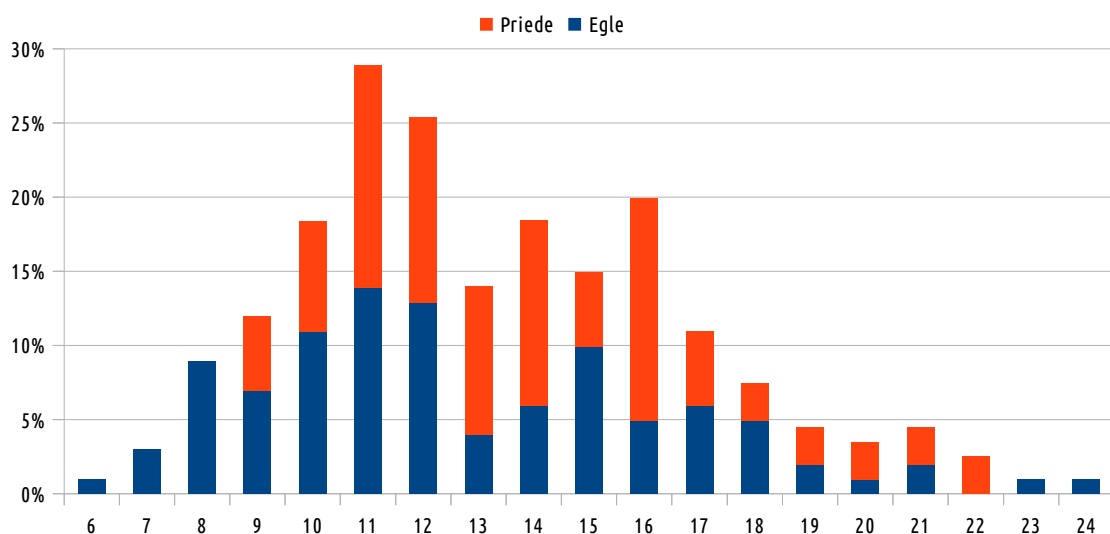


Att. 23: Bojājumu īpatsvars pa darba metodēm.

Visvairāk bojāto koku ir 11 cm caurmēra pakāpē, kā arī 10 un 12 cm caurmēra pakāpē. Tas skaidrojams ar paliekošo koku caurmēra sadalījumu, kur atbilstošā caurmēra koki izteikti dominē (Att. 24 un Att. 25). Salīdzinot paliekošo un bojāto koku caurmēra sadalījumu, nav konstatēta būtiska atšķirība ( $p > 0,05$ ). Tas liecina, ka visu caurmēra pakāpju koki tiek bojāti ar vienādu biežuma intensitāti.

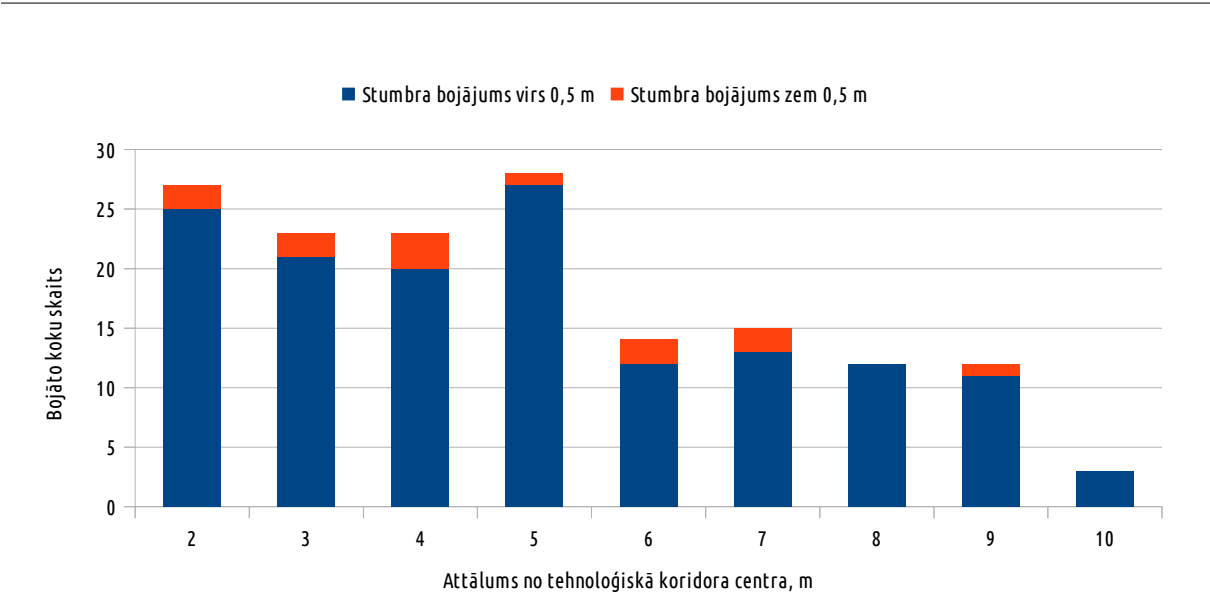


Att. 24: Saglabājamo koku īpatsvars pa sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.



Att. 25: Izstrādes laikā bojāto koku īpatsvars pa caurmēra pakāpēm sadalījumā pa cirmām.

Visvairāk virs 0,5 m bojāto paliekošo koku, jeb 19 % no kopējā virs 0,5 m bojāto koku skaita, konstatēti 5 metru attālumā no tehnoloģiskā koridora centra. Salīdzinoši liels īpatsvars jeb 17 % no virs 0,5 m bojātajiem kokiem atrodas 2 m attālumā no tehnoloģiskā koridora centra. 4 un 3 m attālumā no tehnoloģiskā koridora centra atrodošies paliekošie koki bojāti attiecīgi 15 un 13 % apmērā no kopējo paliekošo koku skaita. Pieaugot attālumam no tehnoloģiskā koridora centra līdz paliekošajiem kokiem, virs 0,5 m konstatēto bojājumu īpatsvars samazinās. 23 % no paliekošajiem, kokiem, kuriem bojājums konstatēts zem 0,5 m, attālums līdz tehnoloģiskā koridora centram ir 4 m. Līdzīgs bojājumu zem 0,5 m īpatsvars, 15 %, vērojams gan 2-3 m, gan 4-7 m attālumā no tehnoloģisko koridoru centra.



Att. 26: Paliekošo koku bojājumu skaits attiecībā pret tehnoloģiskā koridora centru.

Biomisas raksturojums

Pētījumā noteikts sagatavoto šķeldu frakcionālais sastāvs, mitruma saturs, pelnu saturs un bēruma blīvums.

Izstrādātās koksnes raksturojums

Saskaņā ar SIA “VMF Latvia” uzmērījumu datiem pētījumā sagatavotais bruto apaļkoksnes daudzums bija 316 m³ jeb 342 tonnas; attiecīgi, neto piegādātais apaļkoksnes daudzums 307 m³, brāķis 10 m³. Nenoteiktība 0,8 tonnas. Vidējā krava 28 ± 0,7 m³ (31 ± 0,8 tonnas). Vidējais tilpīguma koeficients 0,47.

Tab. 10: Izmēģinājumos sagatavotie sortimenti atbilstoši harvestera uzskaitēi

Kvartāls	Sortimenta kods	B	E	P	Kopā
455	14 X 18		1,3		1,3
	PM	3,5			3,5
	TM	1,5	143,9	3,4	148,7
	Kopā	5,0	145,1	3,4	153,5
479	10 X 14		2,1	4,7	6,8
	14 X 18		0,4	2,6	2,9
	PM	1,9			1,9
	PMSK		5,8	7,4	13,1
	TM	0,3	22,3	49,4	71,9
	Kopā	2,1	30,6	64,0	96,7
481	10 X 14		1,2	0,9	2,1
	14 X 18		0,5	0,2	0,7
	PM	0,1			0,1
	PMSK		5,9	1,3	7,3
	TM	0,1	11,1	6,5	17,7
	Kopā	0,1	18,8	9,0	27,9

Kvartāls	Sortimenta kods	B	E	P	Kopā
Pavisam kopā		7,2	194,5	76,4	278,1

Tab. 11: Izmēģinājumos sagatavoto šķeldu mērīšanas rezultāti

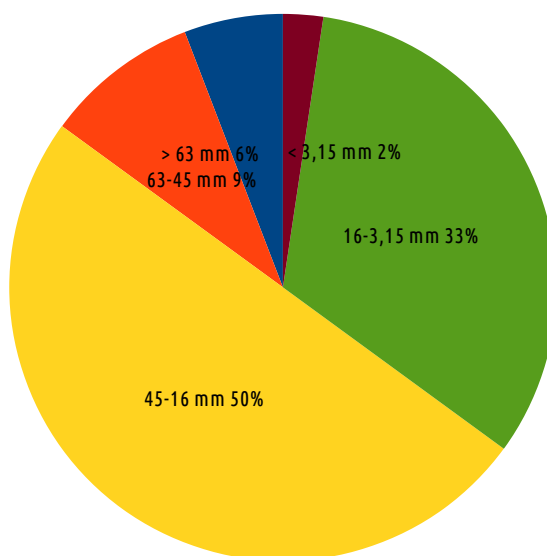
Sortiments	Šķeldas, ber. m <sup>3</sup>	Dabiski mitra biomasa, t	Īpatsvars no kopapjoma, % (m <sup>3</sup> )	Īpatsvars no kopapjoma, % (t)	Koeficients, ber. m <sup>3</sup> .
Iegūta šķelda	854	305	88	89	2,70
Iegūta miza	118	37	12	11	0,37
Kopā	972	342	100	100	3,07

## Šķeldu kvalitātes novērtējums

Šķeldu paraugs ievākts 16.04.2013 šķeldošanas laikā. Šķeldu kvalitātes analīzes veiktas LVMI Silava Meža vides laboratorijā 2013. gada aprīlī.

Relatīvā mitruma saturs šķeldās ir  $57 \pm 2\%$ , absolūtais mitruma saturs ir  $134 \pm 5\%$ . Dabiski mitru šķeldu bēruma blīvums ir  $0,42 \pm 0,01 \text{ kg L}^{-1}$ , šķeldu sausnas bēruma blīvums ir  $0,18 \pm 0,004 \text{ kg L}^{-1}$ . Tas liecina, ka pilnas šķeldu puspiekabes ( $90 \text{ m}^3$ ) kravas masa ir 37 tonnas, tajā skaitā 16 tonnas koksnes un 21 tona ūdens, bet 1 ber. m<sup>3</sup> šķeldu sver 0,42 tonnas. Pārreķinu koeficients no cieškubikmetriem (ar mizu) uz berkubikmetriem ir 2,35, t.i. no 1 m<sup>3</sup> var sagatavot 2,35 ber. m<sup>3</sup> šķeldu. Biokurināmā siltumspēja ir 0,9 MWh ber. m<sup>3</sup> primārās enerģijas izteiksmē. Jāņem vērā, ka bēruma blīvums kravā var atšķirties no analītiski noteiktā rādītāja, jo to ietekmē šķeldotāja veids, šķeldošanas apstākļi un koksnes īpašības.

Lielākās šķeldu frakcijas ir 45-16 mm un 16-3,15 mm (kopā 83 % no masas), smalkā frakcija, kas apgrūtina meža šķeldu izmantošanu nelielās katlumājās ir tikai 2 % (Att. 28). Tas liecina, ka jaunaudžu kopšanā sagatavotās šķeldas der jebkāda veida šķeldu katliem. Saskaņā ar SIA "Graanul Pellets" sniegto informāciju šādas šķeldas der premium klases granulu ražošanai.



Att. 27: Šķeldu frakcijas.

Pelnu saturs šķeldās ir  $0,6 \pm 0,05\%$ . Koksne ar šādu pelnu saturu ir ideāls materiāls premium klases granulu ražošanai.

Pētījumā ievākti arī koksnes paraugi mitruma satura noteikšanai svaigi zāgētā koksne (30 šķērsriezuma ripas no svaigi zāgētu apaļu kokmateriālu ar resgaļu caurmēru



8 - 10 cm vidusdaļas). Saskaņā ar šo paraugu analīžu rezultātiem svaigi relatīvais mitruma saturs svaigi zāgētā koksnē ir  $60 \pm 5 \%$ . Statistiski būtiska atšķirība no mitruma satura šķeldās nav konstatēta. Nosacītais koksnes blīvums iegūtajos paraugos ir vidēji  $0,43 \pm 0,04 \text{ kg L}^{-1}$ .

## Darba laika uzskaites rezultāti

Izmēģinājumā veikta izstrādes, pievešanas un ceļu transporta darba laika uzskaitē. Izstrādes darba laika uzskaitē veikta katram krāna ciklam atsevišķi. Pievešanas darba laika uzskaites veikta, summējot vienai kravai patērēto darba laiku sadalījumā pa darba laika elementiem. Pievešanas laikā noteikta visu uz augšgala krautuvī un pie patērētāja nogādāto kravu masa.

### Izstrādes darba ražīgums

Izstrādes izmēģinājumi veikti no 26.02.2013 līdz 12.03.2013. Diennakts vidējā gaisa temperatūra izstrādes laikā bija  $1,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , kas ir par  $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  augstāka, nekā vidēji pēdējo 10 gadu laikā. Pirmajā darba nedēļā pirmās trīs izstrādes izmēģinājumu dienas bija bez nokrišņiem ar salīdzinoši augstu gaisa temperatūru. Pirmās darba nedēļas pēdējā darba dienā, kaut arī vidējā gaisa temperatūra kritās, laiks joprojām saglabājās salīdzinoši silts (virs  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) un bija vērojami nelieli nokrišņi. Otrās darba nedēļas sākumā vidējā gaisa temperatūra bija noslīdējusi līdz  $-1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , tomēr nākošajās divās dienās vidējā diennakts gaisa temperatūra paaugstinājās. Darba nedēļas otrā pusē gaiss kļuva vēsāks. Nokrišņi otrajā darba nedēļā novēroti netika. Trešā darba nedēļa sākās bez nokrišņiem un ar zemu gaisa temperatūru, kas saglabājās līdz izstrādes darbu beigām.

Izstrādes darbu veica 2 maiņās, nepārtraucot darba laika uzskaiti nevienā maiņā. Kopējais izstrādes izmēģinājumos pavadītais darba laiks 96 stundas (kopā 11 darba dienas), neskaitot pārtraucienus starp izmēģinājumu objektiem un ilgākus pārtraukumus darbā, kas saistījās ar tehnikas remontu, produktīvais darba laiks 72 stundas. Kopējā izstrādātā biomasas atbilstoši pievedējtraktoru svērumu datiem 134 tonna sausnas (334 tonnas dabiski mitra materiāla), izstrādātā krāja ar mizu –  $352 \text{ m}^3$ .

Pētījums veikts, izstrādājot jaunaudzes ar piecām darba metodēm:

1. harvesters gatavo darba uzdevumā noteiktos sortimentus, tehnoloģiskās koksnes tievgaļa caurmēram jābūt sākot no 50 mm, ciršanas atliekas netiek vāktas, netiek izmantota paketēšanas funkcija;
2. harvesters gatavo darba uzdevumā noteiktos sortimentus, tehnoloģisko koksni gatavo no koku galotnēm un stumbriem no kuri nav atbilstoši papīrmalkas sortimenta gatavošanai, sausajiem kokiem, nolauztām galotnēm, tehnoloģiskās koksnes tievgaļa caurmēram jābūt sākot no 30 mm, daļēji atzarotai, izmanto paketēšanas funkciju;
3. harvesters tehnoloģisko koksni gatavo no visiem stumbriem, kas nav atbilstoši zāģbaļķu sortimenta ( $10 \times 14$  un  $14 \times 18$ ) gatavošanai, tehnoloģiskās koksnes tievgaļa caurmēram jābūt sākot no 30 mm, daļēji atzarotam, izmanto paketēšanas funkciju;
4. harvesters tehnoloģisko koksni gatavo no visiem stumbriem, kas nav atbilstoši zāģbaļķu sortimenta ( $14 \times 18$ ) gatavošanai, tehnoloģiskās koksnes tievgaļa caurmēram jābūt sākot no 30 mm, daļēji atzarotam;
5. harvesters gatavo tikai tehnoloģisko koksni no kokiem, kuru caurmērs ir sākot no 30 mm, sortimentus daļēji atzarojot.

Darba laika uzskaites rezultātu kopsavilkums pievienots 2. pielikumā.

Ar dažādām darba metodēm sagatavoto sortimentu struktūra parādīta Tab. 12. Daļēji atzarotie sīkkoki un malkas kā arī papīrmalkas sortiments ir gatavots 1., 2., 3. un 4.

darba metodē. Sortimentu grupā PAPĪRMALKA apvienota skujkoku un lapkoku papīrmalka. Jaunaudžu kopšanā gatavotie zāģbaļķu sortimenti dalīti atkarībā no tievgaļa caurmēra. 5. darba metodē gatavota tikai enerģētiskā koksne, kas ietver arī malku.

**Tab. 12: Ar dažādām darba metodēm sagatavoto sortimentu grupas**

Darba metodes:	1.	2.	3.	4.	5.
BAĻĶIS (14 X 18)	X	X	X	X	
BAĻĶIS (10 X 14)	X	X	X		
PAPĪRMALKA	X	X	X	X	
MALKA	X	X	X	X	X

Darba laika kopsavilkums sadalījumā pa pielietotajām darba metodēm dots Tab. 13. Atbilstoši pētījuma rezultātiem vidējais tiešais produktīvais darba laiks<sup>15</sup> 1 koka izstrādei ir 24 sekundes, 1 ha izstrādei – 368 minūtes (6 stundas), sortimentu sagatavošanai – 14 minūtes jeb 4 m<sup>3</sup> stundā (Tab. 13). Tiešais produktīvais darba laiks koku apstrādei ir 77 % no kopējā darba laika un 91 % no produktīvā darba laika. Pārbraucieniem (iebraukšana un izbraukšana no cirsmas, tajā skaitā, lai uzpildītu degvielu) aizņēma 8 % no produktīvā darba laika. Pārbraucienu laiku var samazināt, nebraucot no cirsmas maiņas beigās tajos gadījumos, kad nav nepieciešama degvielas uzpilde.

Lielākais darba laika patēriņš 1 koka apstrādei ir 1. darba metodei (Tab. 14). Savukārt, pārrēķinot uz 1 m<sup>3</sup> sagatavošanai nepieciešamo darba laiku, vissliktākais rezultāts iegūts ar 5. darba metodi. Ņemot vērā, ka 5. darba metode pielietota audzēs, kur vidējā koka caurmērs ir par 1 cm mazāks, nekā vidēji pārējos izmēģinājumu variantos, šo rezultātu nevar izskaidrot ar metodes ietekmi, bet gan ar koku dimensiju ietekmi. To apstiprina arī fakts, ka 4. darba metode, kas pēc darba uzdevuma atrodas vistuvāk 5. darba metodei, uzrāda vislabākos darba ražīguma rādītājus.

Att. 28 redzams, ka 1 koka apstrādē, neatkarīgi no darba metodes, visvairāk produktīvā darba laika tiek tērēts sortimentācijai, lai gan 4. darba metodē tas būtiski samazinās. Salīdzinoši liels ir arī darba laika patēriņš sniedzoties pēc koka, kam seko pārbraucieni un ar darbu nesaistītas darbības jeb “nedarbi”. Statistiski būtiska atšķirība darba ražīgumā, apstrādājot 1 koku ( $p < 0,05$ ) starp darba metodēm konstatētas netika, kas, iespējams, saistīts ar salīdzinoši nelielo atkārtojumu skaitu; visā izmēģinājumā nozāģēti 10 722 koki, bet uz 1.-4. darba metodi attiecas 1 720 koki.

**Tab. 13: Darba laika uzskaites kopsavilkums pa cirmām**

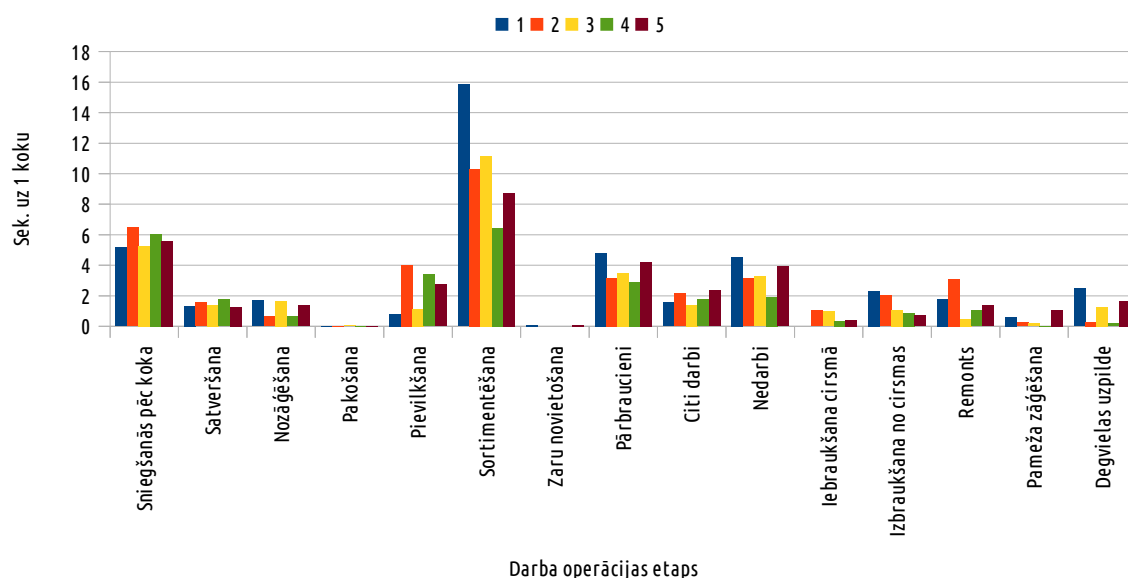
Cirsmas kods	Darba metode	Tiešais produktīvais laiks koka apstrādei, sek.	Tiešais produktīvais laiks 1 ha izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks 1 m <sup>3</sup> izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks, m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
503-455-13	5	23,5	225,6	15,1	4,0
503-455-14	5	22,5	448,8	13,4	4,5
503-479-12	1; 2; 3; 4	26,4	533,8	13,2	4,6
503-481-6	1; 2; 3; 4	26,1	263,8	15,3	3,9
<b>Vidēji cirmās</b>		<b>24,0</b>	<b>368,0</b>	<b>13,7</b>	<b>4,4</b>

**Tab. 14: Darba laika uzskaites kopsavilkums pa darba metodēm**

Darba metode	Tiešais produktīvais laiks koka apstrādei, sek.	Tiešais produktīvais laiks 1 m <sup>3</sup> izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks, m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Tiešais produktīvais laiks, stundā apstrādāti koki
1	30,9	14,4	4,2	116
2	28,0	12,9	4,6	128
3	25,2	13,2	4,6	143

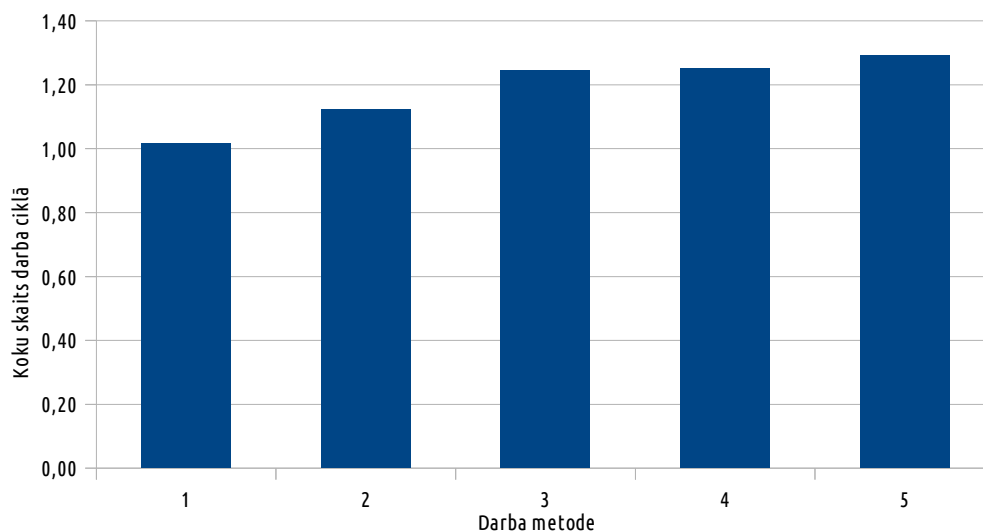
<sup>15</sup> Vidējais tiešais produktīvais laiks ir produktīvais darba laiks, izņemot iebraukšanu cirmā un izbraukšanu no cirsmas.

Darba metode	Tiešais produktīvais laiks koka apstrādei, sek.	Tiešais produktīvais laiks 1 m <sup>3</sup> izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks, m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Tiešais produktīvais laiks, stundā apstrādāti koki
4	22,9	11,6	5,2	158
5	26,5	16,4	3,7	137



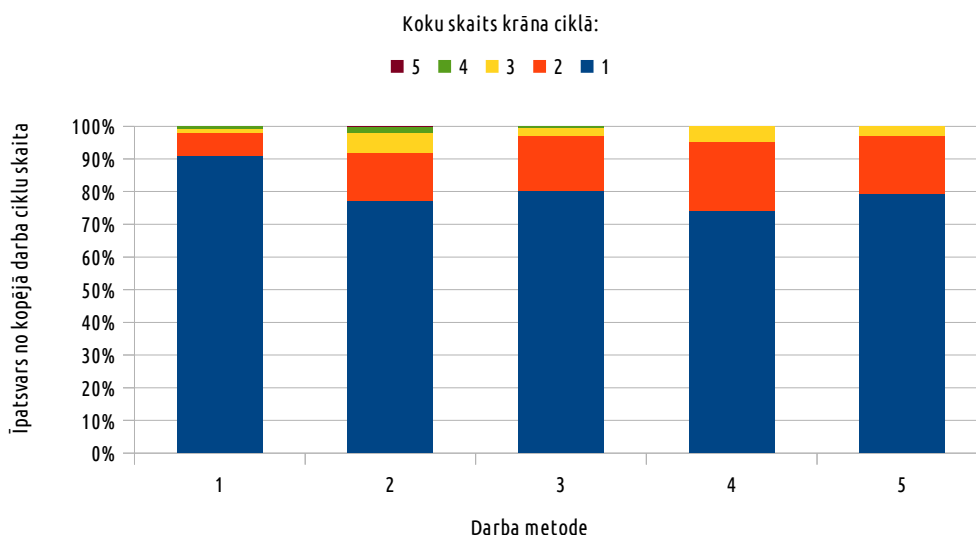
**Att. 28: Darba laika patēriņa sadalījums dažādām darba metodēm.**

Savukārt analizējot produktīvā darba laika patēriņu 1 koka apstrādei sekundēs atkarībā no darba metodes un vidējā koka diametra, jāsecina, ka starp 1. un 4. darba metodi, 2. un 4. darba metodi, 3. un 4. darba metodi, kā arī starp 4. un 5. darba metodi tika konstatētas statistiski būtiskas atšķirības ( $p < 0,05$ ) produktīvā darba laika patēriņā sekundēs 1 koka apstrādei. Minētās atšķirības skaidrojamas ar to, ka 4. darba metodei produktīvais darba laiks sekundēs 1 koka apstrādei ir vismazākais, kā arī vismazākais ir produktīvais darba laika patēriņš minūtēs 1 m<sup>3</sup> izstrādei. Tas liecina, ka pakotēšanas funkcijas izmantošana un lielāks darba ciklu skaits ar pakotēšanas funkcijas izmantošanu (Att. 29) ļauj palielināt darba ražīgumu.

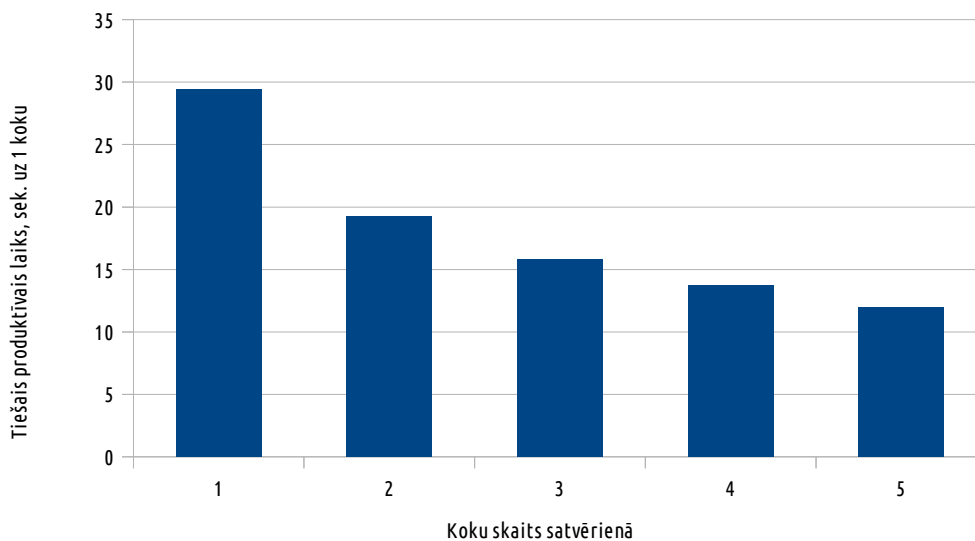


**Att. 29: Vidējais koku skaits darba ciklā.**

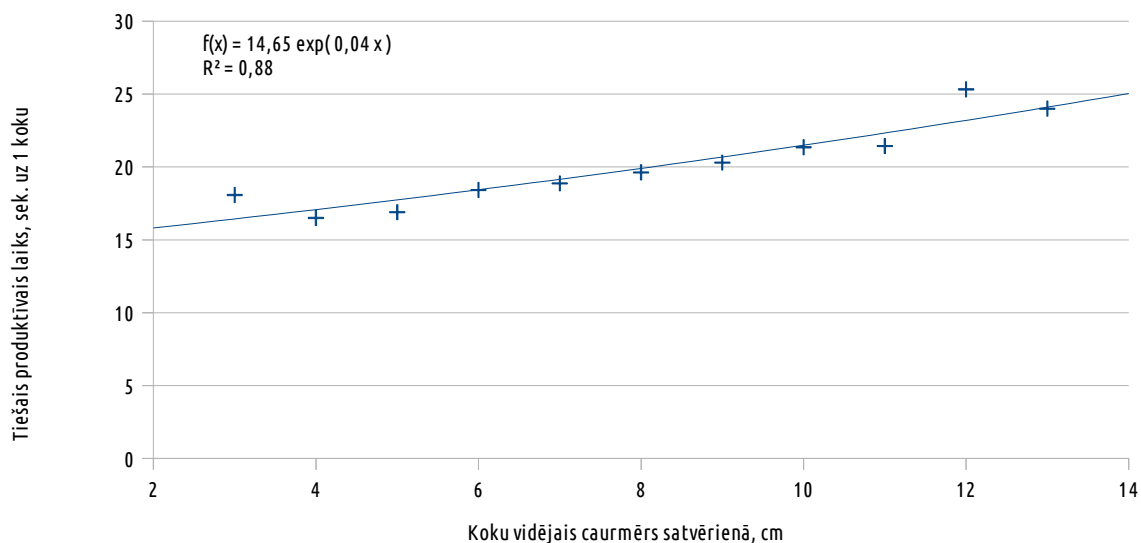
Att. 30 redzams, ka 80 % krāna ciklu ir ar 1 koku un līdz 20 % (2.-5. darba metodes) ar 2 kokiem satvērienā. Ja katrā krāna ciklā būtu vidēji 2 koki, darba laika patēriņš, salīdzinot ar katra koka apstrādi, samazinātos līdz pat 35 %, bet, ja krāna ciklā apstrādātu vidēji 3 kokus, darba laika patēriņš samazinātos līdz pat 46 % (Att. 31). Protams, ka darba ražīguma pieaugumu bremzētu pieaugošās pakējamā koku dimensijas, kā tas redzams Att. 32. Darba laika patēriņa pieaugumu, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām var raksturot ar eksponenciālu regresijas vienādojumu.



**Att. 30: Krāna ciklu ar dažādu koku skaitu īpatsvars.**

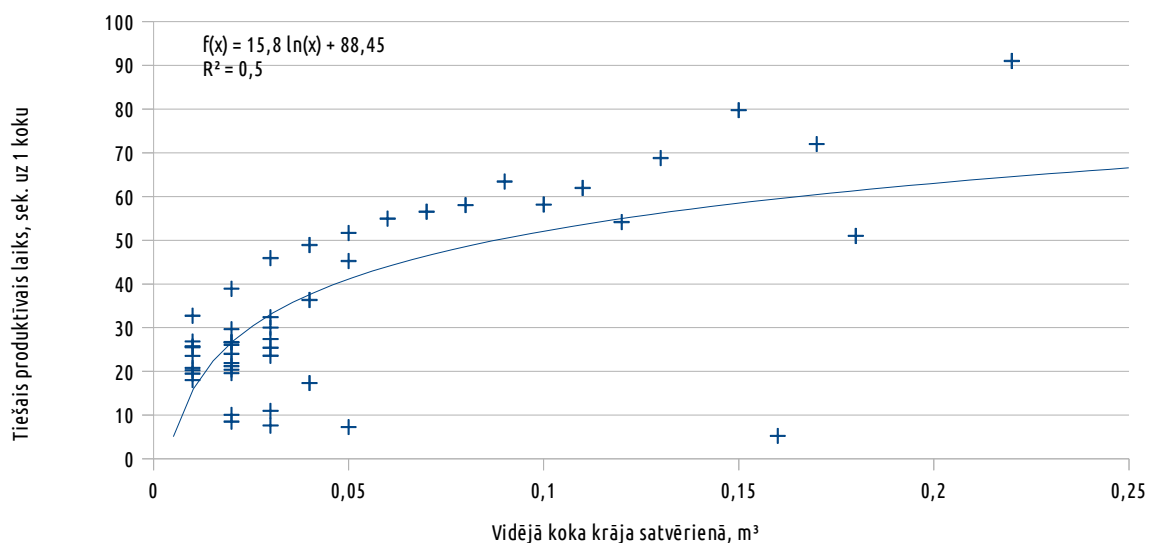


Att. 31: Darba laika patēriņš atkarībā no koku skaita krāna ciklā.



Att. 32: Darba laika patēriņa pieaugums 2 koku vienlaicīgai apstrādei atkarībā no satverto koku vidējā caurmēra.

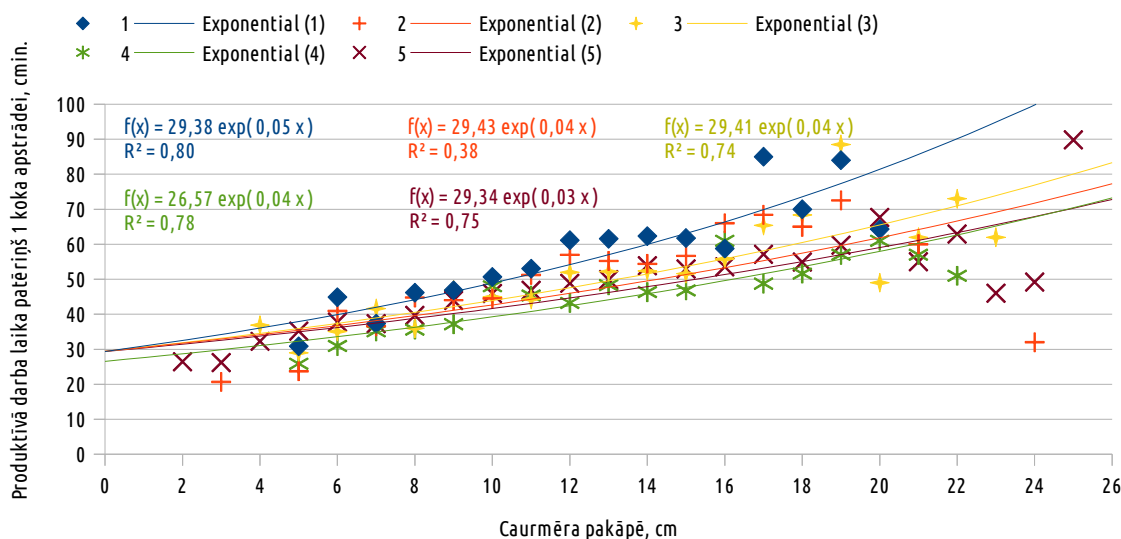
Salīdzinot vidējā koka stumbra tilpumu un darba laika patēriņu neatkarīgi no darba metodes (Att. 33), vērojama ļoti vidēji izteikta korelācija. Pieaugot vidējā koka tilpumam, palielinās darba laika patēriņš 1 koka apstrādei. Šo sakarību vislabāk raksturo logaritmiska regresija.



**Att. 33: Sakarība starp vidējā koka stumbra tilpumu un 1 koka apstrādei patērējamo laiku.**

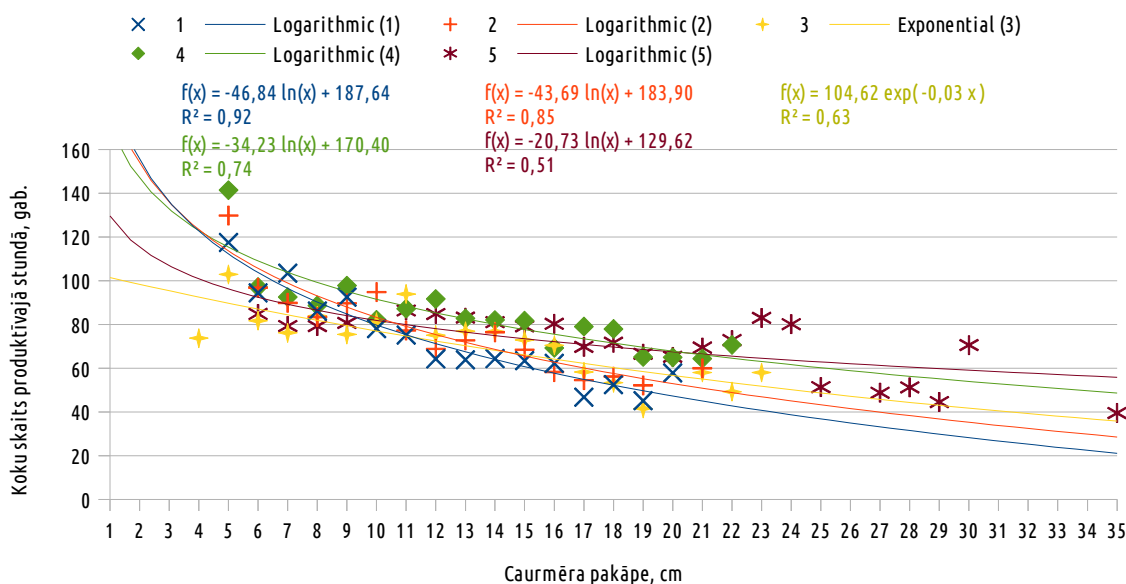
Novērtējot dažādu dimensiju koku izstrādei patērēto darba laiku dažādās darba metodēs (Att. 34), 1., 3., 4. un 5. metodei konstatēta cieša eksponenciāla sakarība starp koka caurmēru un darba laika patēriņu. Izmantojot 2. darba metodi, sakarība starp koka caurmēru un darba laika patēriņu ir vāja.

Visvairāk produktīvā darba laika 1 koka apstrādei patērē, strādājot ar 1. darba metodi; pieaugot vidējā izstrādājamā koka caurmēra pakāpei, strauji pieaug produktīvā laika patēriņš 1 koka apstrādei. Izmantojot 3. un 5. darba metodi, produktīvā darba laika patēriņš atkarībā aug no diametra, tomēr darba laika patēriņa pieaugums, salīdzinājumā ar 5. darba metodi, nav tik straujš. Savukārt, 4. darba metodē produktīvais darba laiks 1 koka apstrādei ir visīsākais, attiecīgi, produktīvā darba laika patēriņa pieaugums viena koka apstrādei, pieaugot vidējā izstrādājamā koka caurmēram, palielinās salīdzinoši lēni.



Att. 34: Vienādojumi, kas raksturo darba laika patēriņu 1 koka apstrādei pa darba metodēm.

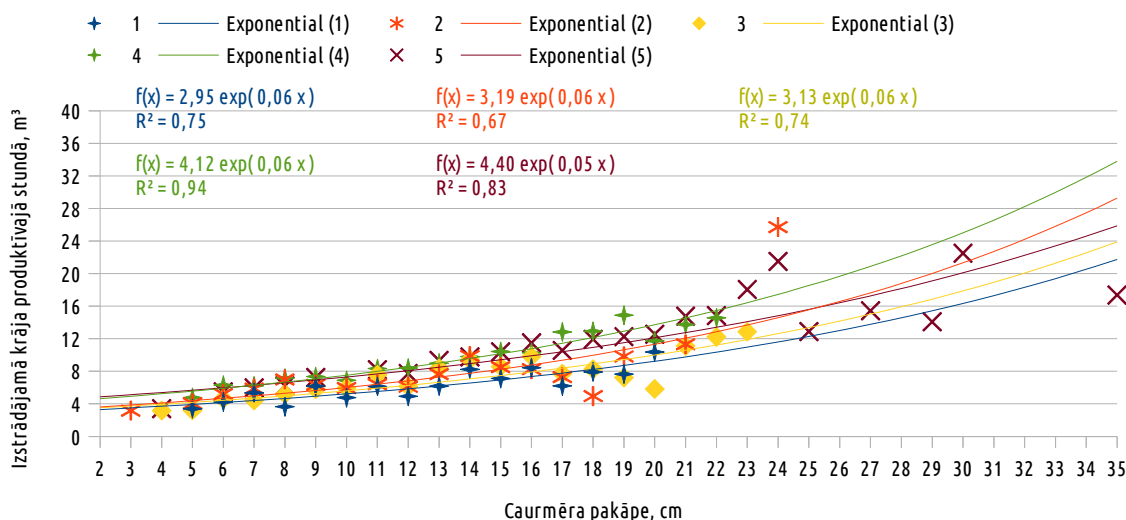
Cieša logaritmiska sakarība starp izstrādāto koku skaitu produktīvajā stundā un vidējā koka caurmēra pakāpi pastāv visās darba metodēs (Att. 35). Tas liecina, ka koku caurmērs ir viens no galvenajiem ražīgumu noteicošajiem faktoriem jaunaudžu kopšanā. Izmantojot 1. darba metodi vidējā koka caurmēra pieaugums strauji samazina produktīvajā stundā izstrādājamo koku skaitu. Pārējām darba metodēm produktivitātes kritums nav tik iztikts.



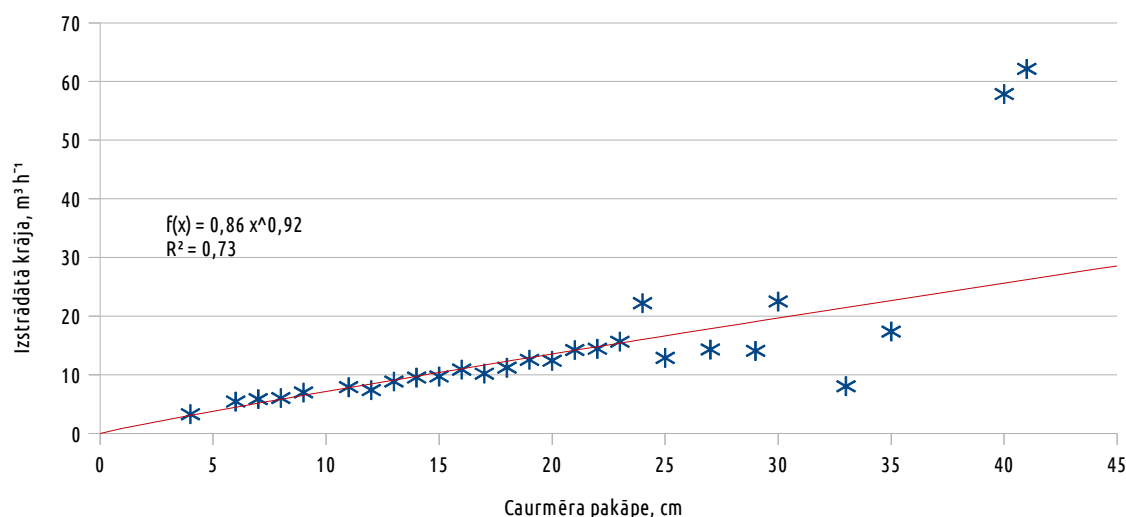
Att. 35: Vienādojumi, kas raksturo produktīvajā darba stundā apstrādājamo koku skaitu pa darba metodēm.

Pārreķins uz produktīvajā stundā izstrādājamo krāju parādīts Att. 36. Grafikā redzams, ka starp vidējā koka caurmēra pakāpi un izstrādājamo krāju produktīvajā stundā cieša eksponenciāla sakarība vērojama izmantojot 1., 2. un 4. darba metodi. Izmantojot 2. un 4. darba metodi, vērojama vidēji cieša sakarība starp minētajiem faktoriem.

Visstraujākais produktīvajā stundā izstrādājamās krājas pieaugums, pieaugot vidējā koka caurmēram, vērojams strādājot ar 4. metodi. Strādājot ar 5. darba metodi, pieaugot vidējā koka caurmēra pakāpei, nav vērojams straujš produktīvajā stundā izstrādājamās krājas pieaugums. Līdzīga situācija vērojama arī strādājot ar 2., 3. un 1. darba metodi. Pētījumā vidējā koka caurmērs svārstījās no 2 cm līdz 35 cm, attiecīgi, arī darba ražīguma vienādojumi, kas parādīti Att. 35 un Att. 36, izmantojami šajā diapazonā. Ja neņem vērā darba metodes ietekmi, vidējais darba ražīgums atkarībā no izstrādājamo koku caurmēra atbilst Att. 37 dotajam pakāpes regresijas vienādojumam.



Att. 36: Vienādojumi, kas raksturo produktīvajā darba stundā izstrādājamo krāju, atkarībā no darba metodes.

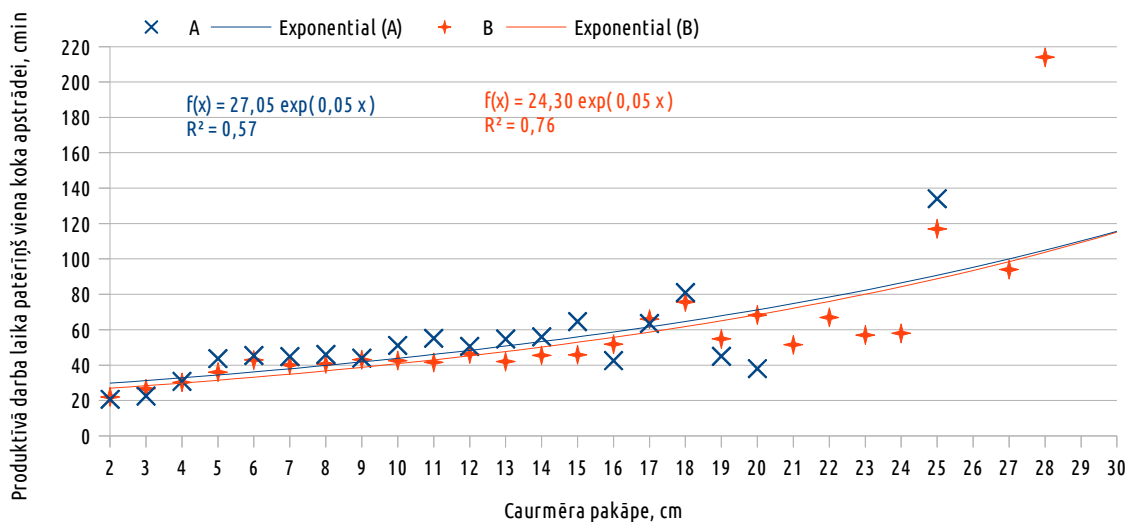


Att. 37: Produktīvajā darba stundā sagatavojamā krāja atkarībā no vidējā koka caurmēra.

Viens no iespējamiem darba ražīgumu ietekmējošiem faktoriem ir operators. Izmēģinājumā piedalījās 2 operatori, kuru darba ražīguma rādītāji, apstrādājot dažādu dimensiju kokus, parādīti Att. 38. Abu operatoru darba ražīgumu būtiski ietekmē koka

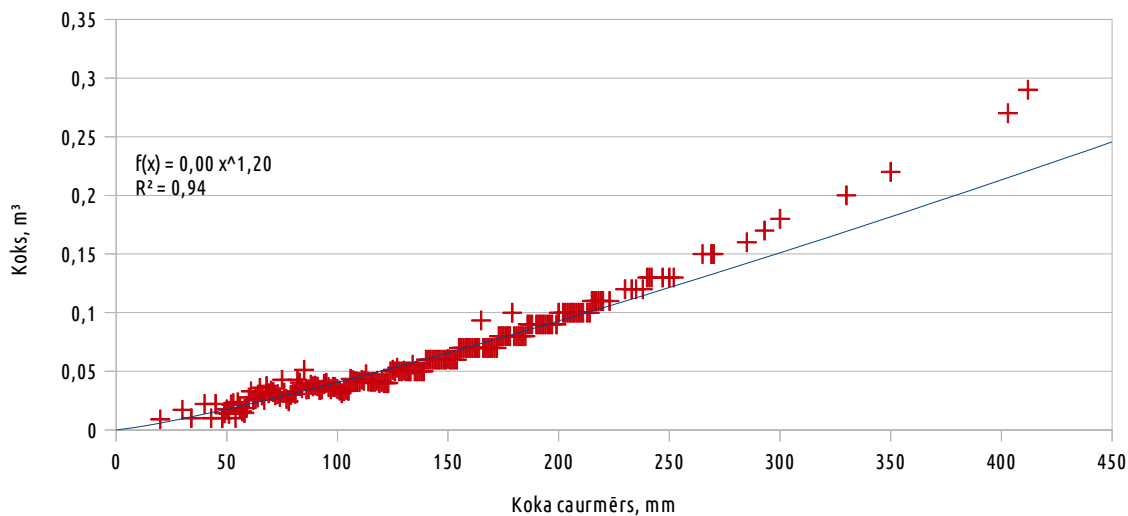


dimensijas un, pieaugot vidējā koka caurmēram, palielinot darba laika patēriņu uz 1 koku. Statistiski būtiska atšķirība ( $p < 0,05$ ) starp operatoriem A un B nav konstatētas.

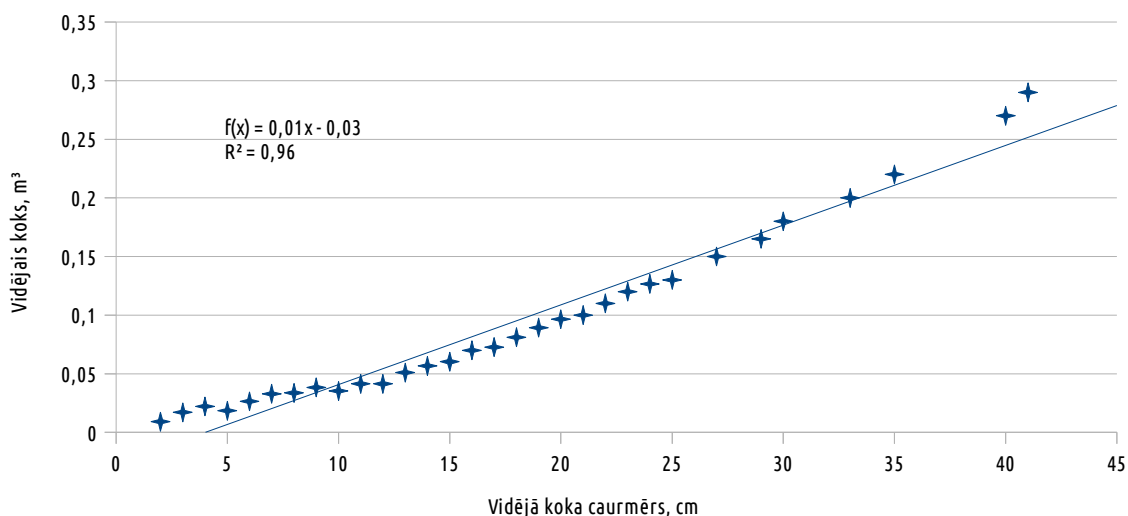


**Att. 38: Vienādojumi, kas raksturo darba laika patēriņu 1 koka apstrādei atkarībā no operatora.**

Atsevišķa koka krājas aprēķinos, pārejai no caurmēra uz stumbra krāju izmantots Att. 39 dotais pakāpes regresijas vienādojums. Attiecinot šo sakarību uz atsevišķu audzi, iegūst izteiktu lineāru sakarību starp vidējā koka caurmēru un vidējā koka krāju (Att. 40). Ņemot vērā šo sakarību, pētījumā pieņemts, ka darba ražīguma raksturošanai pašizmaksas modeļos izmantojami regresijas vienādojumi no Att. 35. Vidējā darba ražīguma rādītāja izmantošana nebūtu korekta, jo, atkarībā no koka dimensijas, to var izstrādāt tikai biokurināmajam vai arī gatavot dažādus sortimentus, bet darba laika patēriņš abos gadījumos būtiski atšķiras.



Att. 39: Sakarība starp vidējā koka caurmēru un aprēķināto krāju izmēģinājumu objektos.



Att. 40: Sakarība starp vidējā koka caurmēru un vidējā koka stumbra tilpumu izmēģinājumu objektos.

## Pievešanas darba ražīgums

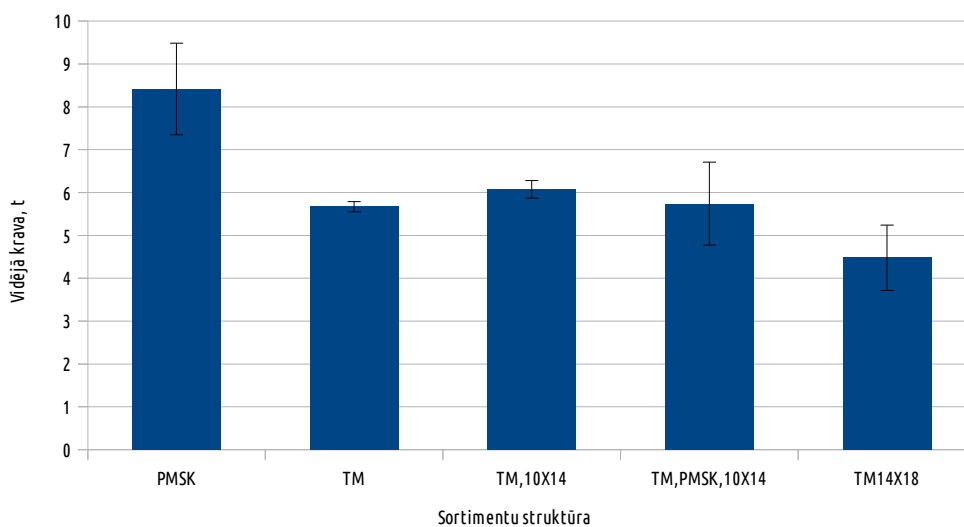
### Pievestais materiāls

Kopā izmēģinājumos pievestas 334 tonnas materiāla, izvestas 298 kravas ar vidējās kravas masu 5,8 tonnas. Lielākā krava bija 9,5 tonnas, mazākā attiecīgi 3,2 tonnas. Svēršanas rezultātu kopsavilkums pievienots 3. pielikumā. Dažādos izmēģinājumu variantos pievesto kravu apjoms parādīts Tab. 15. Statistiski būtiska atšķirība starp dažādām metodēm nepastāv, tomēr vērojama tendence, ka darba metodēs ar lielāku biokurināmā īpatsvaru, kravas ir mazākas.

Tab. 15: Vidējā krava dažādos izstrādes variantos.

Darba metode	Vidējā krava, m <sup>3</sup>
1	5,8 ± 2,1
2	6,5 ± 0,6
3	5,0 ± 1,3
4	4,4 ± 0,7
5	5,3 ± 0,2
Vidēji	5,3 ± 0,3

Salīdzinoši vislielākās pievestā materiāla kravas (vidēji 8,4 tonnas) ir skuju koku papīrmalkai. Tām seko tehnoloģiskās koksnes un sīkbaļķu kravas ar vidēji 6,1 tonnu. Būtiski neatšķiras jauktās kravas, ko veido tehnoloģiskā koksne, skuju koku papīrmalka un sīkbaļķi un tehnoloģiskās koksnes kravas (vidēji 5,7 un 5,7 tonnas). Jaukto tehnoloģiskās koksnes un baļķu kravu vidējā masa ir 4,5 tonnas. (Att. 41).

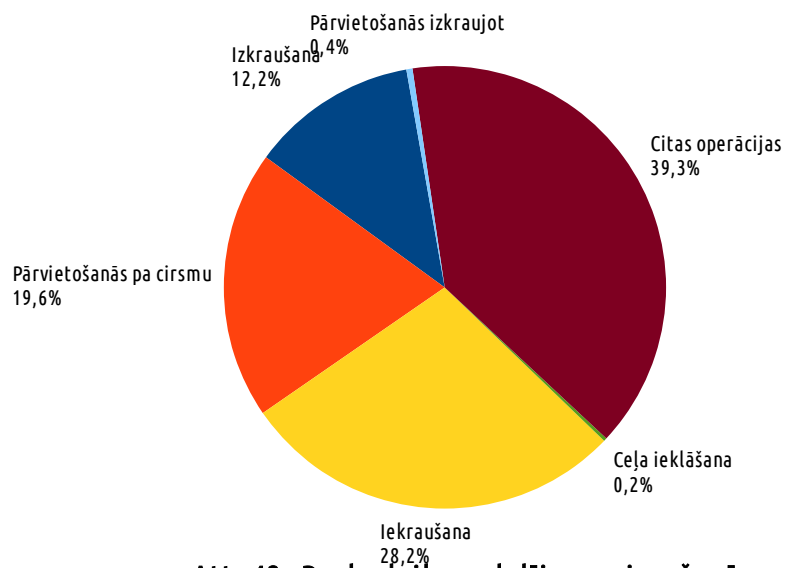


Att. 41: Vidējās kravas masa.

#### Pievešanas ražīguma rādītāji

Pievešanas darba laika uzskaitē sastāvēja no 6 darba operācijām (Att. 42). Vislielāko īpatsvaru veido "citas operācijas", kas konkrētajā izmēģinājumā bija sniega tīrīšana no sortimentiem un sortimentu meklēšana.

Pievešanas darba laika uzskaites kopsavilkums pa darba metodēm cirsmu griezumā dots 4. pielikumā. Pārreķins minūtēs uz 1 tonnu sausnas dots Tab. 16, bet uz 1 m<sup>3</sup> - Tab. 17. Darba laikā aprēķinā šajās tabulās nav iekļauts iebraukšanas un izbraukšanas laiks. Vidēji 1 tonnas sausnas iekraušanai un izkraušanai nepieciešamas 75 minūtes, bet 1 m<sup>3</sup> iekraušanai un izkraušanai nepieciešamas 1,9 minūtes.



Att. 42: Darba laika sadalījums pievešanā.

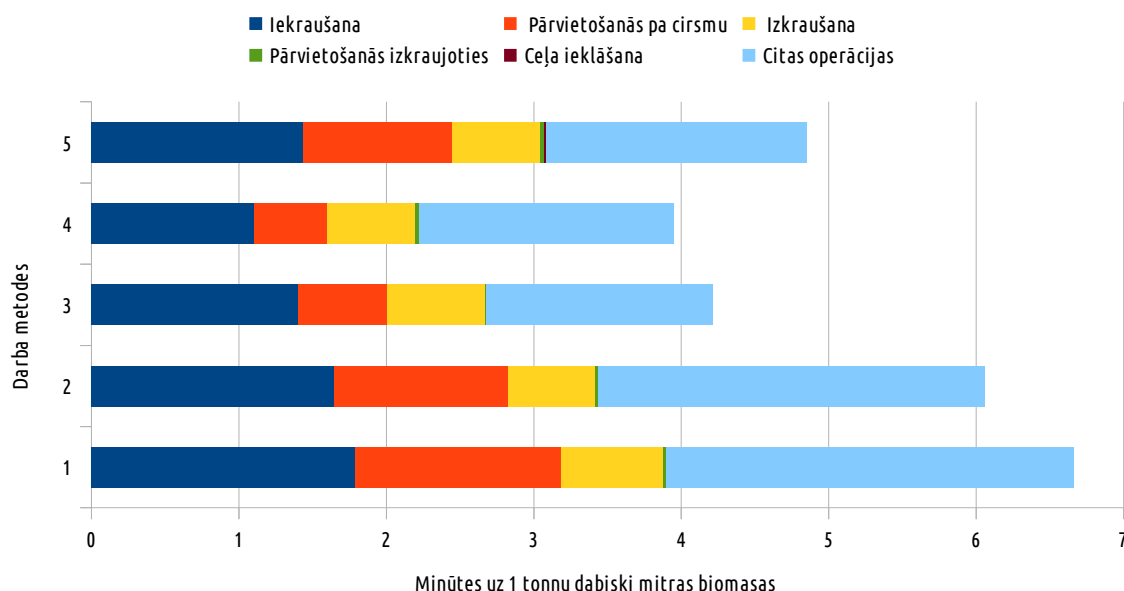
Tab. 16: Darba ražīgums, min. uz 1 tonnu sausas.

Darba metode	Kvartāla Nr.	Kravu skaits	Vidējā krava, tonnas	Iekraušanas cikla laiks, min	Pārvietošanas pa cirsma, min	Izkraušanas laiks, min	Pārbraucieni izkraujoties min	Ceļa ieklāšana, min	Citas operācijas, min	Produktīvais darba laiks iekraušanai, min	Produktīvais laiks izkraušanai, min	Kopējais darba laiks 1 tonnai, min
1	479	3	3,0	3,6	2,2	1,5	0,03	0	6,9	12,8	1,5	14,3
	481	3	2,0	5,3	4,8	2,0	0,08	0	6,9	17,0	2,0	19,0
<b>1. metode</b>		<b>6</b>	<b>2,5</b>	<b>4,5</b>	<b>3,5</b>	<b>1,7</b>	<b>0,06</b>	<b>0</b>	<b>6,9</b>	<b>14,9</b>	<b>1,8</b>	<b>16,7</b>
2	479	3	2,7	3,6	2,4	1,4	0,03	0	6,5	12,5	1,4	13,9
	481	1	2,9	5,1	4,0	1,7	0,06	0	6,7	15,8	1,7	17,5
<b>2. metode</b>		<b>4</b>	<b>2,79</b>	<b>4,1</b>	<b>2,9</b>	<b>1,5</b>	<b>0,04</b>	<b>0</b>	<b>6,6</b>	<b>13,6</b>	<b>1,5</b>	<b>15,1</b>
3	479	6	1,93	3,4	1,5	1,7	0,04	0	3,9	8,9	1,7	10,6
	481	3	2,43	3,7	1,5	1,5	0	0	3,7	8,9	1,5	10,4
<b>3. metode</b>		<b>9</b>	<b>2,1</b>	<b>3,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>0,02</b>	<b>0</b>	<b>3,8</b>	<b>8,9</b>	<b>1,7</b>	<b>10,6</b>
4	479	3	1,79	3,2	1,2	1,9	0,14	0	5,3	9,8	2,0	11,8
	481	3	1,97	2,3	1,3	1,1	0	0	3,3	6,9	1,1	8,0
<b>4. metode</b>		<b>6</b>	<b>1,9</b>	<b>2,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,5</b>	<b>0,07</b>	<b>0</b>	<b>4,3</b>	<b>8,3</b>	<b>1,6</b>	<b>9,9</b>
	455	246	2,3	3,6	2,5	1,5	0,06	0,05	4,4	9,6	1,6	11,2
<b>5. metode</b>		<b>246</b>	<b>2,27</b>	3,6	2,5	1,5	0,06	0,05	4,4	9,6	1,6	11,2
<b>Pavisam kopā</b>		<b>271</b>	<b>2,3</b>	<b>3,6</b>	<b>2,4</b>	<b>1,5</b>	<b>0,06</b>	<b>0,03</b>	<b>4,7</b>	<b>10,1</b>	<b>1,6</b>	<b>11,7</b>

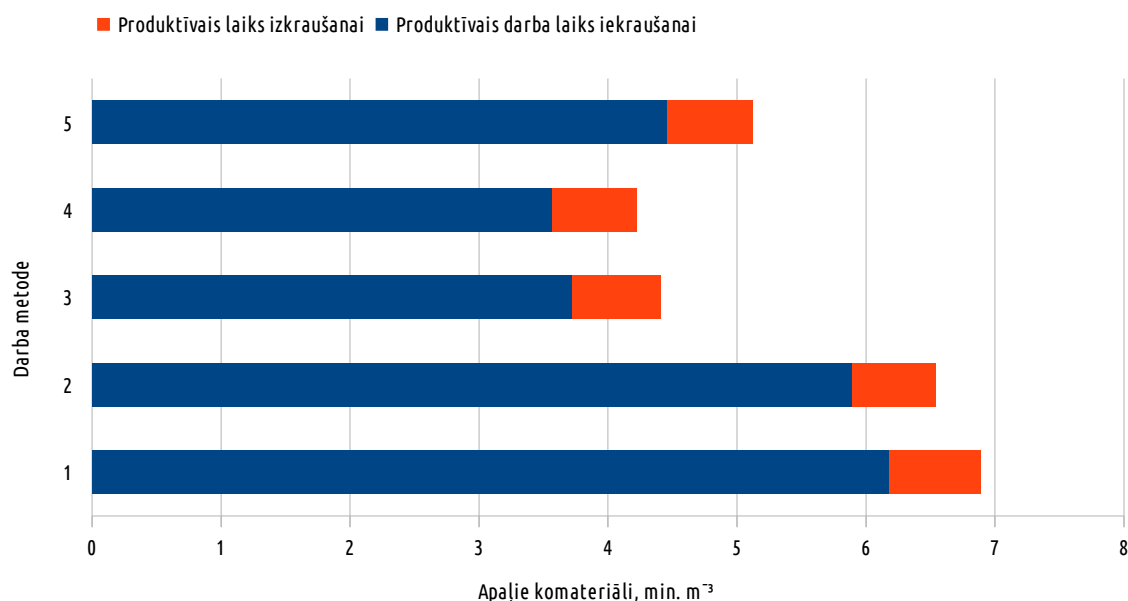
Tab. 17: Darba ražīgums, min. uz 1 m³

Darba metode	Kvartāla Nr.	Vidējā krava, m³	Iekraušanas cikla laiks, min	Pārvietošanās pa cirsma, min	Izkraušanas laiks, min	Pārbraucienā izkraujoties min	Ceļa iekļāšana, min	Citas operācijas, min	Kopējais darba laiks uz 1 m³, min
1	479	8,0	1,4	0,8	0,6	0,01	0	2,6	5,6
	481	5,2	2,0	1,8	0,7	0,03	0	2,6	7,6
<b>1. metode</b>		<b>6,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,02</b>	<b>0</b>	<b>2,6</b>	<b>6,6</b>
2	479	7,2	1,4	0,9	0,5	0,01	0	2,5	5,4
	481	7,6	1,9	1,5	0,6	0,02	0	2,5	6,9
<b>2. metode</b>		<b>7,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,1</b>	<b>0,6</b>	<b>0,02</b>	<b>0</b>	<b>2,5</b>	<b>6,0</b>
3	479	5,1	1,3	0,6	0,6	0,01	0	1,5	4,3
	481	6,4	1,4	0,6	0,6	0	0	1,4	4,2
<b>3. metode</b>		<b>5,6</b>	<b>1,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,01</b>	<b>0</b>	<b>1,5</b>	<b>4,2</b>
4	479	4,7	1,2	0,5	0,7	0,05	0	2,0	4,7
	481	5,2	0,9	0,5	0,4	0	0	1,3	3,3
<b>4. metode</b>		<b>5,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,03</b>	<b>0</b>	<b>1,6</b>	<b>4,0</b>
5	455	6,0	1,4	1,0	0,6	0,02	0,02	1,7	5,3
<b>5. metode</b>		<b>6,0</b>	<b>1,4</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>1,7</b>	<b>5,3</b>
<b>Pavisam kopā</b>		<b>6,0</b>	<b>1,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>1,8</b>	<b>5,2</b>

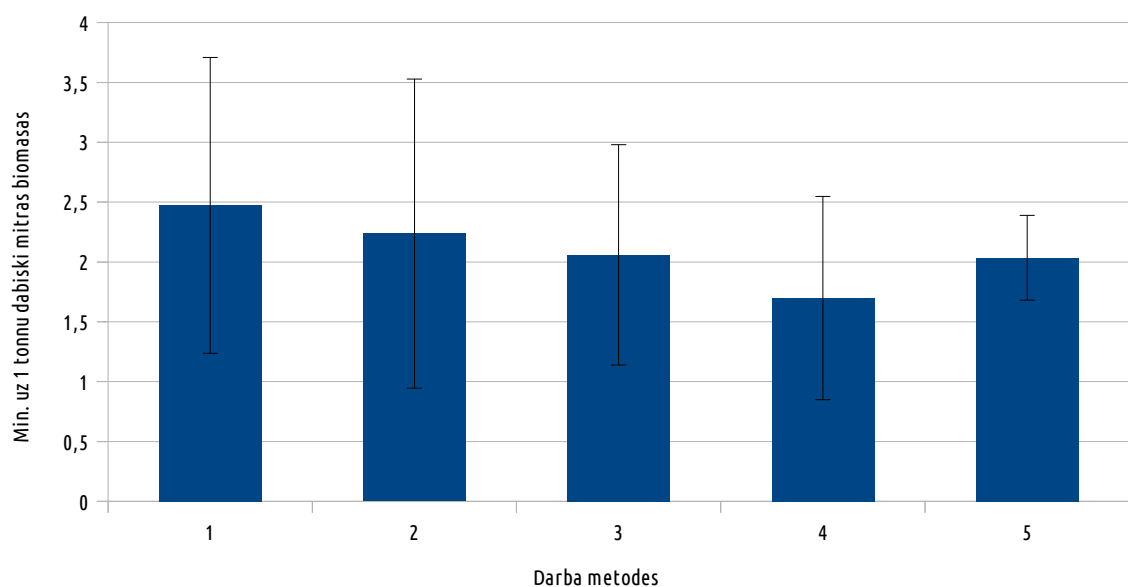
Ar 1. darba metodi izstrādātās biomasas pievešanas laiks minūtēs ir vislielākais (Att. 43). Salīdzinot iekraušanas un izkraušanas darba laiku, būtiskas atšķirības konstatētas iekraušanas laikā (Att. 44). Vienas tonnas iekraušanai un izkraušanai patērētais kopējais darba laiks minūtēs biomasai, kas izstrādāta ar 1. darba metodi ir visilgākais (Att. 45) salīdzinājumā ar citām darba metodēm izstrādātās biomasas iekraušanu un izkraušanu.



Att. 43: Pievešanas darba laika sadalījums pa darba metodēm.



Att. 44: Iekraušanas un izkraušanas darba laika kopsavilkums pa metodēm.



Att. 45: Pievešanas (iekraušanas un izkraušanas) darba ražīguma salīdzinājums pa darba metodēm.

## Ceļu transporta darba ražīgums

### Kokmateriālu kravu tilpīguma analīze

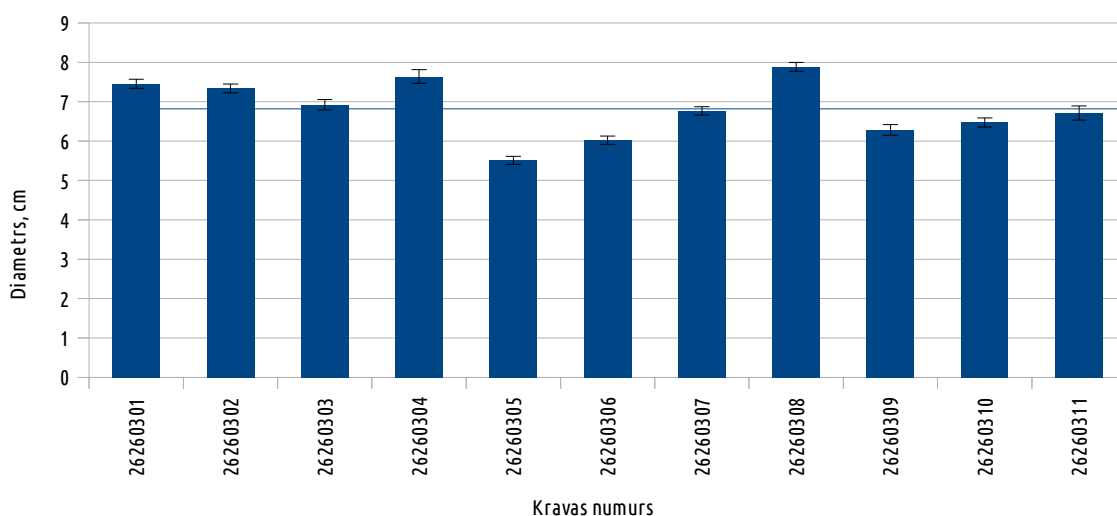
Pievesto kravu raksturojums (nogriežņu skaits, kopējais tilpums, vidējais caurmērs un tilpīguma koeficients) parādīti Tab. 18. Kopējais tilpums aprēķināts kā nošķelta konusa tilpums. Salīdzinājumam, rēķinot pēc vidējā caurmēra, nogriežu kopējais tilpums ir 69,1 m<sup>3</sup>,

bet pēc nošķelta konusa vienādojuma –  $69,6 \text{ m}^3$ , un atšķirība starp abiem rezultātiem nav būtiska. Vidējais caurmērs ir vidējais aritmētiskais starp tievgaļa un resgaļa caurmēru.

**Tab. 18: Kravu raksturojums**

Krava	Nogriežņu skaits, gab.	Kopējais tilpums, $\text{m}^3$	Vidējais caurmērs, cm	Tilpīgums koeficients
26260301	537	7,85	$7,46 \pm 0,11$	0,53
26260302	435	5,98	$7,34 \pm 0,11$	0,45
26260303	531	7,14	$6,92 \pm 0,13$	0,47
26260304	371	6,01	$7,64 \pm 0,17$	0,51
26260305	499	4,11	$5,51 \pm 0,1$	0,37
26260306	640	6,32	$6,02 \pm 0,1$	0,43
26260307	489	5,84	$6,77 \pm 0,1$	0,47
26260308	511	8,21	$7,88 \pm 0,11$	0,55
26260309	588	6,57	$6,28 \pm 0,14$	0,45
26260310	637	7,37	$6,47 \pm 0,11$	0,5
26260311	313	4,17	$6,72 \pm 0,18$	0,47
<b>Visas kravas</b>	<b>5551</b>	<b>69,58</b>	<b><math>6,77 \pm 0,04</math></b>	<b>0,47</b>

Vidējais nogriežņu caurmērs dažādās kravās būtiski atšķiras (Att. 46), taču ar pētniekiem pieejamajiem datiem nevar identificēt kravu piederību noteiktai krautnei.



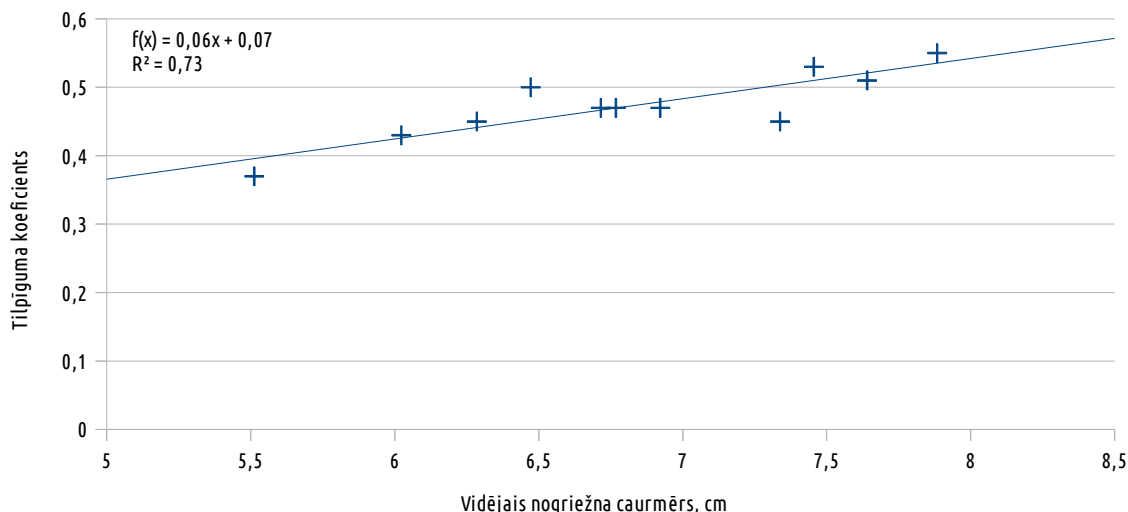
**Att. 46: Vidējā nogriežņa caurmērs dažādās kravās.**

Salīdzinot uzmērījumu datus, konstatēta cieša lineāra sakarība ( $R^2 = 0,73$ ) starp tilpīguma koeficientu un kravas vidējā nogriežņa caurmēru – jo mazāks caurmērs, jo mazāks tilpīguma koeficients (Att. 47). Šādas sakarības izmantošana ir precīzākais rādītājs katrā audzē izstrādātās koksnes tilpīguma koeficienta novērtēšanai. Datus par vidējā nogriežņa caurmēru var iegūt no mežizstrādes mašīnas datnēm, kā arī veicot krautņu uzmērīšanu pēc pievešanas. Jāņem vērā, ka, izmantojot pakošanas funkciju, mežizstrādes mašīnas uzskaitē saglabājas pirmā nozāgētā koka caurmērs, bet reālos darba apstākļos izdevīgāk vispirms nozāgēt tievākos un tad resnākos kokus, tāpēc tajos gadījumos, kad izmantota pakošanas funkcija, mežizstrādes mašīna vienmēr uzrādīs mazāku vidējo nozāgētā koka caurmēru.

Jāņem vērā arī tas, ka vācot sīkkokus, kas nav piemēroti tradicionālajiem apaļkoksnes sortimentiem, un gatavojot no tiem biokurināmo, vidējā koka un, attiecīgi, nogriežņu caurmērs būs mazāks, nekā strādājot ar tradicionālo metodi.



Salīdzinot nozāgēto koku caurmēru 1,3 m augstumā dažādos izstrādes variantos, konstatēts, ka 2.-3. variantā, kuros tehnoloģiskās malkas tievgaļa caurmēru noteica 30 mm, vidējā nozāgētā koka caurmērs ir par 17 % mazāks, nekā 1. variantā (tehnoloģiskās malkas tievgaļa minimālais caurmērs 50 mm). Attiecīgi, var pieņemt, ka 2.-3. variantos arī tilpīguma koeficients būs proporcionāli mazāks, t.i. ja vidējā sagatavotā nogriežņa caurmērs 1. variantā ir 8 cm, 2.-4. variantos tas būs 6,4 cm, bet tilpīguma koeficients 1. variantā būs 0,55, bet 2.-4. variantos – 0,45, t.i. 1. variantā mašīnā ar 60 m<sup>3</sup> kravas tilpumu varēs iekraut 33 m<sup>3</sup>, bet 2.-4. variantos – 27 m<sup>3</sup> kokmateriālu (neskaitot mizu).



Att. 47: Sakarība starp vidējā nogriežņa caurmēru un tilpīguma koeficientu.

## Kokmateriālu sagatavošanas pašizmaksa

Biokurināmā un apaļkoksnes sortimentu sagatavošanas izmaksas sadalītas starp biokurināmā (pieņemot, ka jau augšgala krautuvē tiek gatavotas šķeldas) un apaļkoksnes sortimentiem. Sortimentu struktūras izmaiņas šajā gadījumā neietekmē atsevišķa sortimenta sagatavošanas pašizmaksu.

Aprēķinos izmantotie izmēģinājumu rezultāti ir izstrādes, pievešanas un ceļu transporta darba ražīgums, pievedējtraktora kravas masa un kokvedēja kravas tilpums un masa un sortimentu struktūra. Ņemot vērā, ka koksne no vairākām slejām savesta vienā krautnē, visiem variantiem pieņemts vidējs biokurināmā īpatsvars. Vidējā koka caurmērs dažādās darba metodēs noteikts atbilstoši faktiskajam vidējā nozāgētā koka caurmēram izmēģinājumos. Rādītāji, kas raksturo dažādas darba metodes, ir parādīti Tab. 19. Nozāgēto koku krāja pieņemta visos izmēģinājumos vienāda – 27,8 m<sup>3</sup>. Šis rādītājs neatstāj būtisku ietekmi uz aprēķiniem, jo raksturo tikai platību, ko sezonas laikā var izstrādāt vai pievest 1 mašīna. Visos variantos pievešanas vienāds pievešanas attālums (139 m) un ceļu transporta attālums (149 km), atbilstoši vidējiem rādītājiem projektā.

Tab. 19: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī

Rādītājs	Darba metode			
	1.	2.	3.	4.
Darba ražīgums, koki E <sub>15</sub> stundā	114	126	141	156
Vidējā nozāgētā koka caurmērs, cm	10	10	8	8
Vidējā koka stumbra tilpums, m <sup>3</sup>	0,04	0,04	0,04	0,04
Pievedējtraktora kravas tilpums, m <sup>3</sup>	7	7	6	5

Rādītājs	Darba metode			
	1.	2.	3.	4.
Produktīvais darba laiks iekraušanai, min. kravai	36	38	18	16
Produktīvais darba laiks izkraušanai, min. kravai	4	4	3	3

Vidējās darba stundas izmaksas katrai mašīnai parādītas Tab. 25. Pētījumā salīdzināts apaļkoksnes un šķeldu piegādes scenārijs, tāpēc izmaksu analīzē iekļauta arī šķeldotāja un šķeldu vedēja darba stundas izmaksu aprēķins. Būtiski, ka aprēķinā šķeldu transporta scenārijā izmantots bēruma blīvums, kas iegūts pie patērētāja, uzmērot kaudzi, kas veidojusies šķeldām krītot brīvā kritienā, turpretim, šķeldojot mežā, šķeldas tiek iesviestas konteinerā ar spēku, tāpēc bēruma blīvums ir lielāks. Darbā izmantotie pieņēmumi par šķeldu bēruma blīvumu var ietekmēt rezultātu, palielinot prognozējamo šķeldu pašizmaksu.

**Tab. 20: Darba stundas izmaksas dažādām meža mašīnām**

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs
Izmaksas plānotajā darba stundā, Ls	27	23	23
Izmaksas produktīvajā darba stundā ( $E_{i3}$ ), Ls	40	32	27

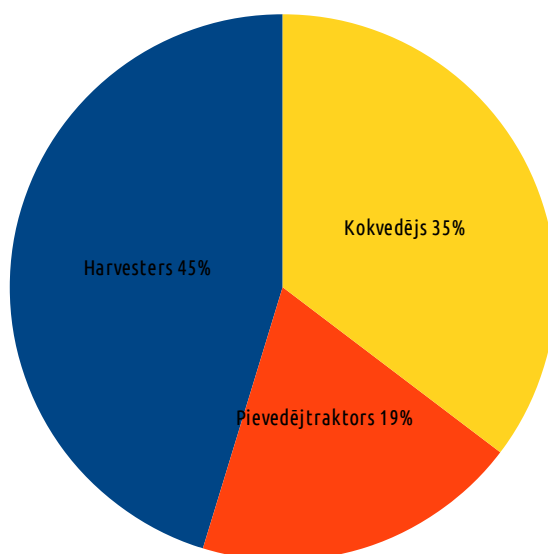
Strādājot ar 1. darba metodi, izmaksas uz 1 m<sup>3</sup> apaļkoksnes sortimentu ir 18,58 Ls, bet uz 1 ber. m<sup>3</sup> šķeldu – 7,08 Ls. Gandrīz puse no apaļkoksnes sortimentu gatavošanas izmaksām ir mežizstrāde (Att. 48).

Salīdzinot šķeldu vedēja un kokvedēja izmantošanu biomasas transportēšanai uz patēriņa vietu, būtiska atšķirība nav konstatēta (attiecīgi, 6,56 un 6,72 Ls m<sup>-3</sup>). Taču nomainot bēruma blīvuma koeficientu no 3,07 ber. m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (uzmērījumu rezultāti patēriņa vietā) uz 2,05 ber. m<sup>3</sup> 1 m<sup>-3</sup> (laboratoriski konstatētais bēruma blīvums grāvju trašu apaugumā sagatavotajām šķeldām), šķeldu transportēšanas izmaksas samazinās līdz 4,49 Ls ber. m<sup>-3</sup>. Attiecīgi, šķeldu transportēšana ir izdevīgāka, nekā apaļkoksnes pārvadāšana, ja neņem vērā patērētāja prasības attiecībā pret mizas piejaukumu šķeldās. Jāņem vērā, ka grāvju trašu apaugumā šķeldas gatavoja no materiāla ar ievērojami lielāku blīvākas lapkoku piejaukumu. Dažādu materiālu pārvadāšanas salīdzināšanu varēs pabeigt pēc laboratorijas testu rezultātu analīzes.

**Tab. 21: Pašizmaksas kopsavilkums 1. darba metodei**

Pozīcija	Operācija					Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apaļkoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana	
Izmaksas, Ls gadā						
Investīcijas	Ls 51 486,01	Ls 39 552,20	Ls 11 180,07	Ls 11 180,07	Ls 26 172,62	Ls 139 571
Personāls	Ls 32 976,07	Ls 27 690,71	Ls 10 673,56	Ls 10 673,56	Ls 21 644,46	Ls 103 658
Apkope un materiāli	Ls 45 747,72	Ls 47 816,39	Ls 24 299,19	Ls 24 299,19	Ls 115 078,69	Ls 257 241
Peļņa (5 %)	Ls 6 510,49	Ls 5 752,97	Ls 2 307,64	Ls 2 307,64	Ls 8 144,79	Ls 25 024
Kopā	Ls 136 720,30	Ls 120 812,27	Ls 48 460,47	Ls 48 460,47	Ls 171 040,56	Ls 525 494
Produktivitāte, apaļkoksnes sortimenti						
m³ produktīvajā darba stundā	4,7	8,9	4,1	-	-	-
m³gadā	1626 <sup>16</sup>	3352 <sup>16</sup>	7384	-	-	-
Produktivitāte, biokurināmais						
ber. m³ produktīvajā stundā	13,0	24,7		12,4	96,5	-
ber. m³ gadā	44923	92627		22131	174682	-
Izmaksu kopsavilkums						
Ls m <sup>-3</sup>	Ls 8,41	Ls 3,60	Ls 6,56			Ls 18,58
Ls ber. m <sup>-3</sup>	Ls 2,74	Ls 1,17		Ls 2,19	Ls 0,98	Ls 7,08

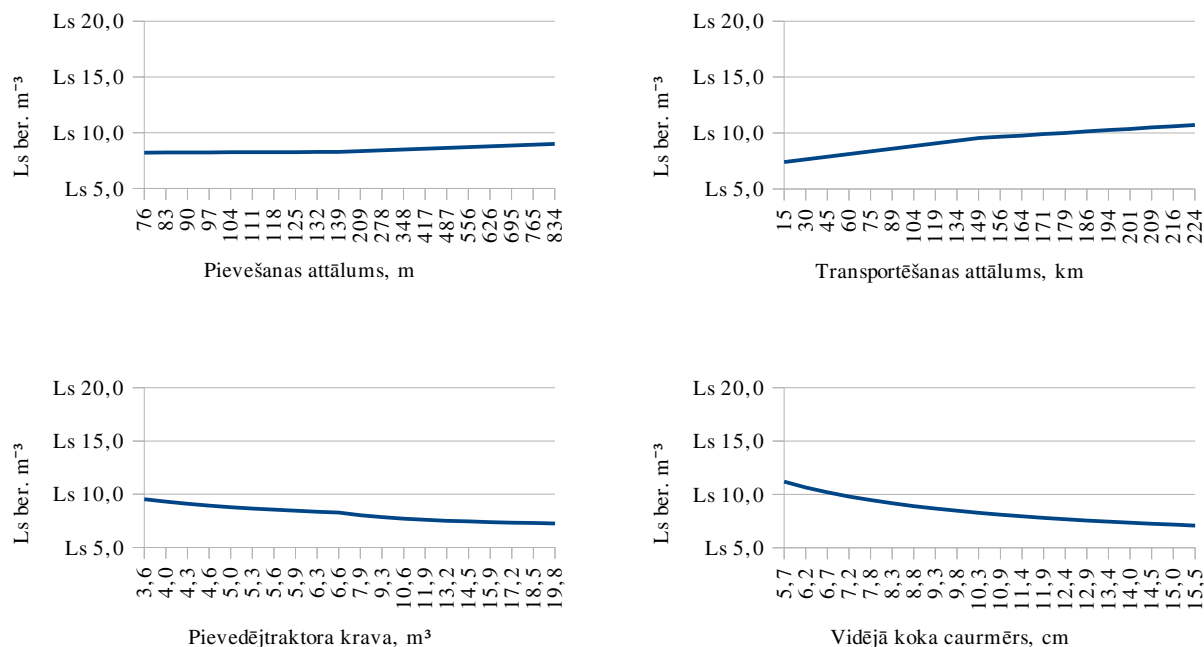
<sup>16</sup> Atbilstoši zāģbaļķu un papirmalkas sortimentu īpatsvaram cirmās.



**Att. 48: Izmaksu struktūra apaļkoksnes sortimentu sagatavošanā.**

Sistēmas jutīguma analīze, ietverot šķeldošanas etapu, rāda, ka lielāko ietekmi uz pašizmaksu atstāj transportēšanas attāluma un vidējā koka caurmēra izmaiņas (Att. 49). Pievešanas attāluma izmaiņas no 100 līdz 900 m, būtiski neietekmē šķeldu pašizmaksu. Tikai būtisks vidējā koka caurmēra pieaugums pietuvina šķeldu pašizmaksu 5 Ls ber. m<sup>-3</sup>.

Vidējās izmaksas 1 ha izkopšanai ir 517 Ls ha<sup>-1</sup>, gatavojot apaļkoksnes sortimentus, un 605 Ls ha<sup>-1</sup>, piegādājot patērētājam šķeldas.



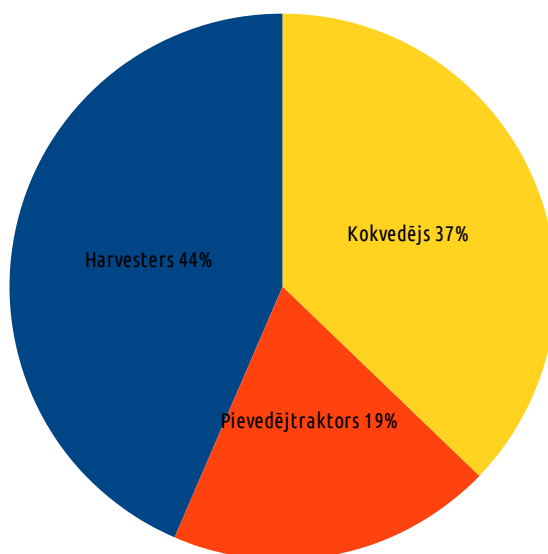
**Att. 49: Jutības analīze 1. darba metodē.**

Strādājot ar 2. darba metodi, izmaksas uz 1 m<sup>3</sup> apaļkoksnes sortimentu ir 17,65 Ls, bet uz 1 ber. m<sup>3</sup> – 6,78 Ls, attiecīgi, par 5 % mazākas, nekā, strādājot ar 1. darba metodi (Tab. 22).

Izmaksu samazinājums noticis, pateicoties mazākām mežizstrādes izmaksām (44 % no baļķu pašizmaksas, Att. 50).

**Tab. 22: Pašizmaksas kopsavilkums 2. darba metodei**

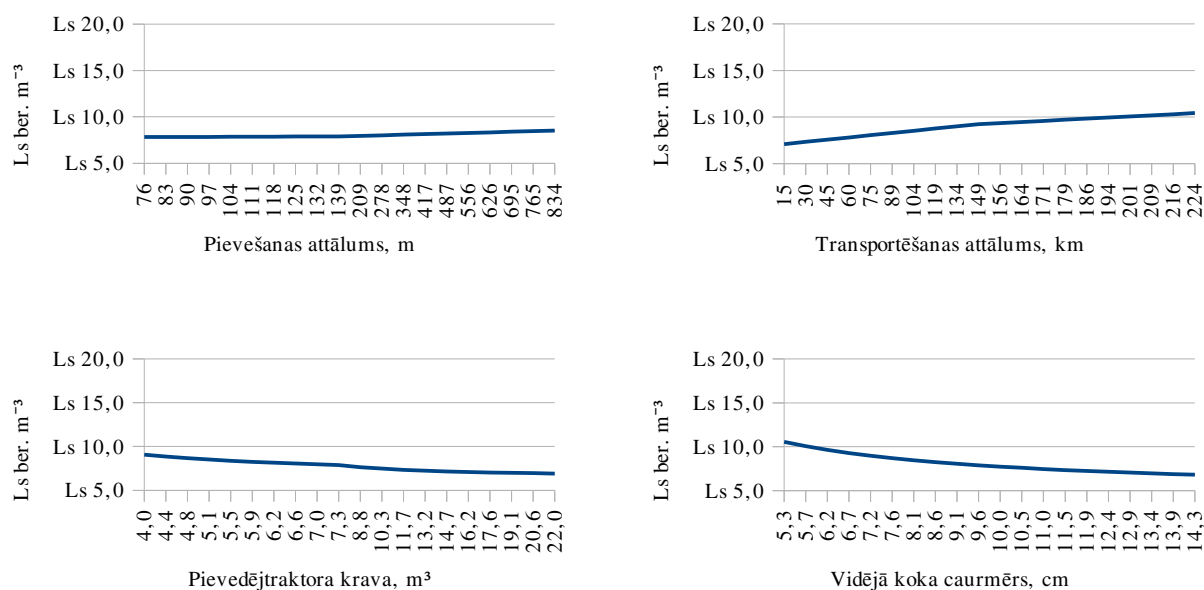
Pozīcija	Operācija					Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apaļkoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana	
Izmaksas, Ls gadā						
Investīcijas	Ls 51 486,01	Ls 39 552,20	Ls 11 180,07	Ls 11 180,07	Ls 26 172,62	Ls 139 571
Personāls	Ls 32 976,07	Ls 27 690,71	Ls 10 673,56	Ls 10 673,56	Ls 21 644,46	Ls 103 658
Apkope un materiāli	Ls 45 747,72	Ls 47 816,39	Ls 24 299,19	Ls 24 299,19	Ls 115 078,69	Ls 257 241
Peļņa (5 %)	Ls 6 510,49	Ls 5 752,97	Ls 2 307,64	Ls 2 307,64	Ls 8 144,79	Ls 25 024
Kopā	Ls 136 720,30	Ls 120 812,27	Ls 48 460,47	Ls 48 460,47	Ls 171 040,56	Ls 525 494
Produktivitāte, apaļkoksnes sortimenti						
m³ produktīvajā darba stundā	5,1	9,5	4,1			-
m³gadā	1780	3549	7384			-
Produktivitāte, biokurināmais						
ber. m³ produktīvajā stundā	14,2	26,2		12,4	96,5	-
ber. m³ gadā	49179	98070		22131	174682	-
Izmaksu kopsavilkums						
Ls m <sup>-3</sup>	Ls 7,68	Ls 3,40	Ls 6,56			Ls 17,65
Ls ber. m <sup>-3</sup>	Ls 2,50	Ls 1,11		Ls 2,19	Ls 0,98	Ls 6,78



**Att. 50: Izmaksu struktūra apaļkoksnes sortimentu sagatavošanā.**

Sistēmas jutīguma analīze, ietverot šķeldu sagatavošanu, rāda, ka, tāpat kā 1. darba metodē, lielāko ietekmi uz pašizmaksu atstāj transportēšanas attāluma un vidējā koka caurmēra izmaiņas (53). Būtiski palielinoties vidējā koka caurmēram, šķeldu pašizmaksa pietuvinās 5 Ls ber. m<sup>-3</sup>.

Vidējās izmaksas 1 ha izkopšanai ir 491 Ls ha<sup>-1</sup>, gatavojot apaļkoksnes sortimentus, un 579 Ls ha<sup>-1</sup>, piegādājot patērētājam šķeldas.

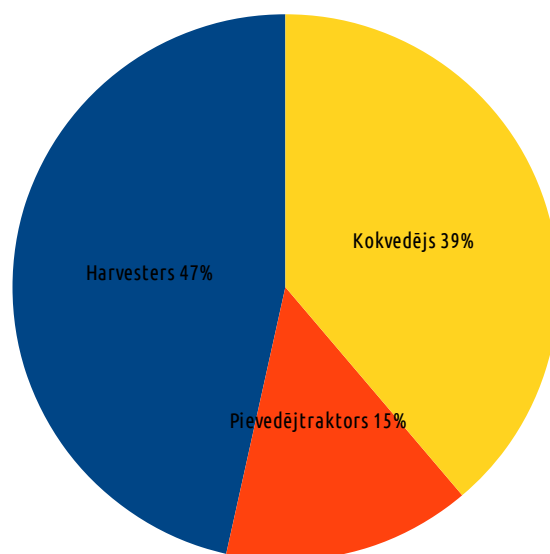


Att. 51: Jutības analīze 2. darba metodē.

Strādājot ar 3. darba metodi, izmaksas uz 1 m<sup>3</sup> apaļkoksnes sortimentu ir 16,92 Ls, bet uz 1 ber. m<sup>3</sup> – 6,54 Ls, attiecīgi, par 9 % mazākas, nekā, strādājot ar 1. darba metodi un par 5 % mazākas, nekā strādājot ar 2. darba metodi (Tab. 23). Izmaksu samazinājums noticis, pateicoties mazākām pievešanas izmaksām. Ņemot vērā, ka mazākas pievešanas izmaksas saglabājas arī 4. darba metodē, var pieņemt, ka tā ir sistemātiska sortimentu struktūras ietekme. Salīdzinot ar 1. darba metodi, pievešanas izmaksas samazinās no 19 % līdz 15 % no sortimentu pašizmaksas (Att. 52).

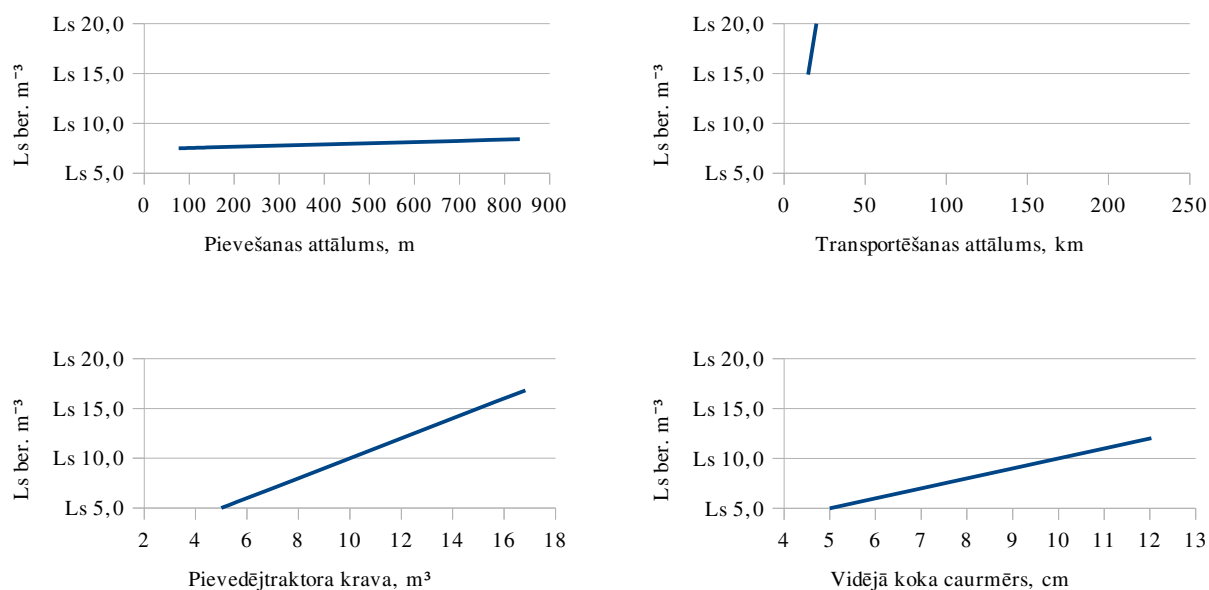
Tab. 23: Pašizmaksas kopsavilkums 3. darba metodei

Pozīcija	Operācija					Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana	
Izmaksas, Ls gadā						
Investīcijas	Ls 51 486,01	Ls 39 552,20	Ls 11 180,07	Ls 11 180,07	Ls 26 172,62	Ls 139 571
Personāls	Ls 32 976,07	Ls 27 690,71	Ls 10 673,56	Ls 10 673,56	Ls 21 644,46	Ls 103 658
Apkope un materiāli	Ls 45 747,72	Ls 47 816,39	Ls 24 299,19	Ls 24 299,19	Ls 115 078,69	Ls 257 241
Peļņa (5 %)	Ls 6 510,49	Ls 5 752,97	Ls 2 307,64	Ls 2 307,64	Ls 8 144,79	Ls 25 024
Kopā	Ls 136 720,30	Ls 120 812,27	Ls 48 460,47	Ls 48 460,47	Ls 171 040,56	Ls 525 494
Produktivitāte, apaļkoksnes sortimenti						
m³ produktivajā darba stundā	5,0	13,0	4,1			-
m³gadā	1737	4862	7384			-
Produktivitāte, biokurināmais						
ber. m³ produktivajā stundā	13,9	35,9		12,4	96,5	-
ber. m³ gadā	47998	134324		22131	174682	-
Izmaksu kopsavilkums						
Ls m <sup>-3</sup>	Ls 7,87	Ls 2,49	Ls 6,56			Ls 16,92
Ls ber. m <sup>-3</sup>	Ls 2,56	Ls 0,81		Ls 2,19	Ls 0,98	Ls 6,54



**Att. 52: Izmaksu struktūra apaļkoksnes sortimentu sagatavošanā.**

Sistēmas jutīguma analīzes rezultāti parādīti Att. 52. Vidējās izmaksas 1 ha izkopšanai ir 471 Ls ha<sup>-1</sup>, gatavojot apaļkoksnes sortimentus, un 559 Ls ha<sup>-1</sup>, piegādājot patērētājam šķeldas.



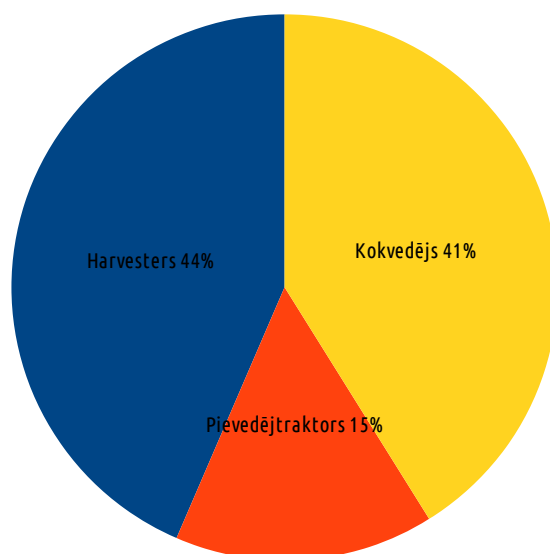
**Att. 53: Jutības analīze 3. darba metodē.**

Strādājot ar 4. darba metodi, izmaksas uz 1 m<sup>3</sup> apaļkoksnes sortimentu samazinās līdz 15,96 Ls, bet uz 1 ber. m<sup>3</sup> – 6,23 Ls, attiecīgi, par 14 % mazākas, nekā, strādājot ar 1. darba metodi, par 10 % mazākas, nekā strādājot ar 2. darba metodi un par 6 % mazāk, nekā strādājot ar 3. darba metodi (Tab. 24). Izmaksu samazinājums, salīdzinot ar 3. darba metodi, noticis, pateicoties mazākām izstrādes izmaksām (44 % no pašizmaksas, Att. 54).



**Tab. 24: Pašizmaksas kopsavilkums 4. darba metodei**

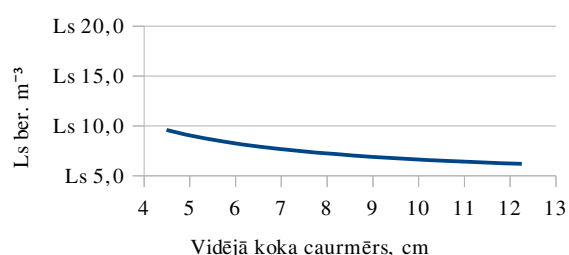
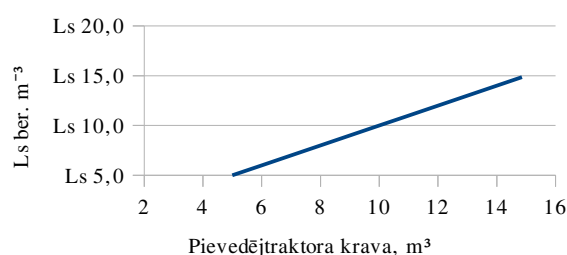
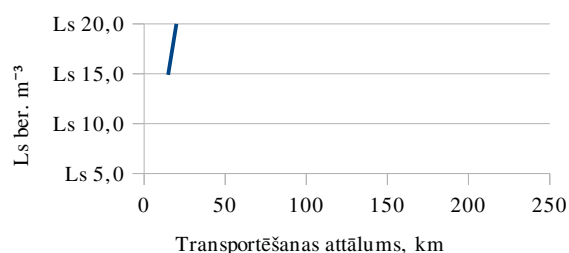
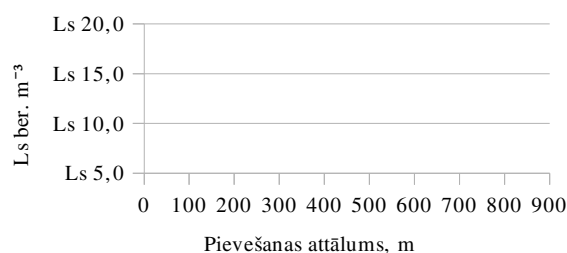
Pozīcija	Operācija					Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana	
Izmaksas, Ls gadā						
Investīcijas	Ls 51 486,01	Ls 39 552,20	Ls 11 180,07	Ls 11 180,07	Ls 26 172,62	Ls 139 571
Personāls	Ls 32 976,07	Ls 27 690,71	Ls 10 673,56	Ls 10 673,56	Ls 21 644,46	Ls 103 658
Apkope un materiāli	Ls 45 747,72	Ls 47 816,39	Ls 24 299,19	Ls 24 299,19	Ls 115 078,69	Ls 257 241
Peļņa (5 %)	Ls 6 510,49	Ls 5 752,97	Ls 2 307,64	Ls 2 307,64	Ls 8 144,79	Ls 25 024
Kopā	Ls 136 720,30	Ls 120 812,27	Ls 48 460,47	Ls 48 460,47	Ls 171 040,56	Ls 525 494
Produktivitāte, apaļkoksnes sortimenti						
m³ produktīvajā darba stundā	5,7	13,2	4,1			-
m³gadā	1968	4928	7384			-
Produktivitāte, biokurināmais						
ber. m³ produktīvajā stundā	15,7	36,4		12,4	96,5	-
ber. m³ gadā	54377	136173		22131	174682	-
Izmaksu kopsavilkums						
Ls m <sup>-3</sup>	Ls 6,95	Ls 2,45	Ls 6,56			Ls 15,96
Ls ber. m <sup>-3</sup>	Ls 2,26	Ls 0,80		Ls 2,19	Ls 0,98	Ls 6,23



**Att. 54: Izmaksu struktūra apaļkoksnes sortimentu sagatavošanā.**

Sistēmas jutīguma analīzes rezultāti parādīti Att. 55. Ceturtā darba metode ir vienīgais variants, kurā šķeldu pašizmaksa pietuvojās 5 Ls ber. m<sup>-3</sup>, ja vidējā nozāģētā koka caurmērs ir 12 cm.

Vidējās izmaksas 1 ha izkopšanai ir 444 Ls ha<sup>-1</sup>, gatavojot apaļkoksnes sortimentus, un 532 Ls ha<sup>-1</sup>, piegādājot patērētājam šķeldas.

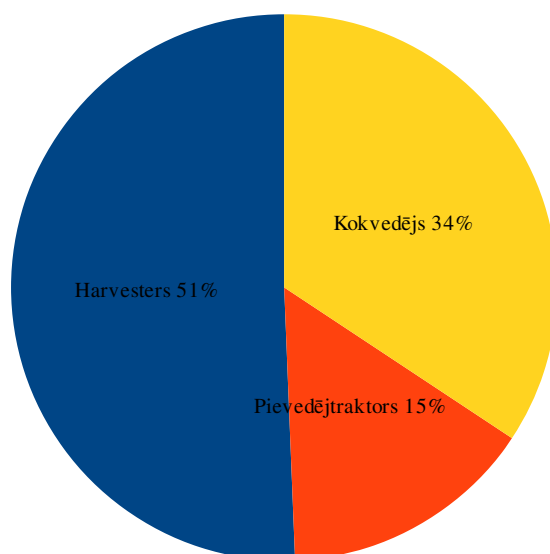


**Att. 55: Jutības analīze 4. darba metodē.**

Strādājot ar 5. darba metodi, izmaksas uz 1 m<sup>3</sup> apaļkoksnes sortimenta ir 15,96 Ls, bet 1 ber. m<sup>3</sup> šķeldu pašizmaksa – 6,23 Ls.

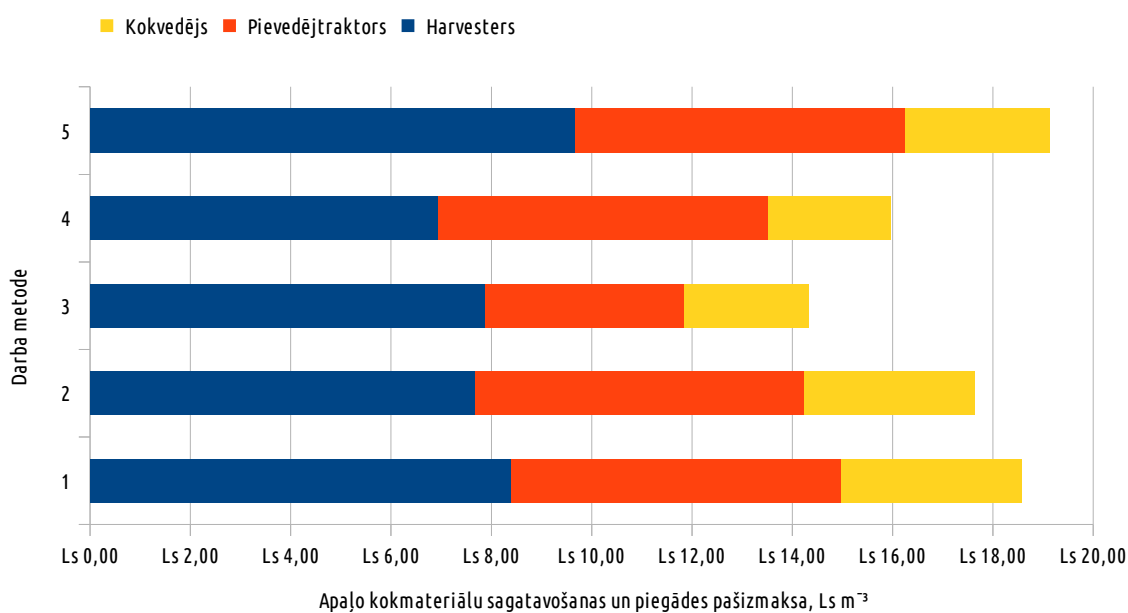
**Tab. 25: Pašizmaksas kopsavilkums 5. darba metodei**

Pozīcija	Operācija					Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana	
Izmaksas, Ls gadā						
Investīcijas	Ls 51 486,01	Ls 39 552,20	Ls 11 180,07	Ls 11 180,07	Ls 26 172,62	Ls 139 571
Personāls	Ls 32 976,07	Ls 27 690,71	Ls 10 673,56	Ls 10 673,56	Ls 21 644,46	Ls 103 658
Apkope un materiāli	Ls 45 747,72	Ls 47 816,39	Ls 24 299,19	Ls 24 299,19	Ls 115 078,69	Ls 257 241
Peļņa (5 %)	Ls 6 510,49	Ls 5 752,97	Ls 2 307,64	Ls 2 307,64	Ls 8 144,79	Ls 25 024
Kopā	Ls 136 720,30	Ls 120 812,27	Ls 48 460,47	Ls 48 460,47	Ls 171 040,56	Ls 525 494
Produktivitāte, apaļkoksnes sortimenti						
m³ produktīvajā darba stundā	4,1	11,2	4,1			-
m³gadā	14	42	7384			-
Produktivitāte, biokurināmais						
ber. m³ produktīvajā stundā	9,6	26,3		12,4	96,5	-
ber. m³ gadā	33139	98504		22131	174682	-
Izmaksu kopsavilkums						
Ls m <sup>-3</sup>	Ls 9,69	Ls 2,88	Ls 6,56			Ls 15,96
Ls ber. m <sup>-3</sup>	Ls 4,12	Ls 1,23		Ls 2,19	Ls 0,98	Ls 6,23



**Att. 56: Izmaksu struktūra apaļkoksnes sortimentu sagatavošanā.**

Izmaksu kopsavilkums, strādājot ar dažādām metodēm, parādīts Att. 57. Grafikā redzams, ka, samazinot zāģbaļķu sortimentu skaitu, pieaug gan izstrādes, gan pievešanas darba ražīgums, lai gan, piemēram, vidējā pievestā krava 4. variantā ir būtiski mazāka, nekā 1. variantā.

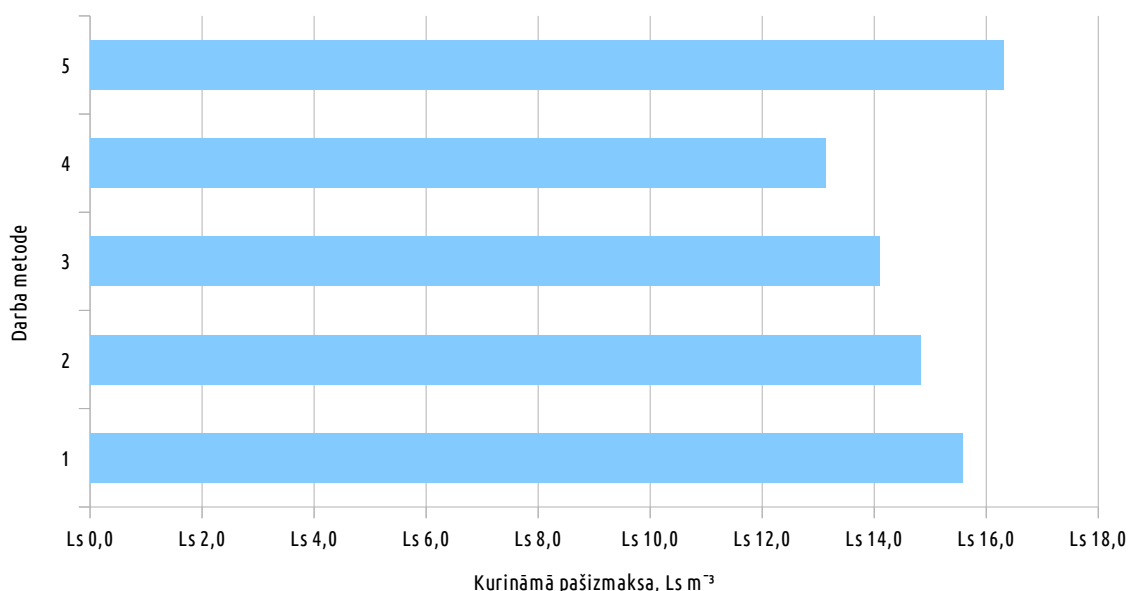


**Att. 57: Apaļkoksnes sortimentu pašizmaksas salīdzinājums, strādājot ar dažādām darba metodēm.**

Vidējās meža kopšanas izmaksas 2011. gadā saskaņā ar pakalpojumu sniedzēju iesniegtajiem datiem<sup>17</sup>, grūtākajos darba apstākļos atbilst vidēji 78,55 Ls ha<sup>-1</sup>. Ja atskaita kopšanas izmaksas, tad apaļkoksnes sortimentu pašizmaksa visos variantos, atskaitot 1. darba metodi, samazinās zem 15 Ls m<sup>-3</sup>, bet, strādājot ar 4 darba metodi, izmaksas samazinās līdz

<sup>17</sup> Centrālais statistikas birojs - MSG07. MEŽA ATJAUNOŠANAS UN KOPŠANAS IZMAKSAS, Ls/ha (bez PVN)

13,1 Ls m<sup>-3</sup> (Att. 58). Izmaksu samazinājums ir 15-18 %, atkarībā no izmantotās darba metodes.



Att. 58: Apaļkoksnes sortimentu pašizmaksa, atskaitot prognozējamās kopšanas izmaksas.

## Izdevumu un ieguvumu analīze

Izmaksu un ieņēmumu analīzē iekļautas 1.-4. darba metodes, jo 5. darba metodē būtiski atšķirās vidējā koka caurmērs, kas metožu salīdzinājumā var radīt nepareizu priekšstatu par attiecīgo darba metodi, salīdzinot ar citiem paņēmieniem. Vērtējot 4 darba metodes un salīdzinot vidējos potenciālos ieņēmumus, jāsecina, ka 1. darba metodē ieņēmumi par 6,54 Ls m<sup>-3</sup> jeb 35 % pārsniedz izmaksas. Strādājot ar 1. darba metodi, 60 % no sagatavotajiem sortimentiem veidoja papīrmalka, 20 % tehnoloģiskā koksne, bet 20 % baļķi. Otrajā darba metodē ieņēmumi ir par 7,67 Ls m<sup>-3</sup> jeb 43 % lielāki kā izmaksas. Sagatavoto sortimentu struktūru attiecīgi veidoja 56 % papīrmalka, 23 % baļķi un 21 % tehnoloģiskā koksne. Trešajā darba metodē izmaksas ir par 2,37 Ls m<sup>-3</sup> jeb 16 % lielākas, nekā sagaidāmie ieņēmumi no sortimentu realizācijas, tādējādi veidojas negatīva ieņēmumu – izmaksu bilance. Sagatavotās tehnoloģiskās koksnes īpatsvars šajā darba metodē ir salīdzinoši augsts (74 % no kopējā sagatavoto sortimentu apjoma), kam seko zāģbaļķu sortiments ar 23 % un papīrmalkas sortiments, veidojot vien 3 % no kopējā sagatavoto sortimentu apjoma. Ceturtajā darba metodē sagaidāmie ieņēmumi pārsniedz izdevumus par 1,22 Ls m<sup>-3</sup> jeb 7 % (Tab. 26). Attiecīgi, 99 % no sagatavotajiem sortimentiem ir tehnoloģiskā koksne, nepilnus zāģbaļķu sortimentu īpatsvars nav pat 1 % no kopējā apaļo kokmateriālu apjoma.

Tab. 26: Sagatavoto sortimentu struktūra pa darba metodēm

Darba metode	TM	Papīrmalka	Baļķi (14 X 18)	Baļķi (10 X 14)
1.	19,7	59,6	2,1	18,6
2.	21,0	55,6	0,4	23,0
3.	74,5	2,5	5,1	17,9
4.	95,4	0,1	4,5	0,0

Veicot jaunaudžu kopšanu ar 1. darba metodi, potenciālie ieņēmumi par 222 Ls ha<sup>-1</sup> pārsniedz izdevumus. Prognozētie ieņēmumi, veicot jaunaudžu kopšanu ar 2. darba metodi, par 205 Ls ha<sup>-1</sup> pārsniedz izmaksas; savukārt, veicot kopšanu ar 3. darba metodi, izmaksas ir par

95 Ls ha<sup>-1</sup> lielākas nekā ieņēmumi. Izmantojot 4. darba metodi, potenciālie ieņēmumi ir par 38 Ls ha<sup>-1</sup> lielāki, nekā ar izstrādi un materiāla piegādi saistītās izmaksas.

Sagatavotā materiāla apjoms, strādājot ar dažādam metodēm, nav vienāds un operatori nebija pietiekoši adaptējušies 2., 3. un 4. darba metodei, tāpēc ir pārāgi izdarīt galīgos secinājumus. Izvērtējot datus par ieņēmumu un ražošanas prognozēm, jāsecina, ka 1. un 2. darba metode ir visefektīvākās. Tas nozīmē, ka ir jākoncentrējas uz augstākās kvalitātes sortimentu gatavošanu, gatavojot biokurināmo kā blakusproduktu. 2. darba metode ļauj būtiski palielināt sortimentu iznākumu no kopjamām platībām, izmantojot sīkkokus, kas nav piemēroti tradicionālo sortimentu sagatavošanai. Trešā un 4. darba metodes izmantošana var radīt zaudējumus, jo samazinās vērtīgāko sortimentu (papīrmalka un sīkbaļķi) īpatsvars.

Korekcijas ieņēmumu aprēķinā var ienest prognozējamā sortimentu struktūra. Jo mazāku dimensiju koki ir jāzāgē, jo mazāks būs zāģbaļķu un sīkbaļķu sortimentu gatavošanai piemēroto koku skaits un šo sortimentu ietekme uz ieņēmumu prognozi. Pētījumā bija iekļauta 1 audze, kas raksturojama kā tipiska novēlota jaunaudzū kopšana un 1 audze, ko var raksturot kā 1. krājas kopšanu, attiecīgi, sortimentu struktūra šajā gadījumā nebūs tipiska problemātiskajām audzēm, kur jāveic novēlota jaunaudzū kopšana (egļu audzes, kas izmantotas biokurināmā sagatavošanai granulēšanas izmēģinājumiem). Zāģbaļķu un sīkbaļķu sortimentu īpatsvars šādās audzēs būs mazāks par 10 %, bet kopējais apjoms, neskaitot biokurināmo – mazāk par 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Tab. 27: Izmaksu un ieņēmumu bilance

Darba metodes	Ieņēmumi		Izmaksas		Neto ieņēmums Ls		Atskaitot kopšanas izmaksas	
	Ls m <sup>-3</sup>	kopā, Ls	Ls m <sup>-3</sup>	kopā, Ls			Izmaksas, Ls m <sup>-3</sup>	Neto ieņēmumi, Ls
1.	25,1	472,2	18,6	349,2	123,0		16,32	165,44
2.	25,3	321,7	17,7	224,3	97,5		14,71	134,85
3.	14,6	321,7	16,9	374,2	-52,4		14,96	-9,08
4.	17,2	289,3	16,0	268,8	20,5		13,43	63,07

Ja atskaita vidējās meža kopšanas izmaksas, kas saskaņā Centrālā statistikas biroja datiem 2011. gadā grūtākajos darba apstākļos bija vidēji 78,55 Ls ha<sup>-1</sup>, joprojām visizdevīgākā no pielietotajām ir 2. darba metode, kurā ieņēmumi par 11 Ls m<sup>-3</sup> pārsniedz izmaksas. Izmantojot 1. darba metodi, ieņēmumi par 9 Ls m<sup>-3</sup> pārsniedz izmaksas, savukārt, 4. darba metodē ieņēmumi par 4 Ls m<sup>-3</sup> pārsniedz izmaksas. Izmantojot 3. darba metodi, izmaksas joprojām par 0,4 Ls m<sup>-3</sup> pārsniedz potenciālos ieņēmumus (Tab. 28).

Tab. 28: Lietkoksnes īpatsvars kopējā izstrādātajā apjomā pa darba metodēm

Darba metodes	Baļķi, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	
	10 X 14	14 X 18
1.	10,5	4,5
2.	5,9	0,1
3.	6,3	1,8
4.	0,0	4,5

Strādājot ar 1. darba metodi, iznākums 10 x 14 sortimentam ir 5 % no kopējā izstrādātā sortimentu apjoma, bet 14 X 18 sortiments izstrādāts 2% no sortimentu kopapjoma.

Pielietojot 2. darba metodi sortimentu iznākums attiecīgi 10 X 14 sortimentam ir 47 % no sortimentu kopapjoma, bet 14 X 18 sortimentam 0,7 % no sortimentu kopapjoma. Strādājot ar 3. darba metodi izstrādāts 10 X 14 sortiments 28 % apmērā no kopējā izstrādātā sortimentu apjoma, bet 14 X 18 sortiments 8 % apmērā no sortimentu kopapjoma. 4. darba metodē 14 X 18 sortiments iegūts 7 % no kopējā izstrādāto sortimentu apjoma.

## Secinājumi

1. Faktiskā kopšanas intensitāte 3 no 4 objektiem pārsniedza sākotnēji plānoto (minimālais koku skaits atbilstoši spēkā esošajiem normatīviem, ja ņem vērā koridoru aizņemto platību). Vidējā koka caurmērs kopšanas rezultātā palielinājies par 20 %. Tas liecina, ka kopšana ir veikta atbilstoši darba uzdevumam, izzāgējot vispirms atpalikušos, mazākos kokus. Audzē ar nelielu sākotnējo koku skaitu, kur lielākajā daļā audzes izzāgēti tikai tehnoloģiskie koridori, vidējā koka caurmērs nav mainījies.
2. Kopšanas un pievešanas laikā bojāto paliekošo koku īpatsvars ir vidēji 3,6 %, lielāko daļu bojājumu radīja harvesters. Statistiski būtiskas atšķirības konstatētas tikai starp atsevišķām darba metodēm. Izvirzītā hipotēze par to, ka lielāks apaļo kokmateriālu skaits palielina bojājumu intensitāti nav apstiprinājusies.
3. Salīdzinot 3 apaļo kokmateriālu uzskaites metodes, būtiskas atšķirības nav konstatētas starp patērētājam piegādāto apjomu un masu un pievedējtraktora svērumu datiem; turpretim, harvestera uzskaites dati būtiski atšķirās no rezultātiem, kas iegūti ar pārējām uzskaites metodēm. Tas liecina, ka harvestera dati nav izmantojami daļēji atzaroto sīkkoku sortimenta uzskaitē. Vidējais izmēģinājumos sagatavotais apaļo kokmateriālu apjoms bez mizas ir  $28 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Biokurināmā īpatsvars, atkarībā no darba metodes, ir 20-100 %.
4. Mitruma saturs šķeldās ir 57 %, kokmateriālu glabāšanas laikā mitruma saturs samazinājies par 3 %. Pelnu saturs šķeldās ir 0,6 %, bet smalkās šķeldu frakcijas ( $< 3,15 \text{ mm}$ ) īpatsvars ir tikai 2 %. Šādas šķeldas ir piemērotas premium kvalitātes kokskaidu granulu ražošanai un to vērtība ir būtiski lielāka, nekā mežizstrādes atlieku šķeldām. Mizas un sīkkoku atlūzas ir 11 % no kopējās masas, kas arī ir labs rādītājs, salīdzinot ar malkas sortimentu.
5. Izstrādes darba ražīgums dažādos izmēģinājumu objektos ir  $3,9\text{--}4,6 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Pētījumā apstiprināta hipotēze, ka vislielākais ražīgums (laika vienībā izstrādājamo koku daudzums) sasniedzams, samazinot apaļo kokmateriālu sortimentu skaitu. Būtisku ražīguma pieaugumu var sasniegt, vairāk izmantojot paketējošo mehānisku (pašlaik gatavot tikai biokurināmie krāna cikli ar vairāk nekā 1 koku ir 20 % no kopējā skaita)
6. Pievešanā nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp darba metodēm, taču vērojama ražīguma pieauguma tendence, palielinoties biokurināmā īpatsvaram. Šo tendenci sekmē gan subjektīvi faktori (pirms pievešanas uzsniga bieža sniega sega, kas apgrūtināja sortimentu sameklēšanu), gan lielāka sortimentu koncentrācija parauglaukumos, kas izstrādāti ar biokurināmā gatavošanai adaptētajām darba metodēm.
7. Ceļu transporta uzskaites rezultāti liecina par to, ka daļēji atzarotās sīkkoksnes sortimentam ir mazs tilpīguma koeficients (vidēji 0,47) un tas cieši korelē ar vidējā kokmateriālu nogriežņa caurmēru – jo mazāks caurmērs, jo mazāks tilpīguma koeficients. Darba metodēs, kas adaptētas sīkkoku biokurināmā gatavošanai, vidējā krava ir  $27 \text{ m}^3$  ( $31 \text{ m}^3$  ar mizu). Tas liecina, ka šķeldu transportēšana ar puspiekabēm ( $90 \text{ m}^3$ ) var būt ekonomiski izdevīgāka par apaļkoksnes piegādēm, taču šajā gadījumā papildus izmaksas rada šķeldošana.
8. Lielākā apaļo sortimentu pašizmaksa veidojas, strādājot ar 1. darba metodi ( $18,9 \text{ Ls m}^{-3}$ ), mazākā – strādājot ar 4. darba metodi ( $16,0 \text{ Ls m}^{-3}$ ). Strādājot ar 5. darba metodi, biokurināmā pašizmaksa palielinās, taču tas saistīts ar būtiski mazākām koku dimensijām ar šo metodi koptajās audzēs. Lielāko ietekmi uz pašizmaksu atstāj apaļo kokmateriālu piegādes attālums un audzes vidējā koka caurmērs. Pievešanas attālums rada salīdzinoši vismazāko ietekmi.
9. Izdevumu un ieguvumu analīze liecina par to, ka saimnieciski izdevīgākā darba metode, kas nodrošina lielāko peļņu, ir tradicionālo apaļo kokmateriālu sortimentu un daļēji atzarotu sīkkoku sortimenta (tievgāja  $D = 30 \text{ mm}$ ) gatavošana.



# **1.Pielikums: Jaunaudžu raksturojums pirms un pēc kopšanas**

**Tab. 29: Jaunaudžu raksturojums pirms kopšanas**

Cirsmas kods	Platība, ha	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	Vidējais caurmērs, cm	Vidējais augstums, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Kopējā stumbra biomasa, tonnas ha <sup>-1</sup>	Krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Vidējais koks, m <sup>3</sup>	Stumbra biomasa koridoros, tonnas ha <sup>-1</sup>	Minimālais koku skaits, gab., ha <sup>-1</sup>	Attālums starp paliekošajiem kokiem, m	Izzāgējamā stumbra biomasa audzē, tonnas ha <sup>-1</sup>	Šķeldu ražošanas prognoze, ber. m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
503-455-13	3,6	egle	1653	9,7	7,7	12,1	14,7	36,8	0,022	2,9	1500	2,3	-	8,2
503-455-14	4,3	egle	2675	9,6	9,2	19,3	27,1	67,6	0,025	5,4	1500	2,3	6,5	71,3
503-479-12	2,4	priede	2622	12,0	11,7	29,5	40,1	95,4	0,036	8,0	844	3,1	19,1	162,9
503-481-6	1,2	egle	2489	8,2	10,0	13,1	19,2	48,1	0,019	3,8	1500	2,3	3,8	45,8

**Tab. 30: Jaunaudžu raksturojums pēc kopšanas**

Kvartāla Nr.	Platība	Suga	Koku skaits pirms kopšanas, gab. ha <sup>-1</sup>	Nozāgēto koku skaits, gab. ha	Koku skaits pēc kopšanas, gab. ha <sup>-1</sup>	Minimālais atstājamais koku skaits (+10%), gab. ha <sup>-1</sup>	Rezerve	Vidējais caurmērs pēc kopšanas, cm	Šķērslaukums pēc kopšanas, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Vidējais attālums no koridora, m
503-455-13	3,6	Egle	1653	569	1230	1320	90	9,7	9,0	5,6
503-455-14	4,3	Egle	2675	1186	1187	1320	133	12,4	14,4	5,3
503-479-12	2,4	Priede	2622	1189	1028	990	-38	14,3	16,5	5,7
503-481-6	1,2	Egle	2489	600	1171	1320	149	11,6	12,4	5,6

## **2.Pielikums: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums**

**Tab. 31: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums pa darba metodēm - vidējais darba laika patēriņš uz 1 koku sekundēs<sup>18</sup>**

Darba metode	Novēroju mu skaits	Satverto koku vidējais D, cm	Satvertai s vid. koku skaits, gab	Sniegšan ās pēc koka	Koka satveršan as laiks	Koka nozāģēša na	Paketējo šā mehānis ma pielietoš ana	Koku pievilks na	Atzaroša nai un garumoša na	Zaru novietoš ana zaru kaudzēs	Citas nestanda rta operācija s,	Pameža zāģēšana	Harvester a pozīciju maiņa	Patērētai s laiks iebraucot	Patērētai s laiks izbraucot	Ar darbu nesaistīt as darbības	Remonts	Produktī vais darba laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais produktī vais darba laiks	Lietkoksn e, gab. uz 1 koku	Malka, gab. Uz 1 koku
1. metode	315	10,4	1,01	5,16	1,35	1,68	0,01	0,78	15,84	0,07	1,55	0,60	4,79	0	2,32	4,54	1,79	38,42	42,96	31,2	446,17	255,38
2. metode	331	9,7	1,11	6,49	1,56	0,65	0	4,01	10,3	0	2,16	0,25	3,15	1,03	2,02	3,14	3,12	35,02	38,16	28,3	392,16	375,97
3. metode	364	8,2	1,23	5,25	1,41	1,66	0,05	1,13	11,18	0	1,41	0,19	3,50	0,98	1,08	3,26	0,48	29,58	32,84	25,6	53,87	830,83
4. metode	333	8,2	1,25	6,04	1,76	0,65	0	3,39	6,43	0	1,75	0,01	2,88	0,37	0,85	1,92	1,03	25,34	27,26	22,9	8,83	682,05
5. metode	141	6,9	1,28	5,60	1,29	1,36	0,04	2,75	8,75	0,11	2,35	1,08	4,24	0,43	0,71	3,92	1,36	31,73	35,65	26,5	6,23	245,39

**Tab. 32: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums pa darba metodēm - vidējais darba laika patēriņš uz 1 m<sup>3</sup> minūtē**

Darba metode	Nozāģēto koku apjoms, m <sup>3</sup>	Sniegšanās pēc koka	Koka satveršanas laiks	Koka nozāģēšana	Paketējošā mehānisma pielietošan a	Koku pievilksana	Atzarošana un garumošana	Zaru novietošana zaru kaudzēs	Citas nestandarta operācijas,	Pameža zāģēšana	Harvestera pozīciju maiņa	Patērētais laiks iebraucot	Patērētais laiks izbraucot	Ar darbu nesaistītas darbības	Remonts	Produktīvai s darba laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais produktīvai s darba laiks
1. metode	27,41	2,36	0,62	0,77	0	0,36	7,24	0,03	0,71	0,28	2,19	0	1,06	2,08	0,82	17,55	19,63	14,27
2. metode	27,21	2,94	0,71	0,3	0	1,82	4,67	0	0,98	0,11	1,43	0,47	0,92	1,42	1,41	15,88	17,3	12,84
3. metode	30,89	2,7	0,72	0,85	0,3	0,58	5,75	0	0,72	0,1	1,8	0,51	0,56	1,68	0,25	15,23	16,91	13,17
4. metode	30,31	3,05	0,89	0,33	0	1,71	3,25	0	0,88	0	1,46	0,19	0,43	0,97	0,52	12,8	13,77	11,57
5. metode	37,17	3,47	0,8	0,84	0,02	1,7	5,42	0,07	1,46	0,67	2,62	0,27	0,44	2,43	0,84	19,66	22,09	16,41

**Tab. 33: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums pa cīsmām - vidējais darba laika patēriņš uz 1 koku sekundēs<sup>19</sup>**

Kvartāla numurs	Nozāģēto koku skaits	Satverto koku vidējais D, cm	sniegšanās pēc koka	Koka satveršana s laiks	Koka nozāģēšan a	Paketējošā mehānisma pielietošan a	Koku pievilksana	Atzarošana i un sagarumošan ai patērētais laiks	Zaru novietošan a zaru kaudzēs	Citas nestandart a operācijas	Harvestera pozīciju maiņa	Patērētais laiks iebraucot	Patērētais laiks izbraucot	Ar darbu nesaistītas darbības	Remonts	Produktīva is darba laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais produktīva is darba laiks	Vidējais koks, m <sup>3</sup>	Lietkoksn e, gab. uz 1 koku	Malka, gab. uz 1 koku	Vidējā stumbra biomasa, kg	Koka stumbra krāja, m <sup>3</sup>	Dabiski mitrs materiāls, kg
455-13	1,31	9	5,85	1,42	1,08	0,01	2,64	6,45	0,06	1,84	4,34	0,82	1,28	3,51	3,06	30,31	33,83	23,68	0,03	0	1,6	11	0,03	28
455-14	1,5	9	6,33	1,6	0,8	0,00	3,25	5,64	0,03	1,97	3,05	0,31	1,31	1,94	2,06	27,49	29,43	22,64	0,03	0,00	1,85	12	0,03	30
479-12	1,2	10,0	6,0	1,6	1,0	0,04	2,74	9,10	0,01	3,31	3,96	0,65	1,10	3,19	2,68	32,12	35,31	26,74	0,03	0,31	1,92	15	0,03	37
481-6	1,2	9,0	5,4	1,3	1,4	0,03	2,55	9,14	0,03	1,34	3,08	0,88	2,22	2,73	1,29	33,17	35,89	26,31	0,03	0,40	1,43	12	0,03	31

<sup>18</sup> Izstrādātā krāja un biomasa tiks precizēta pēc biomasas analīžu pabeigšanas 2013. gadā.

<sup>19</sup> Izstrādātā krāja un biomasa tiks precizēta pēc biomasas analīžu pabeigšanas 2013. gadā.

**Tab. 34: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums pa cismām - vidējais darba laika patēriņš uz 1 m<sup>3</sup> minūtē**

Kvartāla numurs	Nozāģēto koku skaits	Sniegšanās pēc koka	Koka satveršanas laiks	Koka nozāģēšana	Paketējošā mehānisma pielietošana	Koku pievilkšana	Atzarošanai un sagarumošanai patērētais laiks	Zaru novietošana zaru kaudzēs	Citas nestandarta operācijas	Harvestera pozīciju maiņa	Patērētais laiks iebraucot	Patērētais laiks izbraucot	Ar darbu nesaistītas darbības	Remonts	Produktīvais darba laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais produktīvais darba laiks	Lietkoksne, gab. uz 1 m <sup>3</sup>	Malka, gab. uz 1 m <sup>3</sup>
455-13	38	3,7	0,9	0,68	0,01	1,67	4,09	0,04	1,16	2,75	0,52	0,81	2,23	1,94	19,2	21,43	15	0	64
455-14	35	3,7	0,9	0,5	0,0	1,9	3,3	0,0	1,2	1,8	0,2	0,8	1,1	1,2	16,2	17,3	13,3	0	65
479-12	29	2,9	0,8	0,5	0,0	1,3	4,4	0,0	1,1	1,9	0,3	0,5	1,6	1,3	15,7	17,2	13,0	9	56
481-6	35	3,2	0,8	0,8	0,0	1,5	5,3	0,0	0,8	3,0	0,5	1,3	1,6	0,8	19,3	20,8	15,3	14	50

### **3.Pielikums: Pievestā materiāla svēršanas rezultāti**

**Tab. 35: Tukša pievedējtraktora svēršanas rezultāti**

Nr.	Kvartāla Nr.	Tukšs traktors, kg
1.	455	12 510
2.	479	12 057
3.	481	12 530
Visi kvartāli		12 363

**Tab. 36: Pievestā materiāla uzskaites kopsavilkums**

Nr.	Kvartāla Nr.	Biomasa, tonnas <sup>20</sup>
1.	455	188
2.	479	107
3.	481	39
Visi kvartāli		334

**Tab. 37: Pievestā materiāla raksturojums**

Nr.	Sortimenti kravā	Pievestā koksne, tonnas <sup>20</sup>	Vidējā krava, tonnas <sup>20</sup>	Kravu skaits
1.	Tehnoloģiskā koksne	259,32	5,76	278
2.	Skuju koku papīrmalka	16,84	8,42	2
3.	Baļķi (10 X 14, 14 X 18)	3,2	3,2	3
4.	Kombinētās kravas	5,65	5,65	2
5.	Tehnoloģiskā koksne, baļķi (10 X 14)	12,15	6,08	3
6.	Tehnoloģiskā koksne, baļķi (10 X 14, 14 X 18)	6,33	6,33	2
7.	Tehnoloģiskā koksne, baļķi (14 X 18)	17,22	5,74	4
8.	Tehnoloģiskā koksne, Skuju koku papīrmalka, baļķi (10 X 14)	17,22	5,74	4

<sup>20</sup> Dabiski mitrs materiāls.



#### **4.Pielikums: Pievešanas darba laika uzskaites kopsavilkums**

Tab. 38: Pievedējtraktora iekraušanas un izkraušanas darba laika uzskaites kopsavilkums

Darba metode	Kvartāla Nr.	Kravu skaits	Vidējā krava, tonnas	Iekraušanas cikla laiks, cmin	Pārvietošanas pa cirsma, cmin	Izkraušanas laiks, cmin	Pābraucieni izkraujoties cmin	Ceļa ieklāšana, cmin	Citas operācijas, cmin	Produktīvais darba laiks iekraušanai	Produktīvais laiks izkraušanai
1	479	3	7,5	1048	622	412	10	0	2276	3946,5	423
	482	3	4,9	1025	853	391	15	0	1390	3269	407
	<b>1. metode</b>	<b>6</b>	<b>6,3</b>	<b>1036,5</b>	<b>737,7</b>	<b>402</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>1833,5</b>	<b>3607,7</b>	<b>415</b>
2	479	3	6,8	973,5	654,5	367	8,5	0	1817	3445,5	376
	482	1	7,2	1487,0	1152	484	18	0	1939	4578	502
	<b>2. metode</b>	<b>4</b>	<b>6,9</b>	<b>1144,67</b>	<b>820,3</b>	<b>406,3</b>	<b>11,67</b>	<b>0</b>	<b>1858</b>	<b>3823</b>	<b>418</b>
3	479	6	4,8	604,3	267,7	304,7	10,7	0	767	1639	315,3
	482	3	6,1	891	358,5	376	0	0	903,5	2153	376
	<b>3. metode</b>	<b>9</b>	<b>5,3</b>	<b>719</b>	<b>304</b>	<b>333,2</b>	<b>6,4</b>	<b>0</b>	<b>821,6</b>	<b>1844,6</b>	<b>339,6</b>
4	479	3	4,5	592	222,5	338,5	22	0	965	1779,5	360,5
	482	3	4,9	448,5	251,5	212,5	0	0	646,5	1346,5	212,5
	<b>4. metode</b>	<b>6</b>	<b>4,7</b>	<b>520,2</b>	<b>237</b>	<b>275,5</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>805,7</b>	<b>1563</b>	<b>286,5</b>
5	455	246	5,7	800,5	549	338	14,2	11,5	998,2	2359	352,5
	<b>5. metode</b>	<b>246</b>	<b>5,7</b>	<b>800,5</b>	<b>549,1</b>	<b>338,3</b>	<b>14,2</b>	<b>11,4</b>	<b>998,2</b>	<b>2359,3</b>	<b>352,5</b>
<b>Pavisam kopā</b>		<b>271</b>	<b>10,7</b>	<b>809,6</b>	<b>530,6</b>	<b>342</b>	<b>12,9</b>	<b>7,7</b>	<b>1085,3</b>	<b>2433,31</b>	<b>354,9</b>

**LVMi Silava**  
Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169  
tālrs.: 67942555, fakss: 67901359, e-pasts: [inst@silava.lv](mailto:inst@silava.lv)