

PĀRSKATS

PAR AS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" PĒTĪJUMA

ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS,
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPNIECISKAIS PĒTĪJUMS

DARBU IZPILDI

Pārskata nosaukums **SAVLAICĪGA JAUNAUDŽU KOPŠANA
AR HARVESTERU AR PAKETĒJOŠO
GRIEZĒJGALVU, BRACKE C16.B
GRIEZĒJGALVU UN ROKAS DARBA
INSTRUMENTIEM**

Līguma Nr. **3. 5.5-5.1-000p-101-12-8**

Pārskata Nr. **2015/10**

Pārskata versija **1.0**

Izpildes laiks **03.01.2013 - 01.05.2015**

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

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

KOPSAVILKUMS

Pētījumā vērtēta mašinizētās kopšanas un rokas motorinstrumentu pielietošanas biokurināmā sagatavošanai jaunaudzēs, kur koku augstums ir 6-9 m. Pētījuma veikšanai atlasītas 5 audzes 502. un 503. kvartāla apgabalā Skrīveru un Kokneses apkārtnē. Jaunaudžu kopšanā izmantots John Deere 1070 harvesters ar Bracke C16.b griezējgalvu, John Deere 1070 E harvesters ar paketējošo H 754 griezējgalvu, kā arī rokas motorinstrumenti.

Pētījumā noskaidrots darba ražīgums mašinizētai jaunaudžu kopšanai, kā arī jaunaudžu kopšanai ar rokas motorinstrumentiem.

Mašinizētā jaunaudžu kopšanā viena koka apstrādei tērētais vidējais tiešais darba laiks bija uz pusi mazāks, kā, jaunaudžu kopšanu veicot ar rokas motorinstrumentiem. Tāpat, strādājot ar krūmgriezi un motorzāģi, grūtības sagādāja lielāku dimensiju koku apstrāde. Jaunaudžu kopšanas darbos izmantojot rokas motorinstrumentus, audzē ar mazākiem kokiem darba laika patēriņš 1 ha izkopšanai būtiski samazinās. Krūmgrieža operatoram 1 ha izkopšanai un sīkkoksnes savākšanai jāpatērē 31 stunda (strādā 2 cilvēku brigāde), bet motorzāģi uz rāmja operatoram – 12 stundas. Jaunaudžu kopšanu veicot ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, pastāv statistiski būtiskas darba laika patēriņa viena koka apstrādei atšķirības sugu griezumā. Kopšanas darbos izmantojot John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu atšķirības sugu griezumā nozvērotas netika. Ar John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu uzrādītie vidējie ražīguma rādītāji 1 m³ sagatavošanā ir labāki, kā ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu, kaut arī vidējā nozāgētā koka caurmērs bija vairāk kā divas reizes mazāks, kā ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu izkoptajās jaunaudzēs.

Pievešanas darbos izmantoti divu veidu pievedējtraktori – Timberjack 810 D un John Deere 1110 E. Kopumā aprēķinos izmantoti dati par 284 m³ kokmateriālu pievešanu. Pievešanas darbus veicot daļēji atzarotajam biokurināmajam, pievešana aizņēmusi par 40 % vairāk laika, nekā veselu stumbru pievešana. Vidēji vienas kravas pievešanai Timberjack 810 B tērējis par 15 % vairāk efektīvā darba laika, kā pievešanas darbus veicot ar pievedējtraktoru John Deere 1110 E. Pārrēķinot uz 1 m³ pievešanai patērēto laiku, Timberjack 810 B pievedējtraktoram pievešana aizņēmusi par 60 % vairāk efektīvā darba laika, nekā John Deere 1110 E pievedējtraktoram.

Veiktie aprēķini parāda, ka vidējā šķeldu pašizmaksa ar rokas motorinstrumentiem veiktai jaunaudžu kopšanai ir no 2,88 līdz 14,47 EUR ber. m⁻³ mazāka, kā šķeldu pašizmaksa mašinizētā jaunaudžu kopšanā.

Pozitīvus neto ieņēmumus, jaunaudžu kopšanas darbus veicot ar John Deere 1070 D harvesteru ar paketējošo griezējgalvu pie sasniegtajiem ražīguma rādītājiem, var sasniegt, ja vidējā nozāgētā koka caurmērs ir > 9,5 cm. Bracke C16.b griezējgalvas izmantošana kļūst ekonomiski izdevīga, zāģējot nedaudz mazākus kokus. Abos gadījumos pieņemts, ka griezējgalvas uzstādītas uz jauniem harvesteriem, taču izmantojot lietotu tehniku, finanšu rādītāji būtiski uzlabojas. Labāku ieņēmumu prognozi paketējošajai griezējgalvai nodrošina vērtīgo kokmateriālu veidu (zāģbaļķi, papīrmalka) sagatavošana. Praksē atšķirība starp abām tehnoloģijām var izrādīties nebūtiska. Roku darbs, veicot kopšanu ar motorzāģi, ir ekonomiski visizdevīgākais, taču palielinoties koku dimensijām, vērtīgo kokmateriālu veidu ražošana nodrošina labākus ekonomiskos rādītājus mašinizētai kopšanai.

Pārskatu sagatavoja LVMI Silava zinātnieki Santa Kalēja, Andis Lazdiņš, Agris Zimelis, Jānis Liepiņš, Uldis Prindulis, Modris Okmanis, Gints Spalva un Kaspars Polmanis.

Saturs

Kopsavilkums.....	2
Ievads.....	6
Izmēģinājumu objekti un darba metodika.....	9
Pētījumu objekti.....	9
Sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana.....	11
Taksācijas rādītāju noteikšana.....	11
Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums.....	13
Kokmateriālu sagatavošana.....	13
Kokmateriālu pievešana.....	15
Kokmateriālu izvešana.....	17
Kokvedēji.....	17
Šķeldu vedēji.....	19
Šķeldotāji.....	19
Darba laika uzskaitē.....	19
Aprīkojums.....	19
Kopšanas darbi.....	20
Pievešanas darbi.....	21
Pievestā materiāla uzskaitē.....	22
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	23
Aprēķini pēc biomasas vienādojumiem.....	23
Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze.....	26
Darba rezultāti.....	29
Jaunaudžu kopšanas darba ražīgums.....	29
Pievešanas darba ražīgums.....	34
Darba ražīguma aprēķini.....	36
Jaunaudžu kopšana.....	36
Pievešana.....	45
Kokvedēji.....	50
Šķeldotāji un šķeldu vedēji.....	51
Kopsavilkums par darba ražīguma rādītājiem.....	51
Izmaksu un ieņēmumu analīze.....	51
Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze.....	51
Jūtības analīze.....	54
Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums.....	55
Jaunaudžu kopšanas ietekme uz vidi.....	56
Augsnes sablīvējums.....	56
503-307-6.....	56
503-331-16.....	58
503-379-27.....	60
Ieteikumi praksei un secinājumi.....	63
Literatūra.....	64

Attēli

Att. 1: Vidējā koka augstuma un kopšanā iegūstamās biomasas sakarība.....	6
Att. 2: Vidējā koka augstuma un krājas sakarība.....	7
Att. 3: Jaunaudze 502 - 428 - 5 Skrīveru apkārtnē.....	9
Att. 4: Jaunaudze 503 - 379 - 27 Kokneses apkārtnē.....	9
Att. 5: Jaunaudzes 503 - 331 - 16 un 503 - 331 - 18 Kokneses apkārtnē.....	10

Att. 6: Jaunaudze 503 - 307 - 6 Kokneses apkārtnē.....	10
Att. 7: Parauglaukumu izvietojuma shēma sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšanai.....	11
Att. 8: Parauglaukumu izvietojuma shēma taksācijas rādītāju noteikšanai pēc kopšanas.....	12
Att. 9: John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.....	13
Att. 10: Izmēģinājumos izmantotais harvesters John Deere 1070 E ar griezējgalvu H 754.....	14
Att. 11: Izmēģinājumos izmantotā H 754 griezējgalva4.....	14
Att. 12: Motorinstrumenti – motorzāģis Husqvarna 562 XP uz rāmja (kreisajā pusē)5 un krūmgriezis Husqvarna 343 FR6.....	15
Att. 13: Timberjack 810 B pievedējtraktors7.....	16
Att. 14: Pievedējtraktors John Deere 1110 E ar garo rāmi.....	16
Att. 15: Pievedējtraktors John Deere 1110 E ar īso rāmi.....	17
Att. 16: Vidējā caurmēra un lapkoku kravas tilpīguma koeficienta sakarība.....	18
Att. 17: Vidējā caurmēra un skujkoku sīkkoku kravas tilpīguma koeficienta sakarība.....	18
Att. 18: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.....	19
Att. 19: Pievedējtraktora svēršanai izmantotie svāri CAS RW-15P, kopskats un darbam sagatavotas platformas.....	23
Att. 20: Nozāģējamo koku skaits.....	24
Att. 21: Nozāģējamo koku caurmērs.....	24
Att. 22: Koku stumbra biomasas aprēķināšanas vienādojumi.....	26
Att. 23: Ar Bracke C16.b griezējgalvu nozāģēto īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	29
Att. 24: Ar John Deere 1070 E harvestera paketējošo griezējgalvu nozāģēto koku īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	30
Att. 25: Izkopta audze ar sīkkoku kaudzītēm un tehnoloģisko koridoru pa vidu.....	33
Att. 26: Efektīvā darba laika struktūra (John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu).....	37
Att. 27: Efektīvā darba laika struktūra (John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu).....	37
Att. 28: Darba laika patēriņš 1 koka apstrādei atkarībā no koka caurmēra (John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu).....	38
Att. 29: Darba laika patēriņš 1 koka apstrādei atkarībā no koka caurmēra (John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu).....	39
Att. 30: Darba laika patēriņa 1 koka apstrādei atkarībā no koka caurmēra pakāpes salīdzinājums.....	39
Att. 31: Tiesajā darba stundā apstrādātie koki atkarībā no koka caurmēra pakāpes.....	40
Att. 32: Vidējā koku skaita satvērēnā un vidējā koka caurmēra sakarība (John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu).....	40
Att. 33: Darba laika patēriņš 1 m³ sagatavošanai atkarībā no koka caurmēra (John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu).....	42
Att. 34: Darba laika patēriņš 1 m³ sagatavošanai atkarībā no koka caurmēra (John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu).....	42
Att. 35: Vidējie darba ražīguma rādītāji salīdzinājumā pa mežizstrādes mašīnām atkarībā no koka caurmēra.....	43
Att. 36: Modelētie darba ražīguma rādītāji John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.....	45
Att. 37: Modelētie darba ražīguma rādītāji John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu.....	45
Att. 38: Efektīvā darba laika salīdzinājums ar John Deere 1070 (Bracke C 16.b griezējgalva) gatavotajiem kokmateriāliem.....	46
Att. 39: Darba laika sadalījums pievešanā izmantojot pievedējtraktoru John Deere 1110 E.....	47
Att. 40: Darba laika sadalījums pievešanā izmantojot pievedējtraktoru Timberjack 810 B.....	47
Att. 41: Vidējais 1 kravas pievešanas efektīvā darba laika sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.....	48
Att. 42: Vidējais 1 m³ pievešanas efektīvā darba laika sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.....	49
Att. 43: Vidējais 1 kravas iekraušanai un izkraušanai patērētais darba laiks sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.....	50
Att. 44: Vidējais 1 m³ iekraušanai un izkraušanai patērētais darba laiks sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.....	50
Att. 45: Jutīguma analīze John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu.....	55
Att. 46: Jutīguma analīze John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.....	55
Att. 47: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums šķeldu piegādes scenārijam John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu un John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.....	56
Att. 48: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 503-307-6 (Bracke C16.b).....	57
Att. 49: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augšnes slāņos objektā 503-307-6 (Bracke C16.b).....	57
Att. 50: Augsnes penetrācijas punktu izvietojums objektā 503-307-6 (Bracke).....	58
Att. 51: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 503-331-16.....	59
Att. 52: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augšnes slāņos objektā 503-331-16.....	59
Att. 53: Augsnes penetrācijas punktu izvietojums objektā 503-331-16.....	60
Att. 54: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 503-379-27.....	61
Att. 55: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augšnes slāņos objektā 503-379-27.....	61
Att. 56: Augsnes penetrācijas punktu izvietojums objektā 503-379-27.....	62

Tabulas

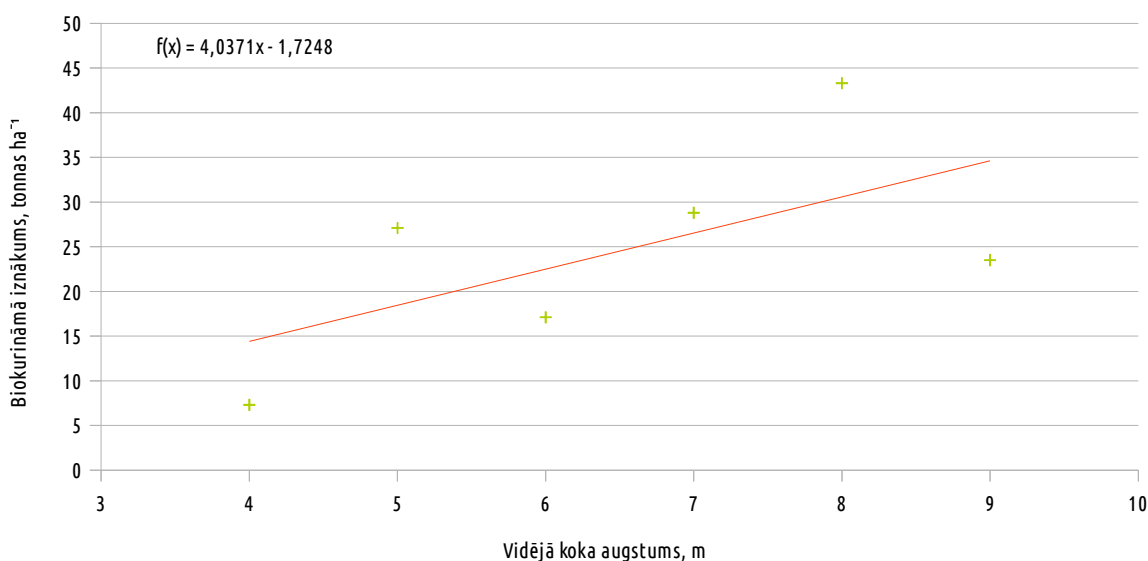
Tab. 1: Kopšanā iegūstamā biomasas atkarībā no valdaudzes koku augstuma ¹	6
Tab. 2: Vidējā koka stumbra tilpums (m ³) atkarībā no valdaudzes koku augstuma.....	7
Tab. 3: Kopšanā iegūstamā biomasas, tūkst. tonnas.....	7
Tab. 4: Pētījumā iekļautās audzes un tehnika.....	8
Tab. 5: Audžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas.....	11
Tab. 6: Mežaudžu raksturojums pēc kopšanas.....	12
Tab. 7: Dendrometrisko rādītāju salīdzinājums pirms un pēc kopšanas.....	12
Tab. 8: Izskoptās krājas raksturojums pēc dendrometriskajiem rādītājiem.....	13
Tab. 9: Koeficienti šķeldošanas ražīguma pārrēķiniem, raksturojot vienu kravu.....	19
Tab. 10: Izstrādes darba laika uzskaites elementi John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.....	20
Tab. 11: Izstrādes darba laika uzskaites elementi John Deere 1070 E ar griezējgalvu H 754.....	20
Tab. 12: Pievešanas darba laika uzskaites elementi Timberjack 810 B.....	21
Tab. 13: Pievešanas darba laika uzskaites elementi John Deere 1110 E.....	22
Tab. 14: Pārrēķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai.....	25
Tab. 15: Pārrēķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai.....	25
Tab. 16: Pašizmaksas aprēķinu gaita.....	26
Tab. 17: Darba laika uzskaites kopsavilkums sadalījumā pa cīsmām (John Deere 1070 ar Bracke C16.b).....	31
Tab. 18: Nozāgētās biomasas un darba laika patēriņa raksturojums (John Deere 1070 ar Bracke C16.b).....	31
Tab. 19: Darba laika uzskaites kopsavilkums sadalījumā pa cīsmām (John Deere 1070 E ar H 754 paketējošo griezējgalvu).....	31
Tab. 20: Nozāgētās biomasas un darba laika patēriņa raksturojums (John Deere 1070 E ar H 754 paketējošo griezējgalvu).....	31
Tab. 21: Darba laika kopsavilkums, veicot savlaicīgu jaunaudžu kopšanu ar John Deere 1070 ar Bracke C16.b.....	32
Tab. 22: Darba laika kopsavilkums, veicot savlaicīgu jaunaudžu kopšanu ar John Deere 1070 E ar H 754 paketējošo griezējgalvu.....	32
Tab. 23: Ar motorinstrumentiem izskopto audžu raksturojums.....	32
Tab. 24: Darba ražīgums izmantoto motorinstrumentu griezumā.....	33
Tab. 25: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums rokas motorinstrumentiem.....	33
Tab. 26: Darba ražīgums izmantoto rokas motorinstrumentu griezumā audzē ar lielāku vidējo koku.....	34
Tab. 27: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums izmantoto rokas motorinstrumentu griezumā audzē ar lielāku vidējo koku.....	34
Tab. 28: Darba ražīgums izmantoto rokas motorinstrumentu griezumā audzē ar mazāku vidējo koku.....	34
Tab. 29: Darba ražīgums izmantoto rokas motorinstrumentu griezumā audzē ar lielāku vidējo koku.....	34
Tab. 30: Darba laika uzskaites kopsavilkums sadalījumā pa cīsmām, c _{min}	35
Tab. 31: Darba laika uzskaites kopsavilkums sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem, c _{min}	35
Tab. 32: Pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš 1 kravas pievešanai, min.....	36
Tab. 33: Pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš 1 m ³ pievešanai, min.....	36
Tab. 34: Vidējā stumbra biomasas aprēķinu vienādojuma koeficienti.....	43
Tab. 35: Aprēķinu vienādojuma koeficienti.....	44
Tab. 36: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī John Deere 1070 D un Ponsse Ergo harvesteram.....	52
Tab. 37: Biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums jaunaudžu kopšanu veicot ar John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu.....	52
Tab. 38: Biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums jaunaudžu kopšanu veicot ar John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.....	52
Tab. 39: Biokurināmā pašizmaksas aprēķinu kopsavilkums jaunaudžu kopšanu veicot ar rokas motorinstrumentiem.....	53

IEVADS

Pētījumā vērtēta mašinizētās kopšanas un rokas motorinstrumentu pielietojšanas biokurināmā sagatavošanai jaunaudzēs, kur koku augstums ir 6-9 m. Modeļpētījumā par biokurināmā resursiem jaunaudzēs konstatēts, ka iegūstamās biomasas korelē ar valdaudzēs koku augstumu, ko raksturo pakāpes vienādojums (Tab. 1 un Att. 1). Lielākais biokurināmā iznākums, kopjot audzes līdz minimālajam šķērslaukumam, pieejami skujkoku un baltalkšņa audzēs. Biokurināmā iznākums būtiski palielinās, ja vidējā koka augstums ir vismaz 5 m (Lazdiņš *et al.*, 2012).

Tab. 1: Kopšanā iegūstamā biomasas atkarībā no valdaudzēs koku augstuma¹

Koku augstums, m	apse	baltalksnis	bērzs	cita suga	egle	melnalksnis	priede	Vidēji
4	1,2		8,8		9,9		4,1	7,3
5	13,8		23,8		36,7	5,9		27,1
6	5,1	38,7	17,7		18,1	7,1		17,1
7	8,6	20,3	17,4		47,9		31,0	28,8
8	184,6	32,3	11,2	29,5	32,8			43,3
9	23,1		25,0	18,6	25,9	18,2	23,2	23,5



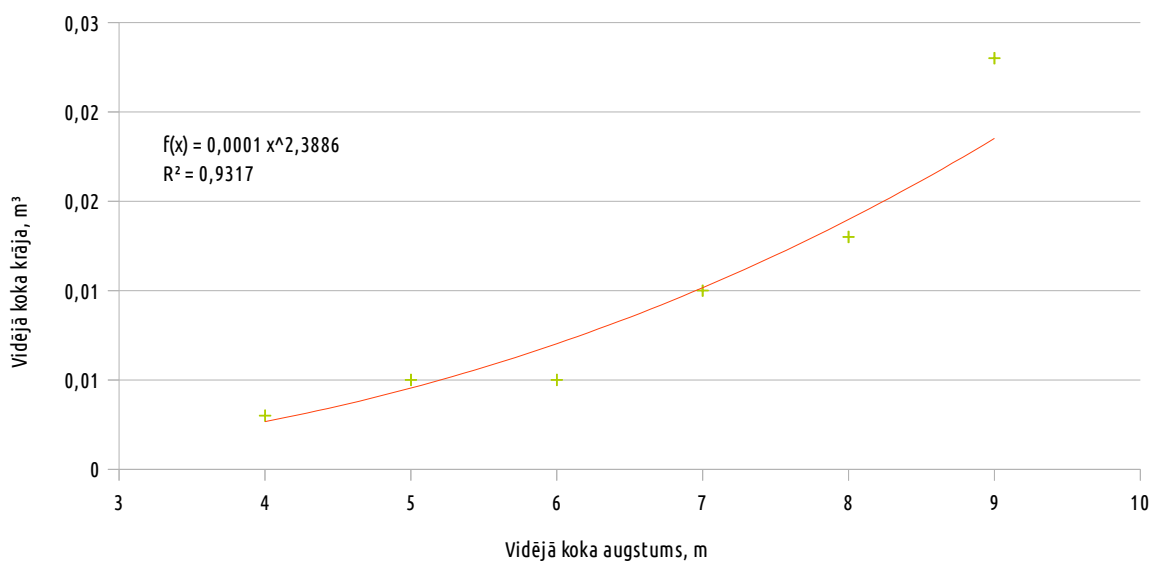
Att. 1: Vidējā koka augstuma un kopšanā iegūstamās biomasas sakarība.

Vidējā koka tilpums jaunaudzēs ir salīdzinoši mazs un atkarīgs no koka sugas un augstuma (Tab. 2). Vidējo krājas un koku augstuma sakarību raksturo pakāpes vienādojums (Att. 2). Zāgējot šādus kokus, harvestera ražīgums būtiski samazinās, pielietojot tradicionālās darba metodes, tāpēc nepieciešami jauni tehniski risinājumi un darba metodes, kas ļautu palielināt harvestera ražīgumu jaunaudžu kopšanā un samazinātu biokurināmā izmaksas.

¹ Dati iegūti, apkopojot 2013.-2015. gadā veikto kopšanas izmēģinājumu rezultātus.

Tab. 2: Vidējā koka stumbra tilpums (m³) atkarībā no valdaudzes koku augstuma

Koku augstums, m	apse	baltalksnis	bērzs	cita suga	egle	melnalksnis	priede	Vidēji
4	0,001		0,002		0,005		0,004	0,003
5	0,002		0,004		0,007	0,003		0,005
6	0,003	0,005	0,004		0,008	0,004		0,005
7	0,002	0,005	0,004		0,013		0,019	0,010
8	0,023	0,005	0,009	0,012	0,013			0,013
9	0,004		0,013	0,032	0,028	0,011	0,027	0,023



Att. 2: Vidējā koka augstuma un krājas sakarība.

Kopā jaunaudzū kopšanā valsts mežos iegūstamas aptuveni 173 tūkst tonnas stumbra biomasas (865 tūkst. ber. m⁻³). Salīdzinot ar mežizstrādē iegūstamajām atliekām, celmu koksnī vai starpcirtēs iegūstamo sīkkoku biomasu, tas irniecīgs daudzums, taču arī šāds biomasas iznākums ļautu samazināt kopšanas izmaksas, padarot šo mežsaimnieciskās darbības pasākumu ekonomiski pievilcīgāku un palielinot augstvērtīgas sīkkoksnes šķeldu piegādes patērētājiem granulu un kokskaidu plātņu ražošanas sektorā. Visvairāk biokurināmā pieejams egles un bērza jaunaudzēs, kur vidējā koka augstums ir vismaz 6 m (Tab. 3).

Tab. 3: Kopšanā iegūstamā biomasas, tūkst. tonnas

Koku augstums, m	apse	baltalksnis	bērzs	cita suga	egle	melnalksnis	priede	Visas sugas
4	0,28		3,55		0,60		0,99	5,42
5	1,65		6,62		11,74	0,99		21
6	0,64	1,25	14,31		10,55	1,26		28,01
7	2,09	1,45	8,63		17,19		8,20	37,55
8	0,20	5,62	4,08	5,30	24,75			39,94
9	3,23		4,73	0,83	22,42	3,03	6,75	40,99
Kopā	8,09	8,31	41,91	6,13	87,25	5,28	15,93	172,9

Pētījumā izvirzītais mērķis ir noskaidrot roku darba, mašinizētās kopšanas, gatavojot veselu stumbru sortimentu, un daļēji atzarotas sīkkoksnes gatavošanas priekšrocības un trūkumus 6-9 augstu koku audzēs. Pētījumā piedalījās pieredzējuši operatori, t.i. jaunaudžu kopšanā pieredzējušākie strādnieki, kas pieejami Latvijā, un tehnika, kas izmantota arī citos izmēģinājumos. Dažādās lapkoku un skujkoku audzēs salīdzināti harvesteri John Deere 1070 ar paketējošo griezējgalvu (gatavo daļēji atzarotus sīkkoku apaļkoksni) un John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu (gatavo veselus stumbrus), kā arī motorzāģis ar rāmi un krūmgriezis (ar abiem instrumentiem gatavo veselus kokus). Motorzāģi ar rāmi apkalpo 1 cilvēks, krūmgrieža operatoram ir palīgs, kas savāc zarus. Darbu izpildes laiks un tehnika mežaudžu griezumā doti Tab. 4.

Tab. 4: Pētījumā iekļautās audzes un tehnika

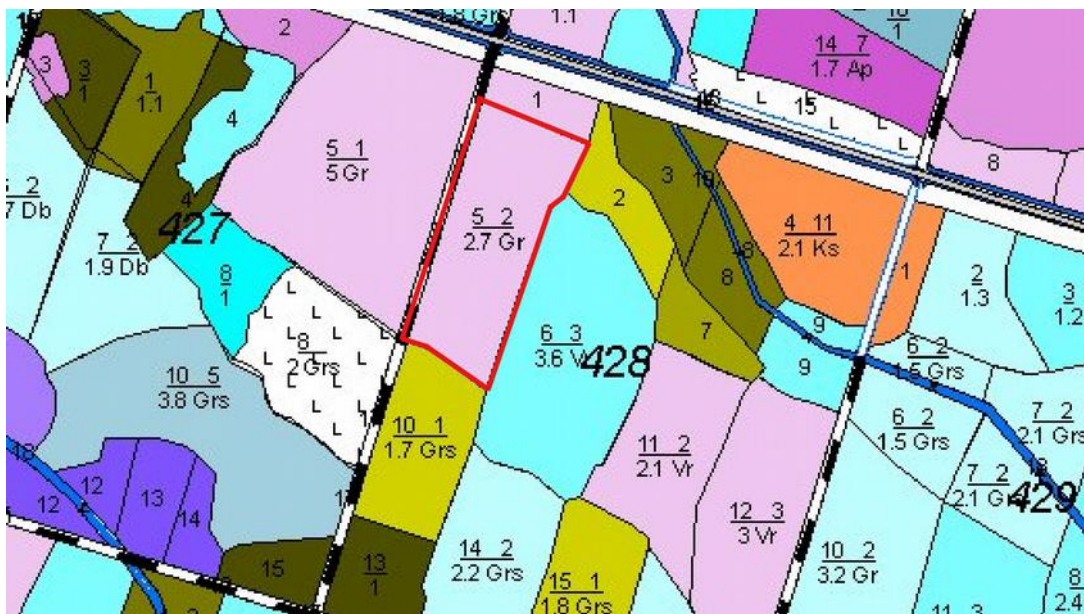
Mežaudze ²	Platība, ha	Raksturojums	Veicamie darbi	Tehnikas vienība un darbu izpildes laiks			
				John Deere 1070 ar paketējošo griezējgalvu	John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu	Motorzāģis ar rāmi	Krūmgriezis
503-331-16	3,3	Platība, ha - 3,3; valdošā suga - priede; vidējais caurmērs, cm - 6,3; vidējais augstums, m - 6,3; koku skaits, gab., ha ⁻¹ - 3538; šķērslaukums, m ² ha ⁻¹ - 11,1	Kopšana līdz minimālajam šķērslaukumam, koridori ik pēc 20 m, ar paketējošo galvu gatavo zāģbaļķu, papīrmalkas un biokurināmā sortimentu, ar Bracke gatavo veselu koku biokurināmā sortimentu, pievešana pēc izstrādes, ar Bracke izstrādāto biomasu šķeldo krautuvē	2013. gada jūlijs	2013. gada septembris		
503-307-6	2	Platība, ha - 2; valdošā suga - bērzs; vidējais caurmērs, cm - 3,6; vidējais augstums, m - 5; koku skaits, gab., ha ⁻¹ - 3086; šķērslaukums, m ² ha ⁻¹ - 3,1	Kopšana līdz minimālajam šķērslaukumam, koridori ik pēc 20 m, ar Bracke galvu, motorzāģi un krūmgriezi gatavo veselu koku biokurināmā sortimentu, pievešana pēc izstrādes, ar rokas darba instrumentiem izstrādāto biomasu šķeldo krautuvē		2013. gada septembris	2013. gada septembris	2013. gada septembris
503-379-27	2,8	Platība, ha - 2,8; valdošā suga - egle; vidējais caurmērs, cm - 7; vidējais augstums, m - 6,3; koku skaits, gab., ha ⁻¹ - 2350; šķērslaukums, m ² ha ⁻¹ - 9,1	Kopšana līdz minimālajam šķērslaukumam, koridori ik pēc 20 m, ar paketējošo galvu gatavo zāģbaļķu, papīrmalkas un biokurināmā sortimentu, ar Bracke gatavo veselu koku biokurināmā sortimentu, pievešana pēc izstrādes, ar Bracke izstrādāto biomasu šķeldo krautuvē	2013. gada jūlijs	2013. gada septembris		
502-428-5	2,7	Platība, ha - 2,7; valdošā suga - bērzs; Vidējais caurmērs, cm - 4,5; vidējais augstums, m - 7,1; koku skaits, gab., ha ⁻¹ - 4500; šķērslaukums, m ² ha ⁻¹ - 7,1	Kopšana līdz minimālajam šķērslaukumam, koridori ik pēc 20 m, ar Bracke galvu, motorzāģi un krūmgriezi gatavo veselu koku biokurināmā sortimentu, pievešana pēc izstrādes, ar rokas darba instrumentiem izstrādāto biomasu šķeldo krautuvē		2013. gada septembris	2013. gada septembris	2013. gada septembris
503-331-18	0,5	Platība, ha - 0,5; valdošā suga - priede; Vidējais caurmērs, cm - 6,8; vidējais augstums, m - 7,6; koku skaits, gab., ha ⁻¹ - 4057; šķērslaukums, m ² ha ⁻¹ - 14,7	Kopšana līdz minimālajam šķērslaukumam, koridori ik pēc 20 m, gatavo zāģbaļķu, ar paketējošo galvu gatavo papīrmalkas un enerģētiskās koksnes sortimentu, ar Bracke galvu gatavo veselu koku sortimentu	2013. gada decembris	2013. gada decembris		

² Kvartālu apgabals, kvartāls un nogabals.

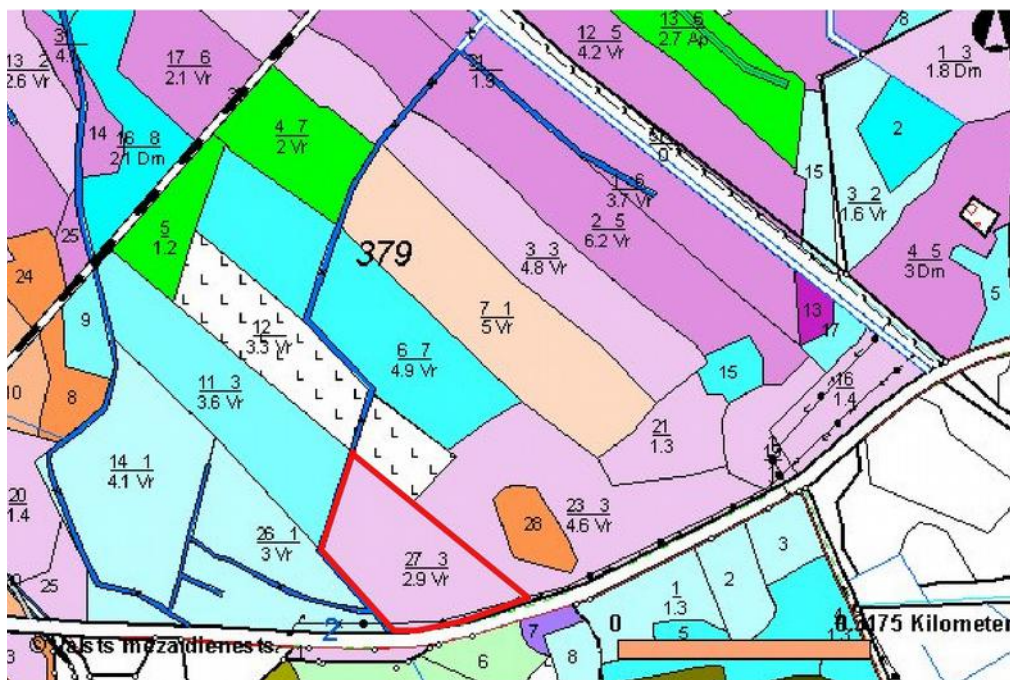
IZMĒĢINĀJUMU OBJEKTI UN DARBA METODIKA

Pētījumu objekti

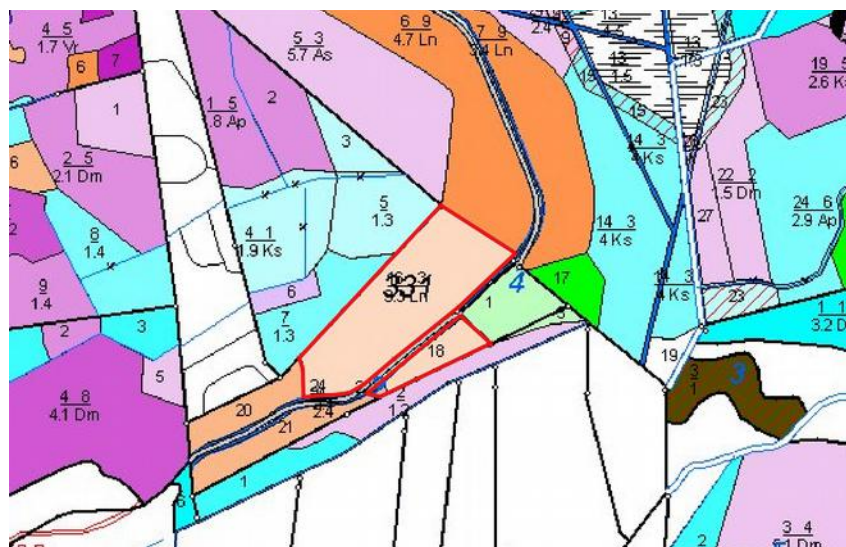
Pētījuma veikšanai atlasītas 5 audzes 502 un 503 kvartāla apgabalā Skrīveru un Kokneses apkārtnē (Att. 3; Att. 4; Att. 5 un Att. 6). Kā audžu atlasē kritēriji izvirzīti audzes vidējā koka augstums, audzes biezums un piemērots reljefs audžu mašinizētai izstrādei.



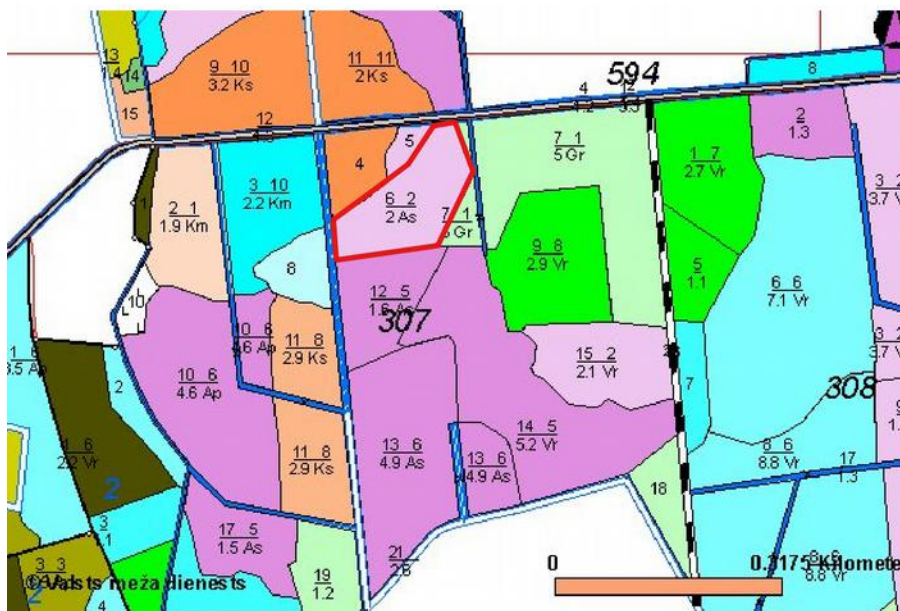
Att. 3: Jaunaudze 502 - 428 - 5 Skrīveru apkārtnē.



Att. 4: Jaunaudze 503 - 379 - 27 Kokneses apkārtnē.



Att. 5: Jaunaudzes 503 - 331 - 16 un 503 - 331 - 18 Kokneses apkārtnē.



Att. 6: Jaunaudze 503 - 307 - 6 Kokneses apkārtnē.

Ar John Deere 1070 harvesters ar Bracke C16.b griezējgalvu biokurināmais sagatavots 1 audzēs Skrīveru apkārtnē- 502 - 428 - 5 (3. sleja) un 3 audzēs Kokneses apkārtnē- 503 - 307 - 6 (1.-3. sleja); 503 - 331 - 16 (2; 4; 6; 8; 10; 12; 14.sleja); 503 - 379 - 27 (1; 3; 5; 7; 9; 10. sleja).

Ar John Deere 1070 E ar paketējošo H 754 griezējgalva biokurināmais sagatavots 3 jaunaudzēs Kokneses apkārtnē- 503 - 331 - 16 (1; 3; 5; 7; 9; 11; 13; 15. slejā); 503 - 331 - 18 (1.-7. sleja) un 503 - 379 - 27 (2; 4; 6; 8. sleja).

Rokas motorinstrumentu darba ražīgums biokurināmā sagatavošanā novērtēts 2 jaunaudzēs (Skrīveru apkārtnē 502-428-5 (izkopti 1.-2. un 4.-5. slejas) un Kokneses apkārtnē 503-307-6 (4. un 5. sleja) . Abās audzēs valdošā suga bija bērzs.

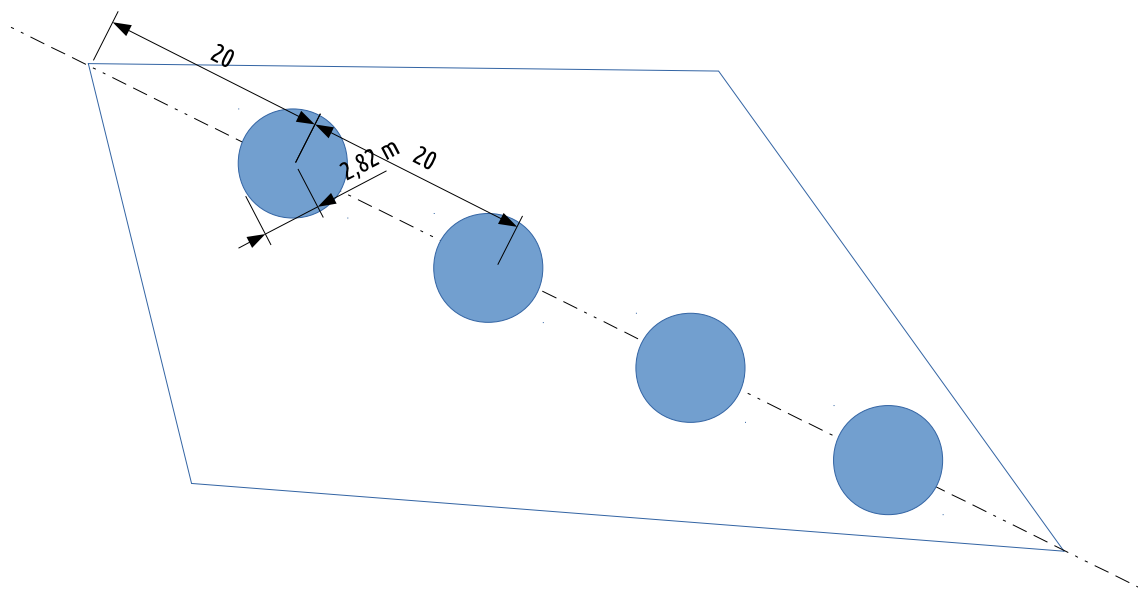
Detalizēts audžu raksturojums pirms kopšanas, kā arī prognozētā izstrādājamā biomasas un koku skaits dots Tab. 5. Koku skaita, krājas un biomasas aprēķinos nav ņemti vērā pameža un paaugas koki un krūmi.

Tab. 5: Audžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas

Audzes kods	Platība, ha	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab., ha ⁻¹	Vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm	Vidējais koku augstums, m	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Stumbra krāja, m ³ ha ⁻¹	Virszemes biomasas, tonnas ha ⁻¹	Stumbra biomasas, t ha ⁻¹	Vidējais koks, m ³
503-307-6	5,4	As	B	1964	4,0	4,1	2,43	9,64	5,45	4	0,005
503-331-16	3,3	Ln	P	3538	7,6	7,2	16,16	87,94	56,81	33,81	0,025
503-331-18	0,5	Ln	P	4057	8,8	7,7	24,74	136,61	102,51	53,07	0,034
503-379-27	2,8	Vr	E	2350	8,2	7,5	12,47	66,38	43,3	24,44	0,028
502-428-5	2,7	Gr	B	4500	5,0	7,1	8,85	40,58	23	18,65	0,009

Sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana

Taksācijas rādītāju noteikšanai pirms jaunaudžu kopšanas ierīkoti aplveida parauglaukumi, kuru platība 25 m². Parauglaukumi izvietoti uz divām diagonālēm ik pēc 20 m vai arī, ja platība neliela, tad tādā skaitā, lai uzmērīto koku skaits audzē būtu vismaz 100 gab. Kociem parauglaukumos noteikta suga un caurmērs 1,3 m augstumā virs sakņu kakla, ja tas lielāks par 4 cm.

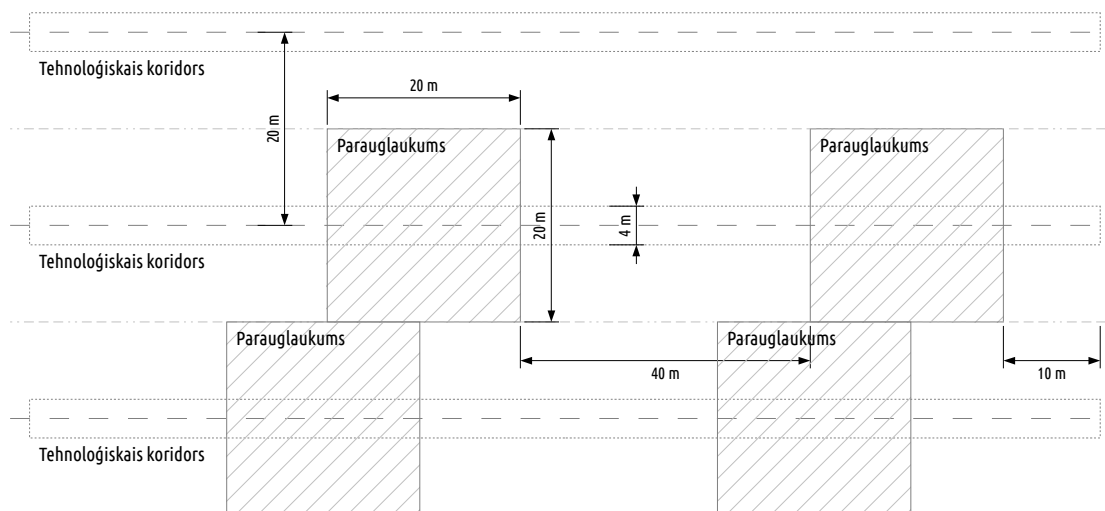


Att. 7: Parauglaukumu izvietojuma shēma sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšanai.

Taksācijas rādītāju noteikšana

Taksācijas rādītāju noteikšanai audzēm pēc kopšanas ierīkoti taisnstūrveida parauglaukumi, kuru garums 20 m un platums – 20 m. Parauglaukumi izvietoti paralēli tehnoloģiskajiem koridoriem tā, lai to vidus ass sakristu ar slejas vidus asi, bet parauglaukumu malas sakristu ar slejas malu līnijām (Error: Reference source not found). Attālums starp parauglaukumiem atkarīgs no koridora garuma. Ja tehnoloģiskais koridors garāks par 160 m, tad parauglaukumi izvietoti ik pēc 40 m, ja īsāks, tad ik pēc 20 m. Visiem parauglaukumā esošajiem kokiem

noteikta suga, ar dastmēru uzmērīts caurmērs 1,3 m augstumā virs sakņu kakla (ja tas lielāks par 4 cm), kā arī noteikts attālums no tehnoloģiskā koridora vidus ass līdz kokam. Augstuma noteikšanai izmantots jau pirms kopšanas izveidotais augstuma līknes vienādojums.



Att. 8: Parauglaukumu izvietojuma shēma taksācijas rādītāju noteikšanai pēc kopšanas.

Audzes izkoptas līdz minimālajam koku skaitam uz hektāra (Ministru Kabinets, 2012). Tehnoloģiskie koridori ierīkoti 20 m attālumā viens no otra. Audžu kopšanām gatavots tikai biokurināmais.

Tab. 6: Mežaudžu raksturojums pēc kopšanas

Audzes kods	Platība, ha	Valdošā suga	Meža tips	Koku skaits, gab., ha ⁻¹	Vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm	Vidējais koku augstums, m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra krāja, m ³ ha ⁻¹	Virszemes biomasa, tonnas ha ⁻¹	Stumbra biomasa, t ha ⁻¹	Stumbra tilpums, m ³
503-307-6	5,4	B	As	1581	5,2	6,1	3,3	15,8	10,2	6,9	0,02
503-331-16	3,3	P	Ln	1051	11,4	9,5	10,8	64,2	58,3	24,7	0,04
503-331-18	0,5	P	Ln	1038	11,3	10,5	10,5	62,7	55,7	25,7	0,25
503-379-27	2,8	E	Vr	902	13,4	10,6	12,7	73,5	69,8	27,5	0,09
502-428-5 ³	2,7	B	Gr	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 7: Dendrometrisko rādītāju salīdzinājums pirms un pēc kopšanas

Audzes kods	Koku skaits, gab., ha ⁻¹		Vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm		Vidējais koku augstums, m		G, m ² ha ⁻¹		Stumbra krāja, m ³ ha ⁻¹		Stumbra biomasa, t ha ⁻¹		Vidējais koks, m ³	
	pirms	pēc	pirms	pēc	pirms	pēc	pirms	pēc	pirms	pēc	pirms	pēc	pirms	pēc
503-307-6	1964	1581	4,0	5,2	4,1	6,1	2,4	3,3	9,6	15,8	4,0	6,9	0,00	0,02
503-331-16	3538	1051	7,6	11,4	7,2	9,5	16,2	10,8	87,9	64,2	33,8	24,7	0,02	0,04
503-331-18	4057	1038	8,8	11,3	7,7	10,5	24,7	10,5	136,6	62,7	53,1	25,7	0,03	0,25
503-379-27	2350	902	8,2	13,4	7,5	10,6	12,5	12,7	66,4	73,5	24,4	27,5	0,03	0,09
502-428-5	4500		5,0		7,1		8,9		40,5		18,7		0,01	

³ Audze nav pilnībā izkopta, tāpēc mērījumi nav veikti.

Tab. 8: Izskoptās krājas raksturojums pēc dendrometriskajiem rādītājiem

Cirsma kods	Nozāgētās biomasas raksturojums, pārrēķins uz 1 ha				Audzes parametru pieaugums			Kopējais darba apjoms, pārrēķins uz audzi		
	N	G, ²	Krāja, m ³	Stumbra biomasas, tonnas	Caurmērs, + cm	Augstums, + m	Vidējais koks, + m ³	N, gab.	Krāja, m ³	Stumbra biomasas, tonnas
503-307-6	383	-	-	-	1,2	2,0	0,01	2067	-	-
503-331-16	2487	5,3	23,7	9,1	3,8	2,3	0,02	8208	78,2	30,0
503-331-18	3020	14,2	74,0	27,3	2,5	2,8	0,22	1510	37,0	13,7
503-379-27	1448	-	-	-	5,2	3,1	0,06	4054	-	-

Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums

Kokmateriālu sagatavošana

Jaunaudžu kopšana 4 audzēs veikta ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu (Att. 9). Hidraulikas darba spiediens 24/28 MPa, strēles izlice 10 m, dzinēja jauda 182 zirgspēki (136 kW). Garums – 6,82 m, platums 2,96 m, pašmasa 15,5 tonnas. Degvielas patēriņš – vidēji 11 L stundā.



Att. 9: John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.

Trīs jaunaudžu kopšanā izmantots harvesters John Deere 1070 E (14 tonnas bez ķēdēm, Att. 10) ar 180 S strēli (izlice 10 m) un H 754 griezējgalvu (Att. 11), kas īpaši aprīkota vairāku koku vienlaicīgai apstrādei. Koku pārtveršana notiek automātiski, to vada harvestera programmatūra. Strēles kustības laikā harvestera kabīne var griezties līdzi, taču šo funkciju izmanto ne visi operatori, tajā skaitā no pētījumā iesaistītajiem 2 operatoriem, viens atslēdza kabīnes pagriešanās funkciju.

Izmēģinājumos piedalījās 2 pieredzējuši operatori. Operatori pirms tam bija izmantojuši griezējgalvas paketēšanas funkciju, taču viņiem nebija pieredzes ikdienas darbā ar šāda veida iekārtām.



Att. 10: Izmēģinājumos izmantotais harvesters John Deere 1070 E ar griezējgalvu H 754.



Att. 11: Izmēģinājumos izmantotā H 754 griezējgalva⁴.

Vicot jaunaudžu kopšanas darbus ar rokas darba instrumentiem, kopšanā izmantots motorzāģis Husqvarna 562 XP un krūmgriezis Husqvarna 343 FR (Att. 12). Darbus veica LVMI "Silava" darbinieki ar iepriekšēju pieredzi jaunaudžu kopšanā un motorzāģa operatoram bija iepriekšēja pieredze arī biokurināmā sagatavošanā. Operatori strādāja iepriekš sastigotā audzē, attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem 20 m, tehnoloģisko koridoru platums 3,5 m. Abiem operatoriem bija uzdots izzāģēt visus paaugas un pameža kokus un krūmus un savākt par 4 cm resnākos kokus un krūmus tehnoloģiskajiem koridoriem perpendikulārās kaudzītēs, novietojot resgaļus uz koridora pusi tā, lai sīkkoki neatrastos koridorā. Motorzāģa operators strādāja viens pats, vienlaicīgi zāģējot un ar brīvo roku novirzot kokus kaudzītēs. Krūmgrieža operators strādāja pāri ar zaru vācēju, kas krāva nozāģētos sīkkokus kaudzē.

⁴ 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.

Ne ar krūmgriezi, ne motorzāģi sīkkokus nevarēja pārzāgēt uz pusēm, kas radīja grūtības lielāko kociņu novietošanā un būtiski palielināja darba laika patēriņu un fizisko slodzi kopšanas darbu izpildē.



Att. 12: Motorinstrumenti – motorzāģis Husqvarna 562 XP uz rāmja (kreisajā pusē)⁵ un krūmgriezis Husqvarna 343 FR⁶.

Kokmateriālu pievešana

Izmēģinājumos izmantoti vairāki pievedējtraktori. Biokurināmais, kas sagatavots ar John Deere 1070 harvesteru ar Bracke C 16.b griezējgalvu cismās 503 - 307 - 6 (1 - 3 tehnoloģiskais koridors), 503 - 331 - 16 (2; 4; 6; 8; 10; 12. un 14. tehnoloģiskajā koridorā) un 503 - 379 - 27 (2; 4; 6; 8. un 10. tehnoloģiskajā koridorā) pievests ar pievedējtraktoru John Deere 1110 E. Pievešanas darbi platībā, kas izkoptas ar harvesteru John Deere 1070 E ar griezējgalvu H 754 (503 - 331 - 16 (1; 3; 5; 7; 9; 11; 13. un 15. tehnoloģiskais koridors) un 503 - 279 - 27 (1; 3; 5; 7. un 9. tehnoloģiskais koridors)) veikti ar pievedējtraktoru Timberjack 810 D un ar pievedējtraktoru John Deere 1110 E (503-331-18, 1. tehnoloģiskais koridors).

Sagatavotais biokurināmais no ar John Deere 1070 E ar griezējgalvu H 754 izkoptajām audzēm pievests izmantojot Timberjack 810B (Att. 13) ar TJ 51F 87 strēli. Pievedējtraktora strēles garums 8 m, mašīnas platums 2,4 m, pilna masa 21 tonna, pašmasa 11 tonnas. 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 cismā izklaidēts. Vienā kravā varēja būt līdz 3 sortimentu grupas. Šāda pieeja palielināja darba laika patēriņu izkraušanās laikā, bet samazināja pārbraucienu skaitu un ilgumu. Pievešanas notika 1 maiņā diennakts gaišajā laikā. Pievešanā piedalījās 1 operators.

⁵ Foto – Kaspars Liepiņš.

⁶ Foto – <http://www.mcsew.com.au/Uploads/Images/343fr.jpg>



Att. 13: Timberjack 810 B pievedējtraktors⁷.

Izmēģinājumos veselu stumbru pievešanā izmantotajam vidējas klases pievedējtraktoram John Deere 1110E (Att. 14) ir pagarināts rāmis, tādējādi pievešanai iespējams iekraut 2 rindas 3 m garu sortimentu. Līdz 6 m garos nogriežņos sazāgēto sīkkoku pievešanu rāmja garums būtiski neietekmē, taču, kā tas redzams attēlā, pagarinātais rāmis ļauj biomasu sakraut kompaktāk un samazināt paliekošo koku bojājumus. Pievedot sīkkokus no jaunaudzēm pēc kopšanas ar Bracke C16.b griezējgalvu, pagarinātajam rāmim jābūt obligātai prasībai iepirkumā.



Att. 14: Pievedējtraktors John Deere 1110 E ar garo rāmi.

Daļēji atzarotos sīkkokus pieveda jaunāks John Deere 1110 E pievedējtraktors ar īso rāmi (Att. 15). Pievedējtraktora pašmasa 15500 kg, dzinēja jauda 183 zirgspēki, degvielas patēriņš 11 L stundā, kravnesība 12000 kg, platums 3,4 m.

⁷ Foto – http://www.google.lv/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CacQjRw&url=http%3A%2F%2Fkotschenreuther-neufang.de%2Fforestry%2Fgebrauchtmaschinen%2Ftimberjack-forwarder-810d%2F&ei=7p2KVJe_I1q4ygOYxoLICg&bvm=bv.81828268,d.d24&psig=AFQjCNHaOzvHgOm8qNDacNAc4BeIpCwTqQ&ust=1418456823895586



Att. 15: Pievedējtraktors John Deere 1110 E ar īso rāmi.

Kokmateriālu izvešana

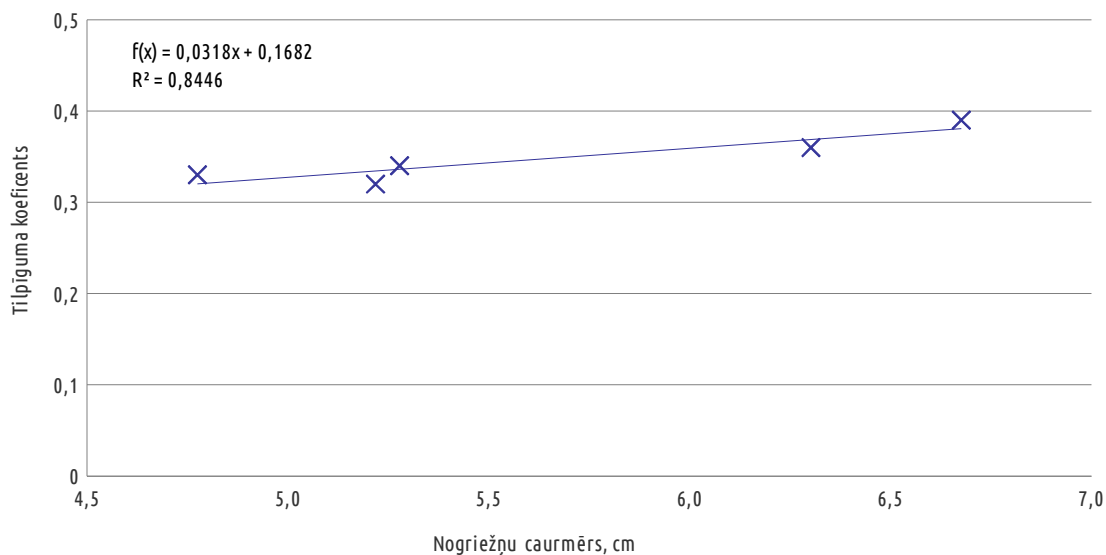
Pašizmaksas modelī izmantoti pieņēmumi no pārskata par apaļo kokmateriālu un šķeldu piegādes ražīgumu un izmaksām (Kalēja *et al.*, 2014). Aprēķins veikts 2 scenārijiem – patērētājam piegādā šķeldas, kas sagatavotas augšgala krautuvē ar mobilo šķeldotāju, un patērētājam piegādā daļēji atzarotus sīkkokus. Šķeldu un apaļo kokmateriālu piegādes attālums pieņemts 50 km vienā virzienā.

Kokvedēji

Pētījumos par daļēji atzaroto sīkkoksnes un šķeldu transportēšanu konstatēts, ka apaļo kokmateriālu caurmērs būtiski ietekmē daļēji atzarotas sīkkoksnes kravu tilpīguma koeficientu. Pieaugot sīkkoksnes caurmēram, palielinās kravas tilpīguma koeficients. Lapkoku sīkkoksnes kravu tilpīguma koeficients, neatkarīgi no kokmateriālu caurmēra, ir būtiski mazāks nekā skuju koku sīkkoksnes kravām. Pētījumos secināts, ka pārveidojot daļēji atzarotus lapkoku sīkkoksni, neskatoties uz lielāku koksnes blīvumu un neatkarīgi no vidējā koka dimensijām, kokvedēja pilnīga noslogošana (piekraušana, lai pilna masa sasniegtu 52 tonnas) nav iespējama.

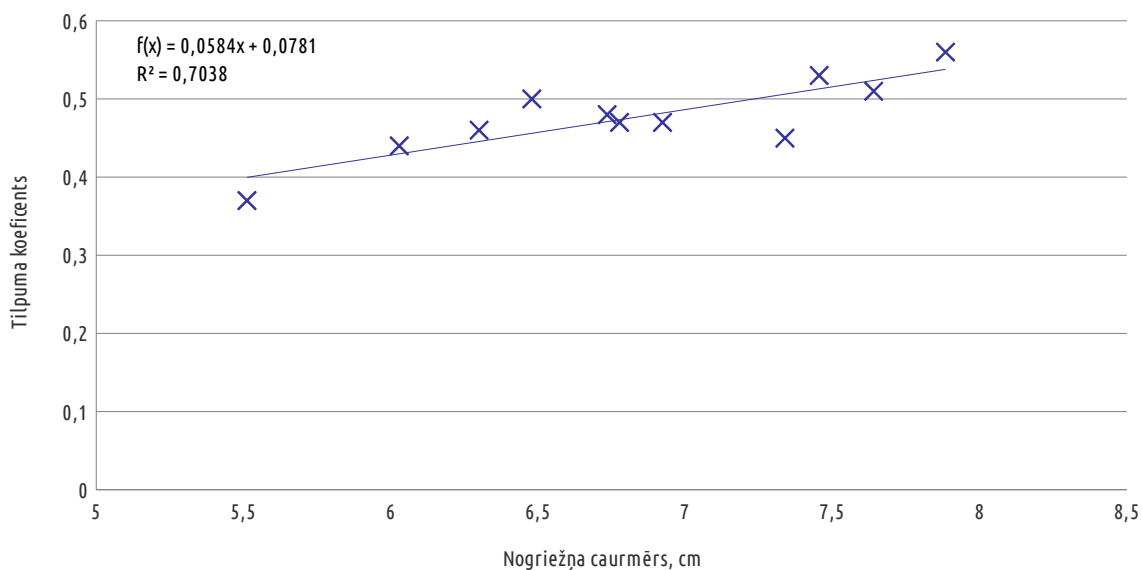
Sīkkoksnes transportēšanas galvenais trūkums ir kokvedēja mazā ietilpība, kas jebkuros apstākļos padara kokvedēja izmantošanu mazāk izdevīgu par šķeldu vedēja ar konteineru sastāvu vai puspiekabi izmantošanu. Izņēmums ir situācijas, kad apaļo kokmateriālu realizācijas cena ir būtiski lielāka par šķeldu realizācijas cenu. Šāda situācija teorētiski ir iespējama skuju koku kokmateriāliem, pieaugot ražošanas apjomam kokskaidu granulū rūpnīcās (Kalēja *et al.*, 2014).

Salīdzinot pētījumu ietvaros piegādāto kontrolpaku datus, ir vērojama lineāra sakarība starp nogriežņa vidējo caurmēru un tilpīguma koeficientu – palielinoties nogriežņa vidējam caurmēram palielinās tilpīguma koeficients (Att. 16). Šo sakarību lapkoku audzē (502-436-1) raksturo lineārs vienādojums ar determinācijas koeficientu ($R^2 = 0,7385$). Kokmateriālu piegādes pašizmaksas jutīguma analizē lapkoku audzē izmantots Att. 16 dotais vienādojums.



Att. 16: Vidējā caurmēra un lapkoku kravas tilpīguma koeficienta sakarība.

Nogriežņa vidējā caurmēru un tilpīguma koeficienta sakarība skujkoku audzes parādīta Att. 17. Šo sakarību raksturo lineārs vienādojums ar determinācijas koeficientu ($R^2 = 0,7038$).



Att. 17: Vidējā caurmēra un skujkoku sīkkoku kravas tilpīguma koeficienta sakarība.

Kokvedēja iekraušanā efektīvā darba laika īpatsvars pieņemts 100 %, izkraušanā – 98 %, atbilstoši labākajiem rādītājiem skujkoku audzēs, jo pētījumā iegūtais lielais neefektīvā darba laika īpatsvars lapkoku audzēs var būt neobjektīvs rādītājs, kas saistīts ar šoferu neapmierinātību par kokmateriālu kvalitāti un diskusijām par tā transportēšanu. Vidējais efektīvais darba laiks 1 kravas iekraušanai un izkraušanai arī pieņemts atbilstoši skujkoku audzēs iegūtajiem rezultātiem, attiecīgi, 36 min. un 19 min., jo lapkoku audzēs nenotika detalizēta darba laika uzskaitē, bet tikai kopējā darba laika hronometrāža.

Šķeldu vedēji

Šķeldu piegādes pašizmaksas aprēķinos pieņemts, ka izmanto uz sāniem izgāžamu konteineru vedēju ar kopējo tilpumu 110 m³. Koksnes mitruma ietekme uz maksimāli pieļaujamo kravas apjomu aprēķinos nav ņemta vērā, pieņemot, ka šķeldo un transportē mežā vai augšgala krautuvē apžāvētu koksni. Šķeldu vedēja vidējais ātrums pieņemts 50 km stundā, vidējais transportēšanas attālums 1 virzienā 50 km, izkraušānās ilgums, ieskaitot gaidīšanu, 20 min.

Šķeldotāji

Šķeldošanai izmantojot veselus stumbrus vidēji efektīvajā stundā iespējams sagatavot 1 kravu jeb 17 sausnas tonnas, kas atbilst 112,6 ber m³ dabiski mitra materiāla (mitruma saturs 47 %). Divu 55 m³ lielu konteineru piešķeldošanai patērē 59 min. darba laika, tajā skaitā mašīnu nomaīņa.

Šķeldošanai izmantojot tehnoloģisko malku, vidēji efektīvajā stundā iespējams sagatavot 0,9 kravas jeb 10 sausnas tonnas, kas atbilst 93,8 ber m³ dabiski mitra materiāla. Divu 55 m³ lielu konteineru piešķeldošanai patērē 70 min. darba laika, tajā skaitā mašīnu nomaīņa. Koeficienti, kas raksturo no dažādiem materiāliem sagatavotās kravas, doti Tab. 9.

Tab. 9: Koeficienti šķeldošanas ražīguma pārrēķiniem, raksturojot vienu kravu

Variants	Kravas lielums				Pārrēķinu koeficienti šķeldu apjoma noteikšanai, ber. m ³		
	tonnas sausnas	dabiski mitras tonnas	m ³	ber. m ³	no tonnām sausnas	no kravas tonnām	no m ³
Daļēji atzarotu sikkoku šķeldošana	19	31	41	110	5,79	3,55	2,68
Veselu stumbru šķeldošana	16,8	31,7	37	110	6,55	3,47	2,97

Darba laika uzskaitē

Aprīkojums

Darba laika uzskaitē veikta ar specializētu triecienu un mitruma izturīgu laukdatoru Allegro CX (Att. 18), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI.



Att. 18: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.

Visām tehnikas vienībām darba laiks iespēju robežās pielāgota motorstundu uzskaitē, t.i. pēc dzinēja noslāpēšanas programmu aptur un atsāk darba laika uzskaiti, kad dzinējs tiek atkal iedarbināts.

Kopšanas darbi

Jaunaudžu kopšanā izmantojot John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, izstrādes darba laika uzskaitē veikta 4 maiņās (maiņas ilgums 6 stundas) pamīšus strādājot 2 pieredzējušiem operatoriem, gan diennakts gaišajā, gan tumšajā laikā.

Darba laika patēriņš noteikts katram darba ciklam atsevišķi, fiksējot satverto koku vidējo caurmēru (zāģējuma augstumā – 0,5 m no sakņu kakla) un skaitu. Darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 10. Izmēģinājuma ietvaros sagatavots biokurināmais. Biokurināmais jaunaudžu kopšanas darbu laikā krauts tehnoloģiskā koridorā abās malās.

Tab. 10: Izstrādes darba laika uzskaites elementi John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	obs	darba laika uzskaites cikla numurs
	dd	satverto koku vidējais caurmērs $d_{1,3}$, mm
	skaits	satverto koku skaits, gab.
	pus	nozāģētie pusstumbri
	piezīmes	dažādas piezīmes, tajā skaitā par pārtraukumiem, pārbraucieniem, koridora maiņu un taml.
Efektīvais darba laiks	sniedz	sniegšanās pēc koka
	satver	koka satveršanas laiks
	zage	koka nozāģēšana
	pievelk	stumbra pievilkšana un novietošana sortimentu kaudzē
	citas	citas nestandarta operācijas, t.sk. pameža zāģēšana un mašīnas apkope
	brauc	Pārvietojas pa cirsma
	iebrauc & izbrauc	patērētais laiks iebrucot, izbrucot
	pamezs	pameža zāģēšana
	klāj ceļus	ceļa ieklāšana
	pārkniebj	stumbra pārzāģēšana
Neefektīvais darba laiks	stop	ar darbu nesaistītas darbības

Jaunaudžu kopšana ar John Deere 1070 E ar griezējgalvu H 754 veica 2 pieredzējuši operatori, mainoties ik pa 6 stundām. Darba laika patēriņš noteikts katram darba ciklam atsevišķi, fiksējot satverto koku vidējo caurmēru (zāģējuma augstumā (0,5 m no sakņu kakla) atbilstoši harvestera mērījumiem) un skaitu. Darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 10. Kokmateriāli jaunaudžu kopšanas darbu laikā krauti tehnoloģiskā koridorā abās malās.

Tab. 11: Izstrādes darba laika uzskaites elementi John Deere 1070 E ar griezējgalvu H 754

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	obs	darba laika uzskaites cikla numurs
	d	satverto koku vidējais caurmērs d_b , mm
	skaits	satverto koku skaits, gab.
	operators	harvestera operatora vārds
	apalkoki	standarta apalkoksnes sortimentu nogriežņu skaits
	malka	sikkoku un (ja vākts kopā) malkas sortimentu nogriežņu skaits
	piezīmes	dažādas piezīmes, tajā skaitā par pārtraukumiem, pārbraucieniem, koridora maiņu un taml.

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Efektīvais darba laiks	sniedz	sniegšanās pēc koka
	satver	koka satveršanas laiks
	zage	koka nozāģēšana
	akumule	pakētojošā mehānisma pielietošana
	pievelk	koku pievilksana/ 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
Neefektīvais darba laiks	stop	ar darbu nesaistītas darbības
	remon	remonts

Jaunaudžu kopšanā ar rokas motorinstrumentiem uzskaitīts kopējais zāģeru darba laiks, zaru vācēja darba laiks, kā arī patērētās degvielas apjoms.

Pievešanas darbi

Darba laika patēriņa uzskaitē veikta katrai kravai atsevišķi, tajā skaitā noteikts strēles darba ciklu skaits kravas izveidošanai. Darba laika uzskaites elementi Timberjack 810 B pievedējtraktoram un cita informācija, kas fiksēta hronometrāžas laikā, parādīta Tab. 12. Pievešanas notika 1 maiņā diennakts gaišajā laikā. Pievešanā piedalījās 1 operators.

Tab. 12: Pievešanas darba laika uzskaites elementi Timberjack 810 B

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	skielade	Iekraušanas ciklu skaits
	skizlade	Izkraušanas ciklu skaits
	operators	Pievedējtraktora operatora vārds
	sortiments	pievestais sortiments
Produktīvais darba laiks	iebrauc	Iebraukšanas cīsmā laiks
	iekrauj	Iekraušanas cikla laiks
	parbr	Pārvietošanas pa cīsmu uzkrāvojoties
	ara	Izbraukšana uz augšgala krautuvi
	izlade	Izkraušanas laiks
	brauc	Pārbraucieni augšgala krautuvē starp sortimentu kaudzēm
	ieklaj	Ceļa ieklāšana
	cits	Citas operācijas, t.sk. mašīnas apkope
Neproduktīvais darba laiks	remon	Tehnikas remonts
	sver	Pievedējtraktora svēršana
	stop	Ārpus darba laiks

Kokmateriālu pievešanas darba laika uzskaitē pievedējtraktoram John Deere 1110 E veikta nepārtraukti (24 stundas – gan diennakts gaišajā, gan tumšajā laikā). Pievešanas darbus veica 4 pieredzējuši operatori. Viena operatora maiņas ilgums – 24 stundas.

Pievešanas procesā pievedējtraktoram uzskaitīts darba laika patēriņš un pievestās kravas. Darba laika patēriņa uzskaitē veikta katrai kravai atsevišķi, tajā skaitā noteikts strēles darba ciklu skaits kravas izveidošanai. Darba laika uzskaites elementi un cita informācija, kas fiksēta hronometrāžas laikā, parādīta Tab. 13.

Tab. 13: Pievešanas darba laika uzskaites elementi John Deere 1110 E

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	skaits	sortimentu skaits greifera satvērienā
	piezīmes	dažādas piezīmes, tajā skaitā par pārtraukumiem, pārbraucieniem, koridora maiņu un taml.
Produktīvais darba laiks	sniedz	sniedzās pēc sortimenta pie iekraušanas vai izkraušanas
	satver	sortimentu satveršana pie iekraušanas vai izkraušanas
	manip	darbības ar manipulatoru sortimentu salaišanas brīdī
	iekrauj	sortimenta iekraušana, kas ilgst no sortimenta satveršanas brīža, līdz satverto sortimentu palaišanai vaļā kravas tilpnē
	pārbr	pārvietošanās pa cīrsmu
	snieg	sniega tīrīšana no sortimenta vai sortimenta meklēšana pa sniegu
	izkrauj	sortimenta izkraušana, kas ilgst no sortimenta satveršanas brīža kravas tilpnē, līdz satverto sortimentu palaišanai vaļā krautuvē
	kraut	pārvietošanās pa krautuvi
	brauc	pēc kravas tilpnes piekraušanas braukšana uz krautuvi
	iekļaj	zaru iekļāšana vai izņemšana no tehnoloģiskā koridora
	cits	citas ar darbu saistītas operācijas (izkritušu sortimentu pacelšana, sortimentu pielīdzināšana utt.)
Neproduktīvais darba laiks	remonts	tehnikas remonts pie iedarbināta dzinēja
	sver	pievedējtraktora svēršana
	stop	darbības, kas nav saistītas ar darbu (atpūta, telefona sarunas u.c. darbības)

Pievestā materiāla uzskaitē

Pievedējtraktoru svēršanai izmantoja firmas CAS ražojuma svarus RW-15P (Att. 19). To svēršanas diapazons ir 50-15 000 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 svariem ar krāsainu 5 m garu lentu iezīmēts taisns ceļa posms, kurā operatoram jāizlīdzina traktors, lai abi vienas ass riteņi uz platformām uzbrauktu vienlaicīgi.



Att. 19: 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 iekļauts darba laika uzskaitē pievešanā izmantojot pievedējtraktoru John Deere 1110 E.

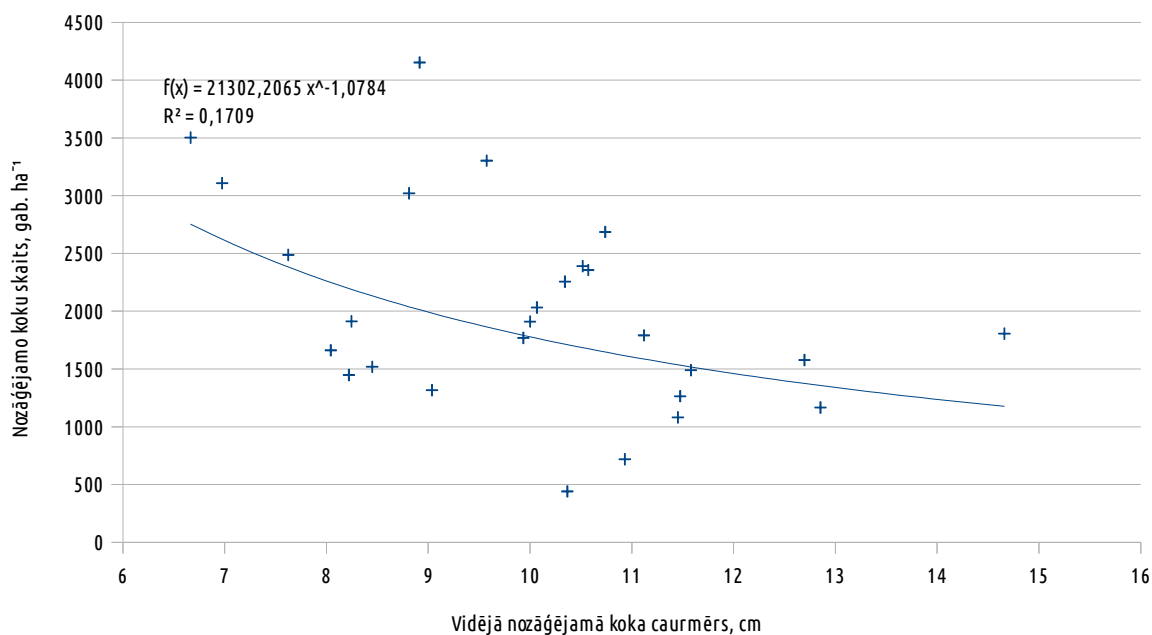
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

Jaunaudzū kopšanas darbi un biokurināmā pievešanas darbi veikti laikā no 2013. gada 11. jūlija līdz 2013. gada 3. decembrim, bet pēdējās kokmateriālu kravas izvestas 2014. gada 3. februārī. Ņemot vērā plašo laika apstākļu diapazonu šajā laikā, laika apstākļu ietekme uz kopšanas un pievešanas ražīgumu nav vērtēta.

Lielākā daļa audžu izkopta bezlapu stāvoklī, t.i. pameža ietekme bija minimāla. Izņēmums ir 502-436-1 objekts, kas izkopts vasarā un atbilstoši operatoru atzinumam bija viens no sarežģītākajiem objektiem mašīnizētai kopšanai ar paketējošo griezējgalvu, pateicoties blīvajam lapkoku pamežam.

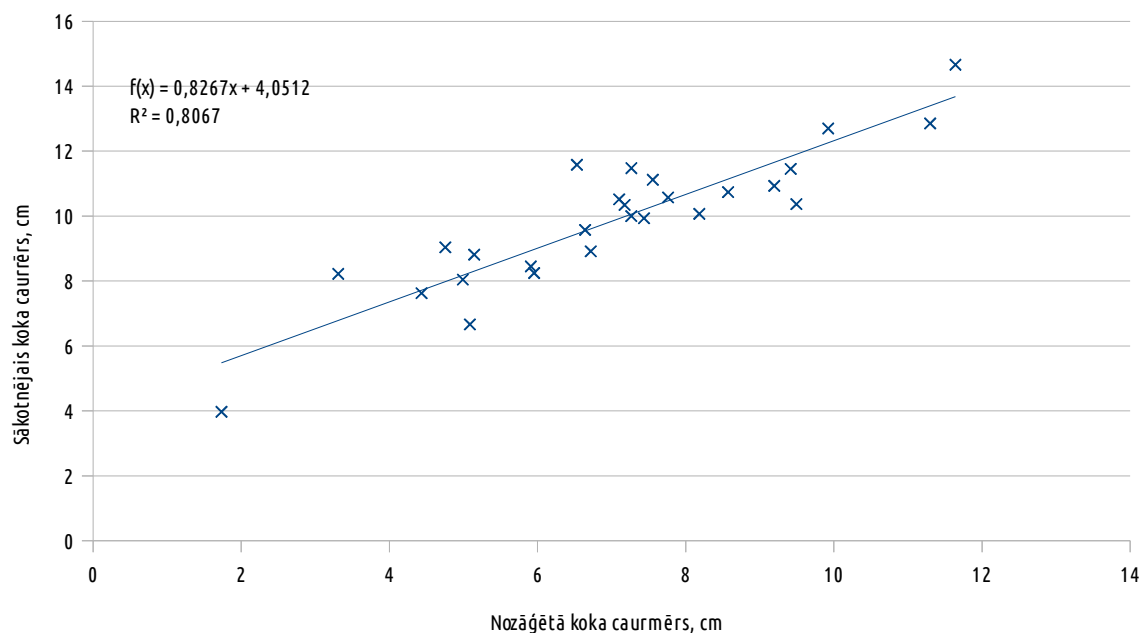
Aprēķini pēc biomasas vienādojumiem

Nozāgējamo koku skaitu sadalījumā pa caurmēra pakāpēm raksturo pakāpes vienādojums, kas dots Att. 20.



Att. 20: Nozāgējamo koku skaits.

Nozāgējamo koku caurmēra aprēķināšanai no sākotnējā koka caurmēra izmanto Att. 21 doto lineārās regresijas vienādojumu.



Att. 21: Nozāgējamo koku caurmērs.

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

Lai metodi varētu pielietot, nepieciešams zināt koka augstumu (H) un krūša augstuma caurmēru ($D_{1.3}$). Aprēķinos izmantota 1. formula.

$$V = \Psi * L^{\alpha} * D^{\beta * \lg(H) + \phi}, \text{ kur} \quad (1)$$

V – krāja (m^3);
 L – stumbra garums (m);
 $\Psi, \alpha, \beta, \phi$ – koku sugai raksturīgi aprēķina koeficienti.

Koku sugai atbilstoši pārrēķina koeficienti doti Tab. 14

Tab. 14: Pārrēķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai

Koku suga	Ψ	$\alpha\alpha$	$\beta\beta$	$\phi\phi$
Priede	$1,6541 \cdot 10^{-4}$	0,56582	0,25924	1,59689
Egle	$2,3106 \cdot 10^{-4}$	0,78193	0,34175	1,18811
Bērzs	$0,9090 \cdot 10^{-4}$	0,71677	0,16692	1,75701
Apse, bligzņa	$0,5020 \cdot 10^{-4}$	0,92625	0,02221	1,95538
Melnalksnis	$0,7950 \cdot 10^{-4}$	0,77095	0,13505	1,80715
Baltalksnis	$0,7450 \cdot 10^{-4}$	0,81295	0,06935	1,85346
Osis, goba, vīksna, kļava	$0,8530 \cdot 10^{-4}$	0,73077	0,0682	1,91124

Audzēs koku virszemes biomasas aprēķināšanai izmantots biomasas aprēķina vienādojums (2. formula). Vienādojuma X un Y pārrēķina koeficienti doti Tab. 15.

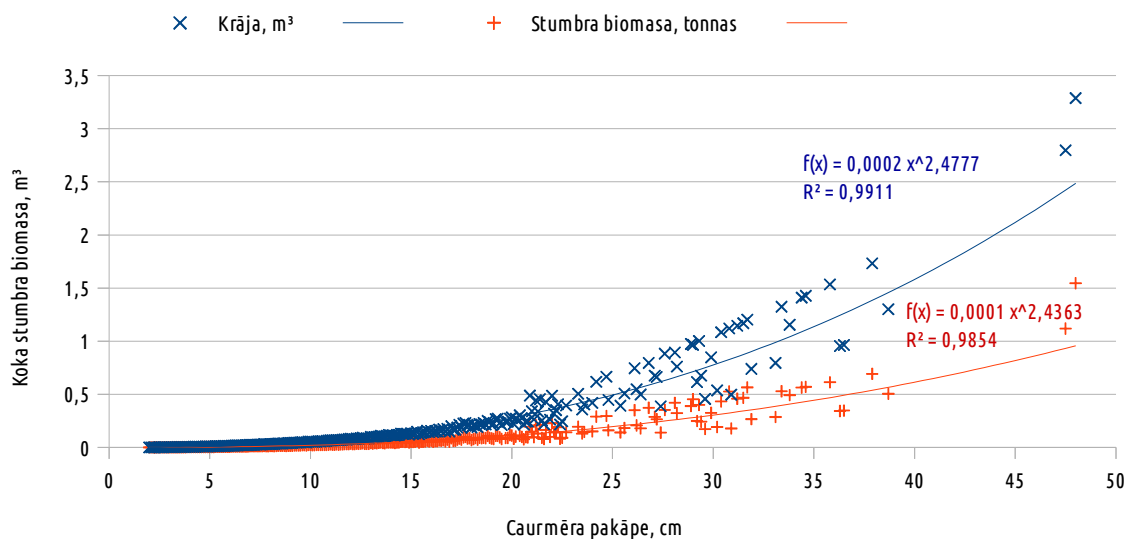
$$\text{Virszemes biomasas (kg)} = x * D^y, \text{ kur} \quad (2)$$

D – caurmērs 1,3 m augstumā (cm).

Tab. 15: Pārrēķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai

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

Nozāģētajiem kokiem nav noteikta suga, tāpēc izstrādātā krāja un biomasas aprēķināta, izmantojot regresijas vienādojumus, kas iegūti, salīdzinot visu pētāmajās audzēs uzmērīto koku caurmēru, krājas un stumbra biomasas sakarības. Att. 22 parādīti pakāpes vienādojumi, kas izmantoti nozāģēto koku krājas un stumbra biomasas aprēķināšanai pēc darba laika uzskaites datiem.



Att. 22: Koku stumbra biomasas aprēķināšanas vienādojumi.

Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze

Pašizmaksas aprēķins veikts saskaņā ar Tab. 16 doto pašizmaksas aprēķina gaitu. Aprēķinos izmantoti dati, kas nav iegūti konkrēto izmēģināju ietvaros, bet citos līdzīgos izmēģinājumos (dati par kokvedējiem, šķeldotājiem un šķeldu vedējiem).

Tab. 16: Pašizmaksas aprēķinu gaita

Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
Investīcijas					
Sākotnējās investīcijas, EUR	A				
Nolietojuma periods, gadi	B				
Aizdevuma procentu likme, %	C				
Atlikusī vērtība, EUR	D	$P=0,15 * M$			
Investīciju koeficients	E	$Q=\frac{\frac{0}{100}*(1+\frac{0}{100})^N}{(1+\frac{0}{100})^N-1}$			
Investīcijas, EUR gadā	F	$R=Q*(M-P)$			
Atalgojums					
Algas likme, EUR stundā	G				
Soc. nodoklis, %	H				
Darba dienas gadā	I				
Maiņas ilgums, stundas	J				
Virsstundas maiņā, stundas	K				
Virsstundu atalgojums, EUR stundā	L	$X=S$			

Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
Maiņu skaits dienā			M		
Lietderības koeficients			N		
Tehnikas pārvietošana, reizes gadā			O		
Pārbrauciena ilgums, stundas			P		
Virsstundas gadā	Q		$AC = U * W * Y$		
Normālās darba stundas gadā	R		$AD = U * V * Y$		
Motorstundas gadā	S		$AE = (AD + AC) * Z - AA * AB$		
Atalgojums par normālo darbu, EUR gadā	T		$AF = S * AD$		
Atalgojums par virsstundām, EUR gadā	U		$AG = X * AC$		
Sociālais nodoklis, EUR gadā	V		$AH = (AF + AG) * T$		
Atalgojums kopā, EUR gadā	W		$AH = (AF + AG) * T$		
Operacionālās izmaksas					
Degviela, EUR L ⁻¹	X		$AJ = B$		
Smērvielas, EUR 400 g ⁻¹			Y		
Degvielas patēriņš, L ber. m ⁻³			Z		
Degvielas patēriņš motorstundā, L			AA		
Degvielas patēriņš, L 100 km ⁻¹			AB		
Smērvielas, g motorstundā			AC		
Remonti, EUR motorstundā			AD		
Šķeldotāja naži, EUR ber. m ⁻³			AE		
Pārvietošanās izmaksas, EUR pārbrauciens			AF		
Apdrošināšana, EUR gadā			AG		
Degvielas izmaksas, EUR gadā	AH		$AT = AM * AJ * AE$		
Smērvielas, EUR gadā	AI		$AT = AO * AK * AE$		
Remonti, EUR gadā	AJ		$AV = AP * AE$		
Tehnikas pārvešana, EUR gadā	AK		$AW = AR * AA$		
Operacionālās izmaksas kopā, EUR gadā	AL		$AX = AW + AV + AU + AT$		
Kopējās izmaksas, tūkst. EUR gadā	AM		$AY = \frac{AX + AI + AS}{1000}$		
Izmaksas darba stundā, EUR	AN		$AZ = \frac{AY}{AC + AD}$		

Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
Izmaksas motorstundā, EUR	AO	$BA=\frac{AY}{AE}$			
EUR ber. m ³ (tonna ⁸)	AP	$BB=\frac{AY*1000}{BM}$			
Darba ražīgums					
Iekraušana, min kravai	AQ				
Izkraušana, min kravai	AR				
Gaidīšanas laiks min kravai	AS				
Vidējais ātrums ⁹ , m min ⁻¹ ; km h ⁻¹	AT				
Attālums vienā virzienā ¹⁰ , m; km	AU	-	BG=C	-	BG=D
Braukšanas laiks, min	AV	$BH=\frac{BG*2}{BF}$ (pievedējtraktors) $BH=\frac{BG*2}{BF}*60$ (kravas mašīnas)			
Mašīnas darba laiks kravai, min	AW	BI=BH+ BC+ BD+ BE			
Mašīnas darba laiks kravai, stundas	AX	$BJ=\frac{BI}{60}$			
Vidējā krava ¹¹ , ber. m ³ (sausnas tonnas)	AY				BK= H
Darba ražīgums, ber. m ³ (tonnas ¹²) motorstundā	AZ	-	$BL=\frac{BK}{BJ}$	96,51	$BL=\frac{BK}{BJ}$
Ražošana, ber. m ³ gadā	BA	BM=BL*AE* J			
Krāja, ber. m ³ ha ⁻¹	BB				
Kopējais darba laiks, ha	BC	$BO=\frac{\frac{BN}{J}}{\frac{BL}{Z}}$			
Ražošana, ha gadā	BD	$BP=\frac{BM}{BN}$			

⁸ Pievedējtraktoram izmaksas izteiktas EUR tonnā.

⁹ Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km h⁻¹; pievedējtraktoram – m min⁻¹.

¹⁰ Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km; pievedējtraktoram – m.

¹¹ Sausnas tonnās izsaka pievedējtraktora kravu.

¹² Sausnas tonnas pievedējtraktora darba ražīguma apzīmēšanai.

DARBA REZULTĀTI

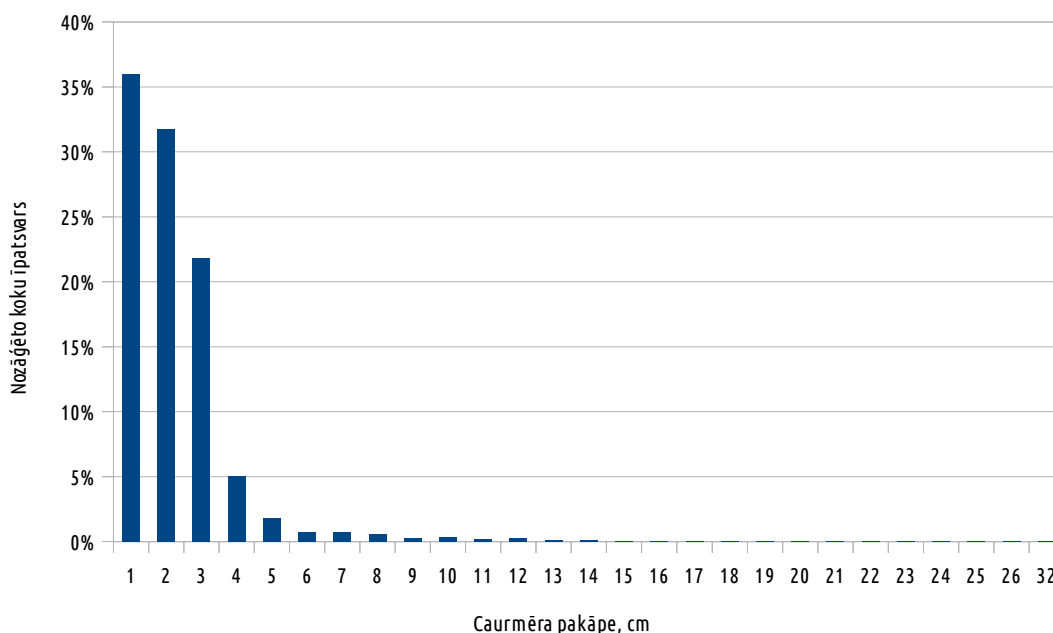
Jaunaudžu kopšanas darba ražīgums

Dati ievākti meža nogabalos 502. un 503. kvartālu apgabalā Skrīveru un Kokneses apkārtnē, kur jaunaudžu kopšana veikta izmantojot John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu, kā arī rokas motorinstrumentus- motorzāģis Husqvarna 562 XP uz rāmja un krūmgriezis Husqvarna 343 FR.

Izmēģinājumi ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, veikti laikā no 16.09.2013 līdz 24.09.2013 (503 - 379 - 27, 503 - 331 - 16 un 503 - 307 - 6). Jaunaudžu kopšana ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu veikta laikā no 11.07. līdz 12.07.2013. (503 - 379 - 27; 503 - 331 - 16 un 503 - 379 - 27) un 03.12.2013. (503 - 331 - 18). Darbs ar rokas motorinstrumentiem veikts 2013. gada septembrī.

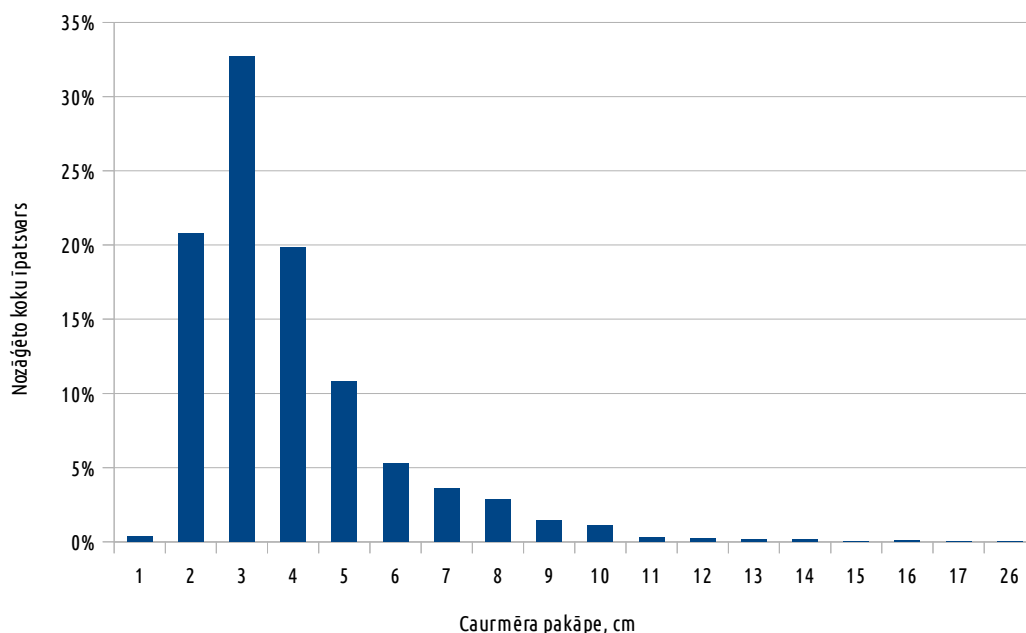
Jaunaudžu kopšanā, veicot to mašinizēti vai ar rokas motorinstrumentiem, pielietota viena darba metode – gatavots tikai biokurināmais.

Kopšana veikta jaunaudzēs ar salīdzinoši nelieliem kokiem, 68 % no ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu nozāģētajiem kokiem pieskaitāmi caurmēra pakāpēm līdz 2 cm (Att. 23).



Att. 23: Ar Bracke C16.b griezējgalvu nozāģēto īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.

Vairāk kā puse jeb 54 % no ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu nozāģētajiem kokiem pieskaitāmi caurmēra pakāpēm līdz 3 cm (Att. 24).



Att. 24: Ar John Deere 1070 E harvesteru paketējošo griezējgalvu nozāgēto koku īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.

Tā kā pamežs pirms jaunaudzju kopšanas uzsākšanas netika izzāgēts, abu mašīnu operatori salīdzinoši daudz laika ir veltījuši pameža zāģēšanai, kas veido lielo nozāgēto koku īpatsvaru ar salīdzinoši mazu caurmēru.

Ar rokas motorinstrumentiem nozāgēto koku skaits un caurmērs netika noteikts.

Ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, izkopto audžu darba ražīguma rādītāju kopsavilkums dots Tab. 17. Kopā izmēģinājumos trijās jaunaudzēs nozāģēti vairāk kā 36 tūkst. koki, vidējā nozāģētā koka caurmērs 4 cm, vidējais darba ciklā apstrādāto koku skaits 10 gab. Vienam kokam vidēji patērētas 14,6 sekundes tiešā darba laikā. Vidēji 1 ber. m³ biokurināmā sagatavošanai patērētas 28 minūtes tiešā darba laikā (Tab. 18).

Ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu izkopto audžu darba ražīguma rādītāju kopsavilkums dots Tab. 19. Kopā izmēģinājumos trijās audzēs nozāģēti vairāk kā 3 tūkst. koki, vidējā nozāģētā koka caurmērs 10 cm, vidējais darba ciklā apstrādāto koku skaits 1,5 gab. Vienam kokam vidēji patērētas 31,8 sekundes tiešā darba laikā. Vidēji 1 ber. m³ biokurināmā sagatavošanai patērētas 66 minūtes tiešā darba laikā (Tab. 18).

Tab. 17: Darba laika uzskaites kopsavilkums sadalījumā pa cirmām (John Deere 1070 ar Bracke C16.b)

Audzes kods	Novērojumu skaits	Koku D _{1,3} , cm	Koku skaits, gab.	Sniegšanās	Satveršana	Nozāģēšana	Pievilkšana	Atzarošana/garumošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Pameža zāģēšana	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Nedarbi	Efektīvais laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais darba laiks
503-307-6	1441	2,7	16426	45778	35126	20948	23028	4322	7516	11192	1380	1318	4478	43730	155086	198816	112556
503-331-16	1192	4,7	11309	32336	12678	14365	17621	23263	10732	8024	2024	723	3332	30862	125098	157349	111759
503-379-27	997	6,1	9217	33624	8319	8845	14827	14581	6386	9621	1335	3262	6388	32908	107188	145516	82486

Tab. 18: Nozāģētās biomasas un darba laika patēriņa raksturojums (John Deere 1070 ar Bracke C16.b)

Audzes kods	Darba ciklu skaits	Nozāģēto koku skaits	Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	Koku skaits satvērienā	Tiešais darba laiks 1 kokam, sek.	Tiešais darba laiks darba ciklam, sek.	Tiešais darba laiks uz 1 ber. m³, min.	Vidējā stumbra biomasas, kg	Koka stumbra tilpums, m³	Stumbru biomasas kopā, kg	Šķeldas kopā, ber. m³
503-307-6	1441	16426	2,7	11,4	5,8	58,2	38,9	0,9	0,002	8061,4	45,1
503-331-16	1192	11309	4,7	9,5	17,8	60,1	22,7	5,9	0,015	16084,2	90,1
503-379-27	997	9217	6,1	9,2	20,3	57,6	21,8	11,3	0,032	16717,1	93,6

Tab. 19: Darba laika uzskaites kopsavilkums sadalījumā pa cirmām (John Deere 1070 E ar H 754 paketējošo griezējgalvu)

Audzes kods	Novērojumu skaits	Koku D _{1,3} , cm	Koku skaits, gab.	Sniegšanās	Satveršana	Nozāģēšana	Pievilkšana	Atzarošana/garumošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Pameža zāģēšana	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Nedarbi	Efektīvais laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais darba laiks
503-331-16	385602	9,5	1324	10294	2847	2561	8166	12229	80	3036	5280	11513	1371	4091	7164	66748	78496	61286
503-331-18	208337	8,4	1275	10318	2161	2022	6263	10016	33	1512	4128	10717	268	1078	10052	52644	65123	51298
503-379-27	93530	11,3	499	4500	1250	1120	2900	5803	0	980	2207	537	0	3238	4414	24742	29528	21504

Tab. 20: Nozāģētās biomasas un darba laika patēriņa raksturojums (John Deere 1070 E ar H 754 paketējošo griezējgalvu)

Audzes kods	Darba ciklu skaits	Nozāģēto koku skaits	Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	Koku skaits satvērienā	Tiešais darba laiks 1 kokam, sek.	Tiešais darba laiks darba ciklam, sek.	Tiešais darba laiks uz 1 ber. m³, min.	Vidējā stumbra biomasas, kg	Koka stumbra tilpums, m³	Stumbru biomasas kopā, kg	Šķeldas kopā, ber. m³
503-331-16	911	1324	9,5	1,5	35,4	40,5	52,0	3,9	0,009	3547,6	22,0
503-331-18	645	1275	8,4	2,0	31,2	46,9	43,2	7,2	0,013	4464,7	27,3
503-379-27	432	499	11,3	1,2	28,7	30,5	103,0	1,7	0,004	737,7	4,4

Tiešā darba laika īpatsvars John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu bija vidēji 80 % no efektīvā laika (Tab. 21 un Tab. 22). Vismazākais tiešā darba laika īpatsvars kopējā darba laikā ir audzēs ar mazāko vidējo nozāgēto koku.

Tab. 21: Darba laika kopsavilkums, veicot savlaicīgu jaunaudžu kopšanu ar John Deere 1070 ar Bracke C16.b.

Audzes kods	Kopējais darba laiks,min. ber. m ⁻³	Efektīvais darba laiks,min. ber. m ⁻³	Tiešais darba laiks,min. ber. m ⁻³	Tiešais darba laiks no efektīvā darba laika	Efektīvais darba laiks no kopējā darba laika
503-307-6	44,0	34,4	24,9	73%	78%
503-331-16	17,5	13,9	12,4	89%	80%
503-379-27	15,5	11,5	8,8	77%	74%
Vidēji	25,7	19,9	15,4	80%	77%

Tab. 22: Darba laika kopsavilkums, veicot savlaicīgu jaunaudžu kopšanu ar John Deere 1070 E ar H 754 paketējošo griezējgalvu.

Kods	Kopējais darba laiks,min. ber. m ⁻³	Efektīvais darba laiks,min. ber. m ⁻³	Tiešais darba laiks,min. ber. m ⁻³	Tiešais darba laiks no efektīvā	Efektīvais darba laiks no kopējā
503-331-16	35,6	30,3	27,8	92%	85%
503-331-18	23,9	19,3	18,8	97%	81%
503-379-27	67,9	56,9	49,4	87%	84%
Vidēji	42,5	35,5	32,0	92%	83%

Darba laika uzskaites rādītāji, veicot kopšanu ar rokas motorinstrumentiem, doti Tab. 23. Kopā jaunaudžu kopšanā nostrādātas 54 stundas, neskaitot 27 stundas sīkkoku vākšanai. Kopējais degvielas patēriņš izmēģinājumos 27 L. Izkopto jaunaudžu raksturīgs skats ar tehnoloģisko koridoru centrā redzams Att. 25.

Tab. 23: Ar motorinstrumentiem izkopto audžu raksturojums

Kods	Slejas Nr.	Izmantotie rokas motorinstrumenti	Zāģera darba ilgums, stundas	Zaru vācēja darba laiks, stundas	Degvielas tilpums, L	Slejas platība, m ²	Vidējais koks, m ³	Min. koku skaits, gab., ha ⁻¹
502-428-5	1	Motorzāģis ar rāmi	9,23	-	4,75	2000	0,007	1600
	2	Krūmgriezis	8,87	8,87	4,05	2740	0,007	1600
	4	Motorzāģis ar rāmi	12,82	-	6,18	2400	0,007	1600
	5	Krūmgriezis	13,88	13,88	7,38	2400	0,007	1600
503-307-6	4	Krūmgriezis	4,7	4,7	2,53	3060	0,005	1600
	5	Motorzāģis ar rāmi	4,02	0	2,28	3420	0,005	1600



Att. 25: Izkopta audze ar sīkkoku kaudzītēm un tehnoloģisko koridoru pa vidu.

Darba ražīguma rādītāji kopšanas darbos izmantoto rokas motorinstrumentu griezumā abās audzēs, pārrēķinot uz 1 ha, doti Tab. 24. Strādājot ar krūmgriezi, 1 ha izkopšanai un sīkkoksnes savākšanai jāpatērē 67 stundas, bet, strādājot ar motorzāģi uz rāmja – 33 stundas. Vidējais zāģēšanas laiks abos variantos būtiski neatšķiras. Arī degvielas patēriņš abās darba metodēs ir līdzīgs. Stundas laikā, t.sk. zaru vācēja darba laiks, ar krūmgriezi var apstrādāt 24 sīkkokus, bet ar motorzāģi ar rāmi 42 sīkkokus (Tab. 25). Jāņem vērā, ka šajā darba laikā ietilpst arī pameža kopšana, kas nav saistīta ar biokurināmā gatavošanu. Viena ber. m³ šķeldu sagatavošanai, strādājot ar krūmgriezi, jāpatērē 1,1 stunda, bet, strādājot ar motorzāģi ar rāmi – 0,6 stundas. Jāņem vērā, ka atbilstoši motorzāģa operatora atzinumam, darbs jaunaudzē ar lielākajiem kokiem bija ļoti smags un ilgstoši tādu slodzi nevar izturēt.

Tab. 24: Darba ražīgums izmantoto motorinstrumentu griezumā

Izmantotie motorinstrumenti	Darba laiks, stundas ha ⁻¹			Degvielas patēriņš, L ha ⁻¹	Izstrādātā platība, ha	Vidējais degvielas patēriņš, L stundā	Biomasa, tonnas ha ⁻¹		Šķeldas, ber. m ³ ha ⁻¹	Nozāģēto koku skaits, gab. ha ⁻¹
	zāģeris	zaru vācējs	kopā				stumbrs	virszemes biomasa		
Krūmgriezis	33	33	67	17	0,82	0,5	7,8	10	61	1595
Motorzāģis ar rāmi	33	-	33	17	0,78	0,5	7,4	9,6	57	1395

Tab. 25: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums rokas motorinstrumentiem

Izmantotie motorinstrumenti	Darba laiks uz 1 koku, sek.	Stundā apstrādātie koki	Darba laiks uz 1 tonnu virszemes biomasas, stundas	Darba laiks uz 1 ber. m ³ šķeldu
Krūmgriezis	151	24	6,6	1,1
Motorzāģis ar rāmi	86	42	3,5	0,6

Darba ražīguma rādītāji kopšanas darbos izmantoto rokas motorinstrumentu griezumā audzē ar lielākajiem kokiem, pārrēķinot uz 1 ha, doti Tab. 26. Strādājot ar krūmgriezi, 1 ha izkopšanai

un sīkkoksnes savākšanai jāpatērē 89 stundas, bet, strādājot ar motorzāģi uz rāmja – 50 stundas, attiecīgi, ar abām metodēm būtiski vairāk. Vidējais zāģēšanas laiks un degvielas patēriņš ir lielāks, strādājot ar motorzāģi ar rāmi. Stundas laikā, t.sk. zaru vācēja darba laiks, ar krūmgriezi var apstrādāt 17 sīkkokus, bet ar motorzāģi ar rāmi 25 sīkkokus (Tab. 27). Viena ber. m³ šķeldu sagatavošanai, strādājot ar krūmgriezi, jāpatērē 1,1 stunda, bet, strādājot ar motorzāģi ar rāmi – 0,6 stundas.

Tab. 26: Darba ražīgums izmantoto rokas motorinstrumentu griezumā audzē ar lielāku vidējo koku

Izmantotie motorinstrumenti	Darba laiks, stundas ha ⁻¹			Degvielas patēriņš, L ha ⁻¹	Izstrādātā platība, ha	Vidējais degvielas patēriņš, L stundā	Biomasa, tonnas ha ⁻¹		Šķeldas, ber. m ³ ha ⁻¹	Nozāģēto koku skaits, gab. ha ⁻¹
	zāģeris	zaru vācējs	kopā				stumbrs	virszemes biomasa		
Krūmgriezis	44	44	89	22	0,51	0,5	10,5	13,6	82	1490
Motorzāģis ar rāmi	50	-	50	25	0,44	0,5	10,5	13,6	82	1276

Tab. 27: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums izmantoto rokas motorinstrumentu griezumā audzē ar lielāku vidējo koku

Darba metode	Darba laiks uz 1 koku, sek.	Stundā apstrādātie koki	Darba laiks uz 1 tonnu virszemes biomasas, stundas	Darba laiks uz 1 ber. m ³ šķeldu
Krūmgriezis	213	17	6,5	1,1
Motorzāģis ar rāmi	141	25	3,7	0,6

Tab. 28: Darba ražīgums izmantoto rokas motorinstrumentu griezumā audzē ar mazāku vidējo koku

Darba metode	Darba laiks, stundas ha ⁻¹			Degvielas patēriņš, L ha ⁻¹	Izstrādātā platība, ha	Vidējais degvielas patēriņš, L stundā	Biomasa, tonnas ha ⁻¹		Šķeldas, ber. m ³ ha ⁻¹	Nozāģēto koku skaits, gab. ha ⁻¹
	zāģeris	zaru vācējs	kopā				stumbrs	virszemes biomasa		
Krūmgriezis	15	15	31	8	0,31	0,5	3,4	4,4	26	1485,71
Motorzāģis ar rāmi	12	-	12	7	0,34	0,6	3,4	4,4	26	1485,71

Tab. 29: Darba ražīgums izmantoto rokas motorinstrumentu griezumā audzē ar lielāku vidējo koku

Darba metode	Darba laiks uz 1 koku, sek.	Stundā apstrādātie koki	Darba laiks uz 1 tonnu virszemes biomasas, stundas	Darba laiks uz 1 ber. m ³ šķeldu
Krūmgriezis	74	48	7	1,2
Motorzāģis ar rāmi	29	127	3	0,5

Pievešanas darba ražīgums

Pievešanas darba laika uzskaitē veikta lielākai daļa pievešanas darbu. Ar pievedējtraktoru John Deere 1110 E no izmēģinājumu objektiem pievestas 23 kravas (16 kravām veikta darba laika uzskaitē), bet ar Timberjack 810 B pievestas 28 kravas. Pievedējtraktora darba laiks kopsavilkums cirsmu un pievedējtraktoru griezumā dots Tab. 30 un Tab. 31.

Tab. 30: Darba laika uzskaites kopsavilkums sadalījumā pa cirmām, cmin.

Cirsmas kods	Izstrādes tehnika	Pievedējtraktors	Kravu skaits, gab.	Iebrauc	Iekrauj	Pābrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Ieklāj ceļu	Citi darbi	Nedarbi	Sver
503-307-6	Bracke C16.b	Timberjack 810B	6	2 640	4 840	1 603	2 671	1 122	0	0	63	235	0
503-331-16	John Deere	Timberjack 810B	11	4 270	22 488	6 467	1 548	4 235	705	0	3 058	2 741	0
	Bracke C16.b	John Deere 1110 E	10	3 353	6 150	2 328	3 459	2 339		0	1 400	559	0
503-379-27	John Deere	John Deere 1110 E	6	2 251	9 062	2 954	2 298	3 021	276	0	1 075	245	1 192
	Bracke C16.b	Timberjack 810B	11	6 942	8 525	3 299	6 325	2 573	59	208	908	161	0

Tab. 31: Darba laika uzskaites kopsavilkums sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem, cmin.

Pievedējtraktors	Kravu skaits, gab.	Iebrauc	Iekrauj	Pābrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Ieklāj ceļu	Citi darbi	Nedarbi	Sver
John Deere 1110 E	16	5 604	15 212	5 282	5 757	5 360	276	0	2 475	804	1 192
Timberjack 810B	28	13 852	35 853	11 369	10 544	7 930	764	208	4 029	3 137	0

Vidējais efektīvā darba laika patēriņš 1 kravas pievešanai abiem pievedējtraktoriem dots Tab. 32 1 m³ apaļo kokmateriālu pievešanai attiecīgi Tab. 33.

Tab. 32: Pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš 1 kravas pievešanai, min.

Pievedējtraktors	Iebrauc	Iekrauj	Pārbrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvieto as izkraujot	Ieklāj ceļu	Citi darbi	Remontē	Sver	Efektīvais darba laiks
John Deere 1110 E	3,5	9,5	3,3	3,6	3,4	0,2	0,0	1,6	0,0	0,8	25,7
Timberjack 810B	5,0	12,8	4,1	3,8	2,8	0,3	0,1	1,4	0,0	0,0	30,2

Tab. 33: Pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš 1 m³ pievešanai, min.

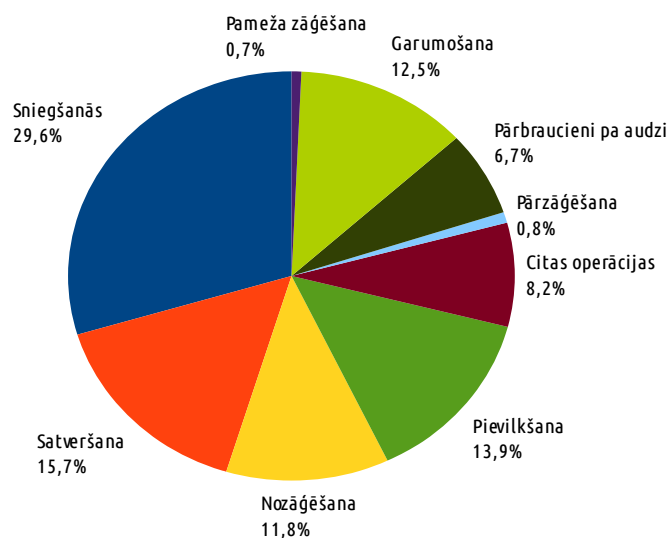
Pievedējtraktors	Iebrauc	Iekrauj	Pārbrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvieto as izkraujot	Ieklāj ceļu	Citi darbi	Remontē	Sver	Efektīvais darba laiks
John Deere 1110 E	0,4	1,0	0,3	0,4	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	2,6
Timberjack 810B	1,1	2,8	0,9	0,8	0,6	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	6,6

Darba ražīguma aprēķini

Jaunaudžu kopšana

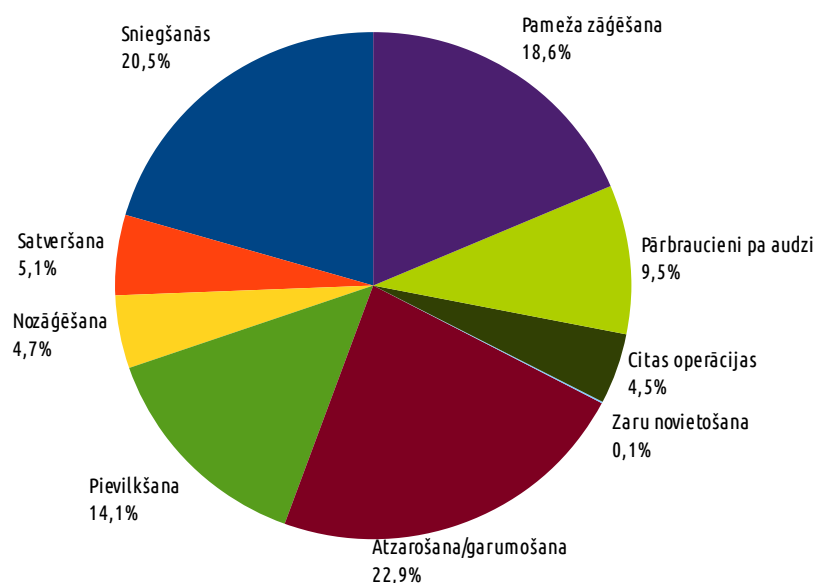
Strādājot ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu jaunaudžu kopšanā, tiešajā darba stundā sagatavoja 99 kokus, bet ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu 96 kokus. Veicot jaunaudžu kopšanas darbus ar rokas motorinstrumentiem, ievērojamas atšķirības redzamas darba laika patēriņa dimensijās lielāku un mazāku koku apstrādē. Izmantojot rokas motorinstrumentus jaunaudžu kopšanā ar salīdzinoši lielākām izzāgējamu koku dimensijām, tiešajā darba stundā apstrādāti vidēji 21 koks. Audzēs ar salīdzinoši mazām izzāgējamu koku dimensijām, tiešajā darba stundā apstrādāti vidēji 88 koki. Ar rokas motorinstrumentiem apstrādāto koku skaits tiešajā darba stundā, salīdzinājumā ar jaunaudžu kopšanā izmantotajām mežizstrādes mašīnām, ir vidēji gandrīz uz pusi mazāks (vidēji 54 koki tiešajā darba stundā), tāpat grūtības sagādā dimensijās lielāku koku apstrāde.

Darba laika sadalījuma grafikā Att. 26 redzams, ka visvairāk efektīvā darba laika, strādājot ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, patērēts, sniedzoties un nozāgējot kokus (kopā 42 % efektīvā darba laika). Pārzāgēšanai patērētais darba laiks ir 14 % no efektīvā darba laika. Lielākā daļa koku pārzāgēti pēc noguldīšanas uz zemes. Pameža zāgēšana aizņem tikai 1 % efektīvā darba laika, taču faktiski pameža zāgēšana, ieskaitot citas ar to saistītos darba operācijas ir aptuveni 21 % no efektīvā darba laika, t.i. visi darba cikli, kas nenoslēdzas ar kokmateriālu sagatavošanu.



Att. 26: Efektīvā darba laika struktūra (John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu).

Analizējot ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu veikto jaunaudzū kopšanu, patērētā efektīvā darba laika struktūra parāda (Att. 27), ka visvairāk efektīvā darba laika tērē sniedzoties pēc koka, kam seko pameža zāģēšana. Vismazāk īpatsvaru efektīvajā darba laikā veido zaru novietošana.



Att. 27: Efektīvā laika struktūra (John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu).

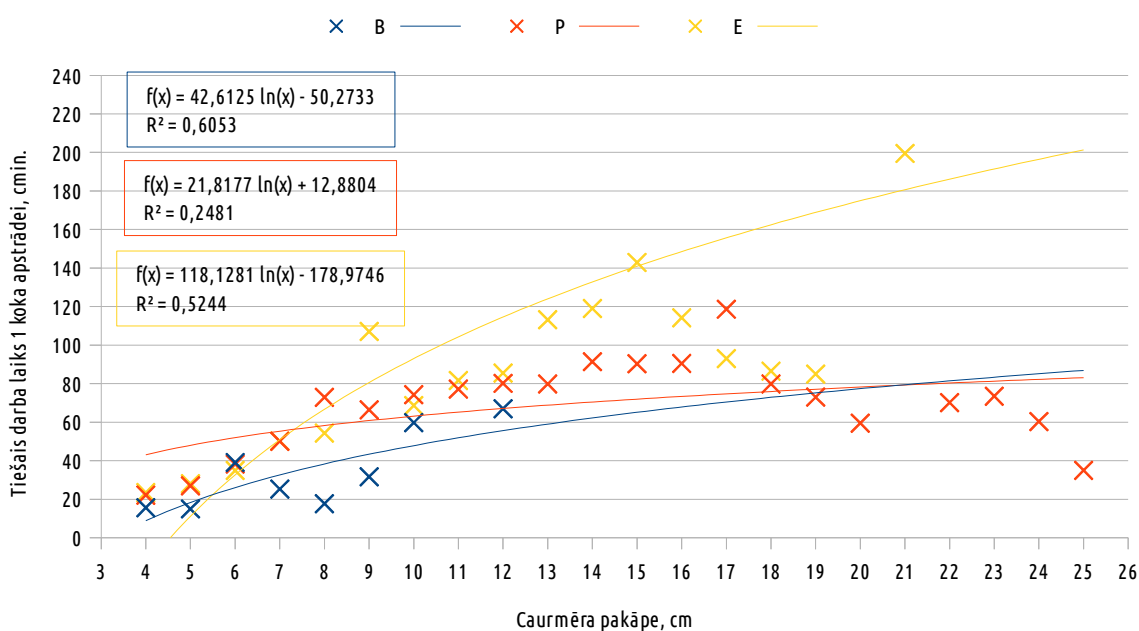
Rokas motorinstrumentu izmantošanā atsevišķi netika analizēts efektīvā darba laika sadalījums.

Jaunaudzū kopšanas darbos izmantojot mežizstrādes mašīnas, iegūtie dati parāda, ka darba laika patēriņš 1 koka apstrādei egļu audzēs ir būtiski lielāks nekā bērza un priedes audzēs (Att. 28). Parastā bērza un egles audzēs straujš darba laika patēriņa pieaugums vērojams, zāģējot vidēji 7 cm resnus kokus, turpretim, priedes audzēs darba laika patēriņa pieaugums ir

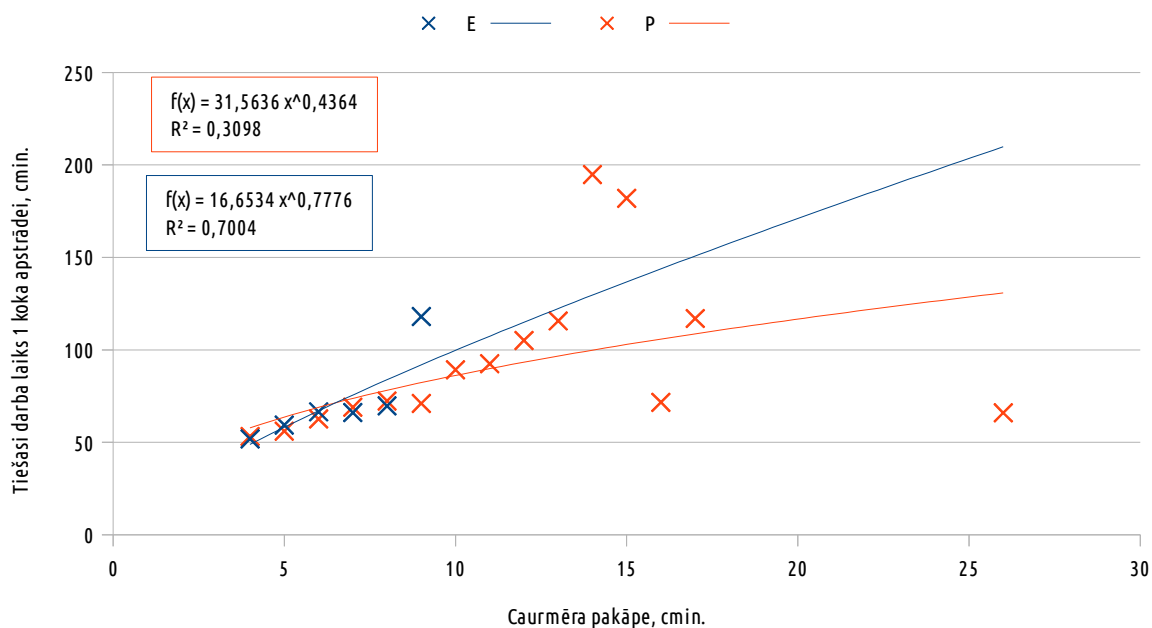
vienmērīgs, atkarībā no nozāgētā koka caurmēra. Iegūtie rezultāti var būt skaidrojami gan ar kopjamo jaunaudžu īpatnībām (atšķirīgs biezums), gan citiem faktoriem, kas apgrūtina bērzu un egļu zāgēšanu. Jaunaudžu kopšanu veicot ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, starp darba ražīguma rādītājiem viena koka apstrādē, salīdzinot koku sugas, statistiski būtiskas atšķirības sugu griezumā pastāv gan apstrādājot bērzu un priedi ($p = 0,001$), gan bērzu un egli ($p = 0,02$), kā arī starp priedi un egli ($p = 0,03$). Egļu apstrāde aizņem salīdzinoši visvairāk laika, bērza – vismazāk.

Veicot jaunaudžu kopšanu, izmantojot John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu, tiešā darba laika patēriņā viena kok apstrādei statistiski būtiskas atšķirības sugu griezumā netika konstatētas (Att. 29).

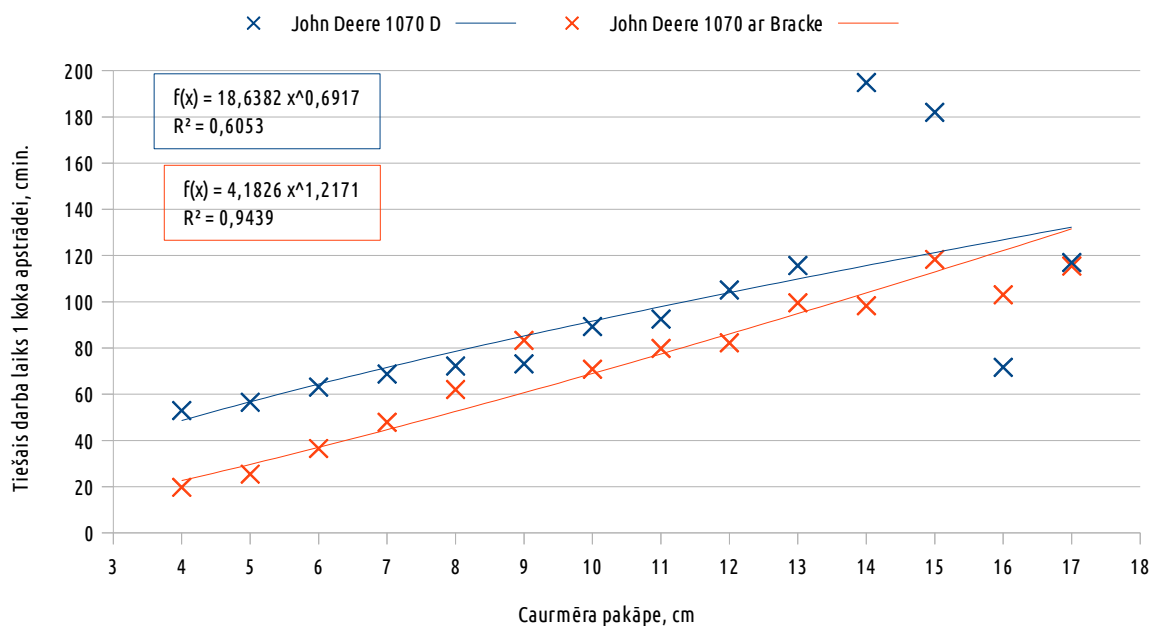
Viena koka apstrādei patērētā darba laika salīdzināšanai starp mašinizētā jaunaudžu kopšanā izmantotajām mašīnām izmantoti vidējie ražīguma rādītāji, starp kuriem statistiski būtiskas atšķirības netika konstatētas (Att. 30).



Att. 28: Darba laika patēriņš 1 koka apstrādei atkarībā no koka caurmēra (John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu).

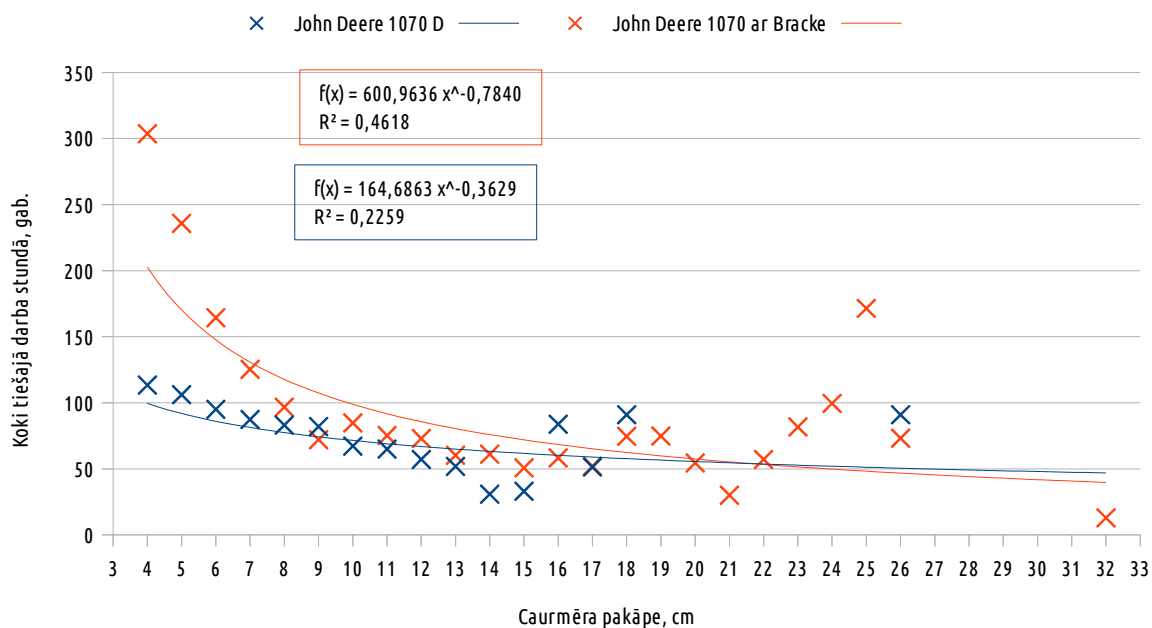


Att. 29: Darba laika patēriņš 1 koka apstrādei atkarībā no koka caurmēra (John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu).



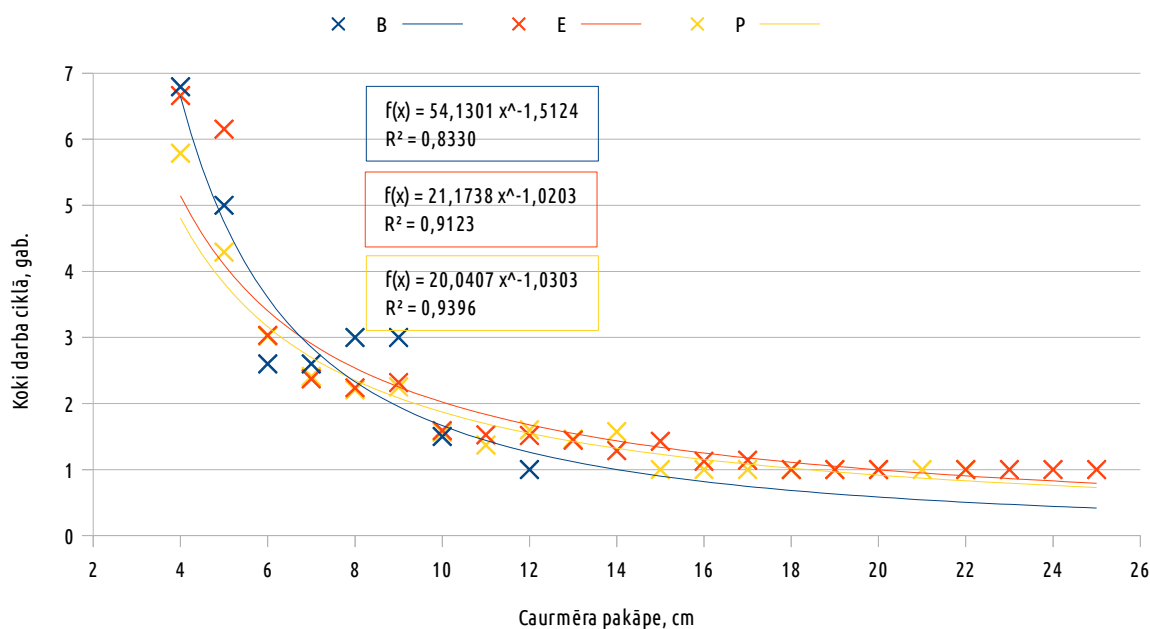
Att. 30: Darba laika patēriņa 1 koka apstrādei atkarībā no koka caurmēra pakāpes salīdzinājums.

Analizējot koku skaitu, kas izzāgēts tiešajā darba stundā, statistiski būtiskas atšķirības starp izmantotajām mašīnām netika konstatētas (Att. 31).



Att. 31: Tiešajā darba stundā apstrādātie koki atkarībā no koka caurmēra pakāpes.

Jaunaudzū kopšanu veicot ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu, vienā satvērienā apstrādāja salīdzinoši mazāk koku (vidēji 1,2 koki satvērienā) kā strādājot ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu (vidēji 2,3 koki satvērienā) (Att. 32).



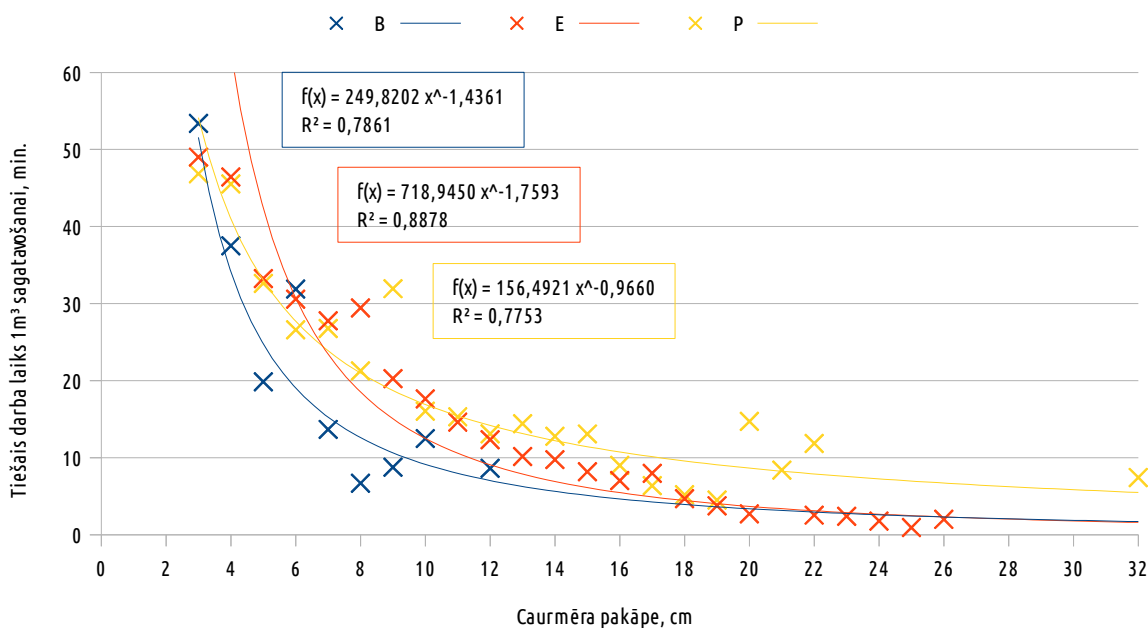
Att. 32: Vidējā koku skaita satvērienā un vidējā koka caurmēra sakarība (John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu).

Jaunaudžu kopšanā izmantojot John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, harvestera operatoru pieredze ievērojami pieauga, kā rezultātā pieauga arī vienā darba ciklā apstrādājamo sīkkoku skaits. Vairumā gadījumu darba ciklā vienlaicīgi apstrādāja atsevišķus valdaudzes kokus un salīdzinoši lielu skaitu pameža un paaugas koku un krūmu. Darba ciklā apstrādājamo koku skaits krasi samazinās, kad vidējā apstrādājamā koka caurmērs pārsniedz 5 cm. Atšķirīgu koku sugu vidējais koku skaits darba ciklā, atkarībā no vidējā nozāgējamā koka caurmēra, būtiski neatšķīrās.

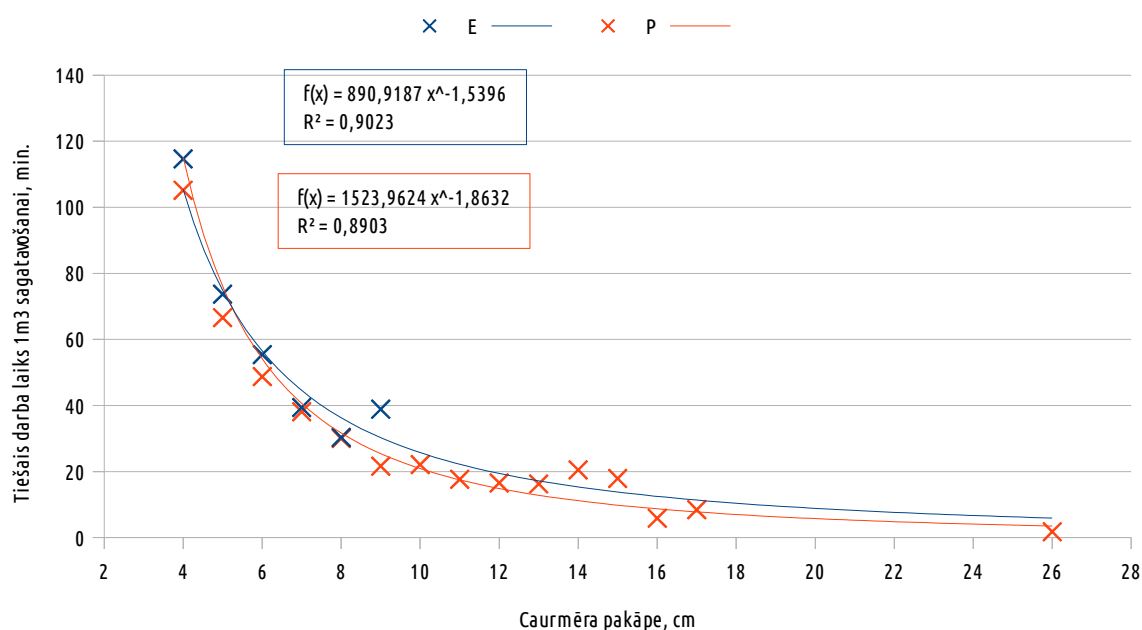
Salīdzinot sīkkoku pakas caurmēru, t.i. visu darba ciklā nozāgējamo koku kopējo šķērslaukumu un vidējā nozāgējamā koka caurmēru, konstatēts, ka zāgējot mazākos kociņus griezējgalvas piepildījums ir būtiski mazāks, nekā zāgējot resnākos kokus. Maksimālais griezējgalvas piepildījums, zāgējot 20 cm resnus kokus, sasniedz 20 cm, t.i. vairumā gadījumu darba ciklā nozāgē 1 koku. Iegūtie rezultāti norāda uz nepieciešamību palielināt vienā darba ciklā apstrādājamo koku skaitu, zāgējot 6-15 cm resnus kociņus, lai maksimāli efektīvi izmantotu griezējgalvas iespējas.

Tiešā darba laika patēriņu 1 m^3 kokmateriālu sagatavošanai atkarībā no vidējā nozāgējamā koka caurmēra ar John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu raksturo pakāpes vienādojumi (Att. 33). Salīdzinoši mazāk laika jāpatērē parastās priedes audzēs, it īpaši pieaugot nozāgējamā koka caurmēram, bet vairāk bērza un egles audzēs. Tiešā darba laika patēriņš būtiski samazinās (zem 20 min. m^{-3}), vidējā nozāgējamā koka caurmēram pietuvojoties 10 cm. Zāgējot 5 cm resnus kokus, ražīgums ir līdz 2 reizes mazāks. Pārreķinot uz mežizstrādes mašīnu vidējiem ražīguma rādītājiem, zāgējot 10 cm resnus kokus ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, ražīguma rādītāji pietuvojas $4 \text{ m}^3 \text{ stundā}^{-1}$ tieša darba laika, tomēr, ņemot vērā, ka tiešais darba laiks ir 77 % no efektīvā darba laika, faktiskā ražīgums, zāgējot 10 cm resnus kokus, ir $3,1 \text{ m}^3 \text{ stundā}$ efektīvā darba laika. Egļu audzēs ražīgums ir salīdzinoši lielāks. Priedes audzēs lielu koku ($D_{1,3} > 19 \text{ cm}$) zāgēšanā ražīgums nokrītas. Ražīguma kritumam priedes audzēs gan var būt subjektīvi iemesli, kas saistīti ar audzes struktūru, piemēram, audzei netipiska sabiezināta lielu koku grupa, kurā Bracke C16.b darbošanās ir apgrūtināta.

Arī darba laika patēriņu 1 m^3 kokmateriālu sagatavošanai atkarībā no vidējā nozāgējamā koka caurmēra ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu raksturo pakāpes vienādojumi (Att. 34).

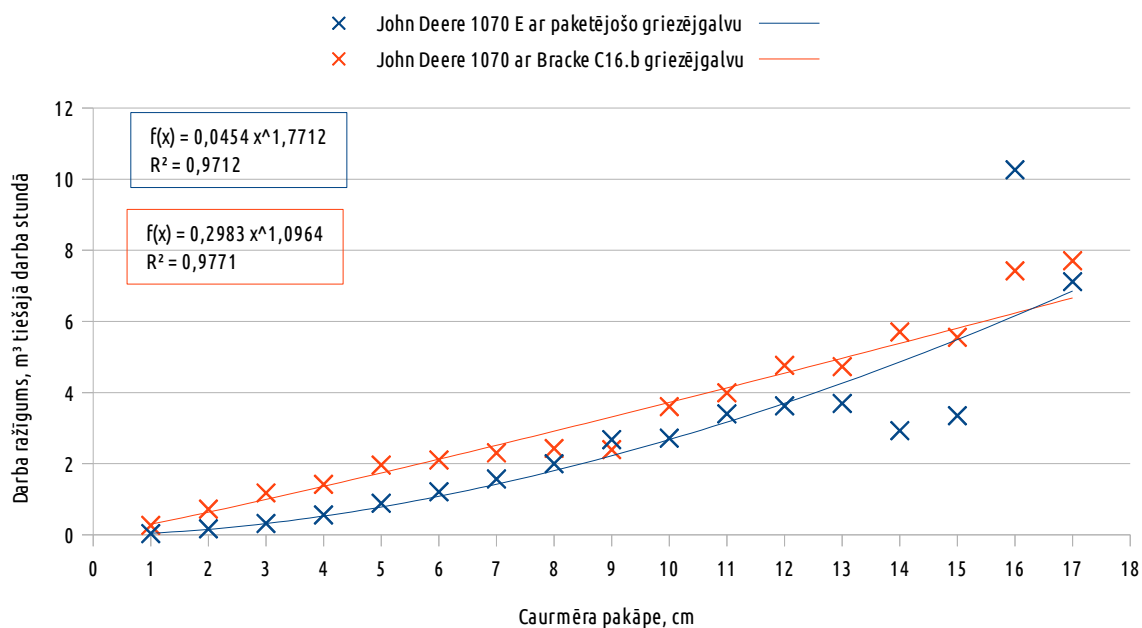


Att. 33: Darba laika patēriņš 1 m³ sagatavošanai atkarībā no koka caurmēra (John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu).



Att. 34: Darba laika patēriņš 1 m³ sagatavošanai atkarībā no koka caurmēra (John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu).

Analizējot vidējos ražīguma rādītājus (m³ tiešajā darba stundā) un veicot salīdzinājumu jaunaudžu kopšanā pielietotajām tehnikas vienībām, secināts, ka harvesteru John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu uzrādītie vidējie ražīguma rādītāji ir labāki, nekā ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu uzrādītie ražīguma rādītāji (Att. 35).



Att. 35: Vidējie darba ražīguma rādītāji salīdzinājumā pa mežizstrādes mašīnām atkarībā no koka caurmēra.

Vidējā koka biomasu, atkarībā no caurmēra, raksturo 3. vienādojums (faktiski, allometriskais aprēķinu vienādojums, kas izmantots bērza stumbra biomasas noteikšanai). Koeficienti vienādojuma aprēķināšanai doti Tab. 34.

$$M = x * D_{1,3}^y, \text{ kur}$$

M – stumbra biomasas, kg ;
 $D_{1,3}$ – caurmērs krūšu augstumā, cm ;
 x, y – koeficienti.

(3)

Tab. 34: Vidējā stumbra biomasas aprēķinu vienādojuma koeficienti

Darba metode	x	y
John Deere 1070 ar Bracke C 16.b griezējgalvu	0,08	2,29
John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu	0,22	1,90

Vidējā tiešā darba laika patēriņu 1 koka sagatavošanai, jaunaudžu kopšanā izmantojot John Deere 1070 ar Bracke C 16.b griezējgalvu un John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu raksturo pakāpes vienādojums (Att. 30). Izmantojot Att. 20 un Att. 21 redzamos vienādojumus, izstrādāts algoritms tiešā darba laika aprēķināšanai, atkarībā no vidējā nozāgējamā koka caurmēra (4. vienādojums). Algoritmā izmantotie koeficienti doti Tab. 35.

$$R = \frac{60}{a_1 * D_{1,3}^{a_2} * \frac{100}{b_1}} * x * D_{1,3}^y, \text{ kur}$$

R – darba ražīgums, tonnas sausas tiešajā darba stundā ;

a_1, a_2 – pakāpes vienādojuma koeficienti ;

b_1 – tiešā darba laika īpatsvars efektīvajā darba laikā ;

$D_{1,3}$ – vidējā nozāgējamā koka caurmērs, cm ;

60 – koeficients pārrēķinam no minūtēm uz stundām ;

$\frac{100}{b_1}$ – koeficients pārrēķinam uz kopējo tiešo darba laiku ;

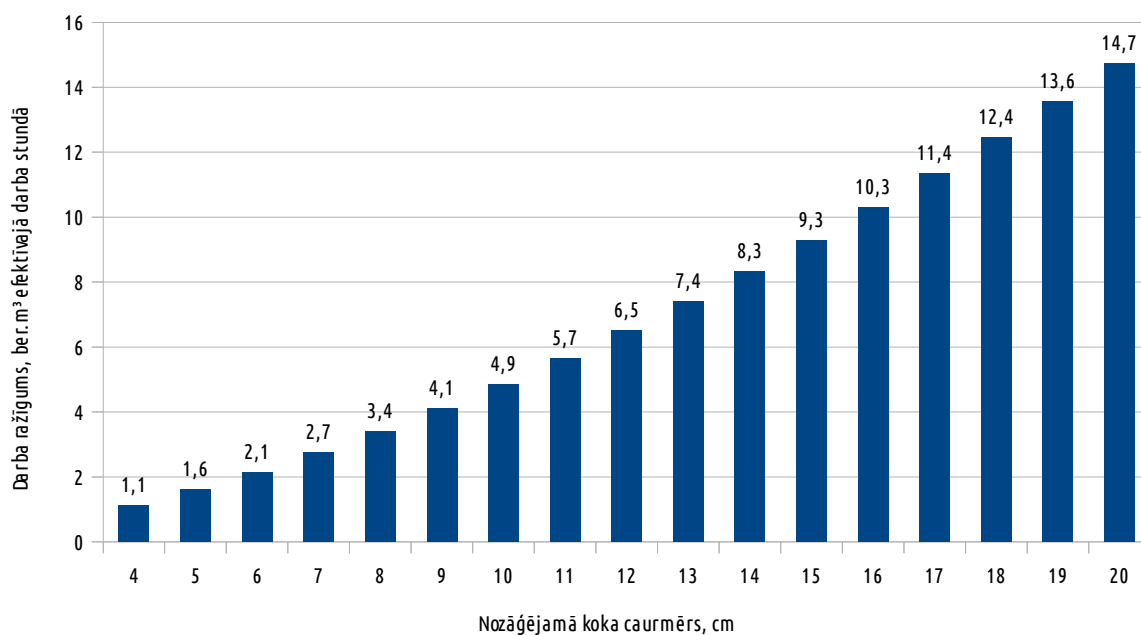
100_{cmin} – koeficients pārrēķinam no centiminūtēm uz minūtēm .

(4)

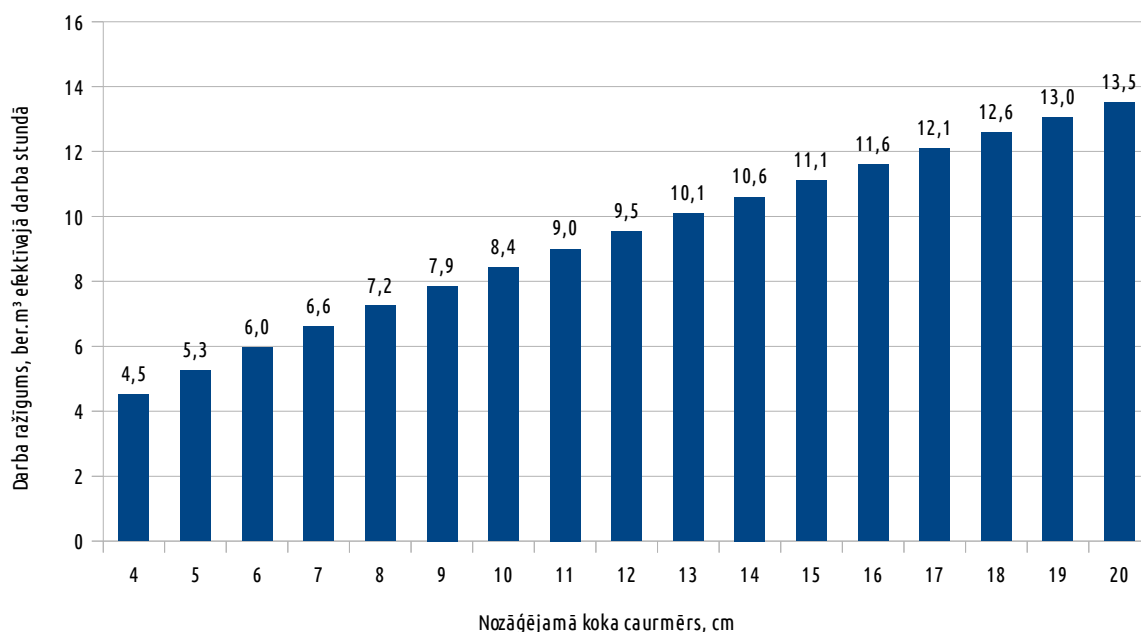
Tab. 35: Aprēķinu vienādojuma koeficienti

Darba metode	a_1	a_2	b_1
John Deere 1070 ar Bracke C 16.b griezējgalvu	18,64	0,69	80
John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu	3,75	1,24	92

Izmantojot 2. vienādojumu darba ražīguma aprēķiniem pie atšķirīga vidējā izstrādājamā koka caurmēra, John Deere 1070 ar Bracke C 16.b griezējgalvu un John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu harvesteru (nozāgējamā koka caurmērs 6-20 cm), modelētie ražīguma rādītāji parāda, ka veicot jaunaudžu kopšanu ar John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu, sasniedzami labāki ražīguma rādītāji (2,1 - 14,7 ber. m³ efektīvajā darba stundā) (Att. 36) kā jaunaudžu kopšanā izmantojot John Deere 1070 ar Bracke C 16.b griezējgalvu (6,0-13,5 ber. m³ efektīvajā darba stundā, Att. 37). Būtiski darba ražīguma rādītājus ietekmē vidējā nozāgētā koka tilpums.



Att. 36: Modelētie darba ražīguma rādītāji John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.

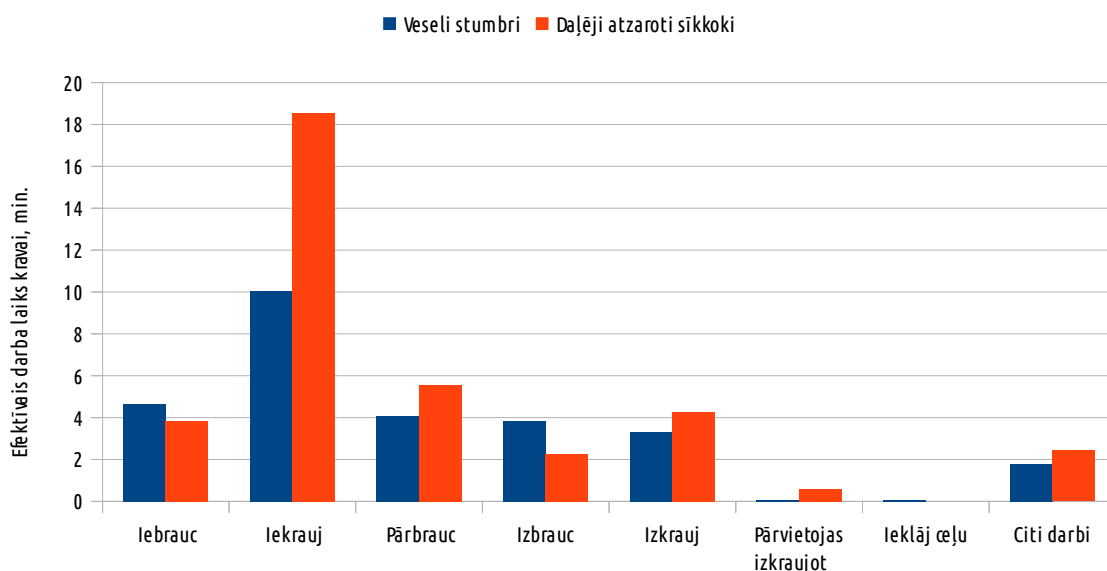


Att. 37: Modelētie darba ražīguma rādītāji John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu.

Pievešana

Pievešanas darbus veicot daļēji atzarotajam biokurināmajam (gatavoja jaunaudžu kopšanu veicot ar John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu), pievešana aizņēmusi par 40 % vairāk laika, nekā veselu stumbru (gatavoja jaunaudžu kopšanu veicot ar John Deere 1070 harvesteru ar Bracke C 16.b griezējgalvu un rokas motorinstrumentiem) pievešana. Pievešanas darbu

ražīguma pieaugumu, pievedot veselus stumbrus, nodrošina divreiz efektīvāka iekraušanas darba operācija (Att. 38). Ar John Deere 1070 ar Bracke C 16.b griezējgalvu sagatavotie kokmateriāli ir vismaz 2 reizes garāki, attiecīgi katrā satvērienā pievedējtraktora operators savāc vairāk kokmateriālu, tāpat nav jātērē laiks apaļo kokmateriālu šķirošanai un nozāģētās sīkkoksnes un krūmu novākšanai no apaļo kokmateriālu kaudzītēm. Vienīgās operācijas, kas daļēji atzarotas sīkkoksnes pievešanā aizņēma mazāk laika, bija iebraukšana un izbraukšana, jo pievedējtraktora operatoram nav jāuzmanās, lai garās koku galotnes nesabojātu gar koridoru malām augošos kokus.

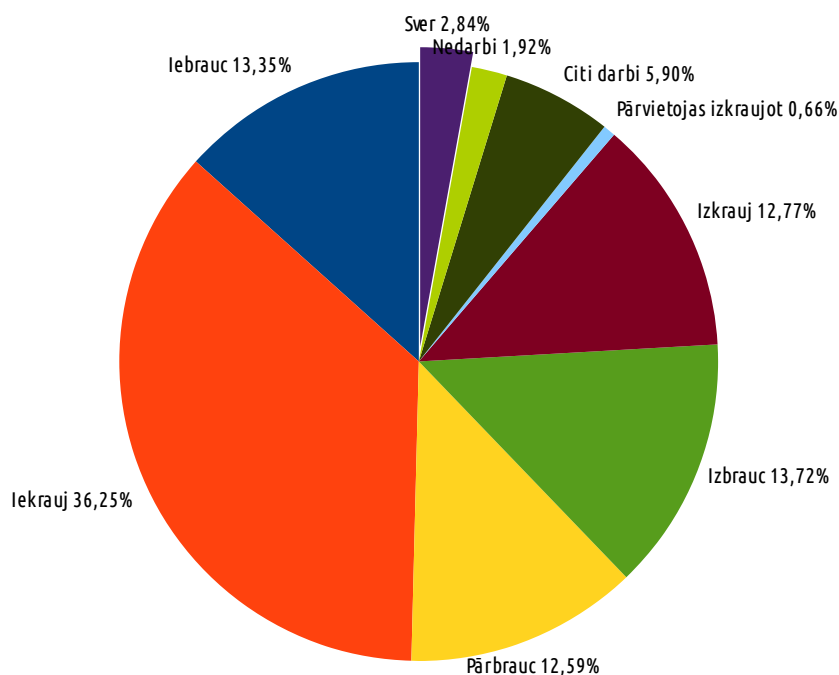


Att. 38: Efektīvā darba laika salīdzinājums ar John Deere 1070 (Bracke C 16.b griezējgalva) gatavotajiem kokmateriāliem.

Daļēji atzarotas sīkkoksnes gatavošanas priekšrocības var parādīties, būtiski pieaugot pievešanas ceļa garumam. Lai gan liela pievešanas ceļa garuma (> 300 m) gadījumā ir apšaubāms procesa ekonomiskais izdevīgums.

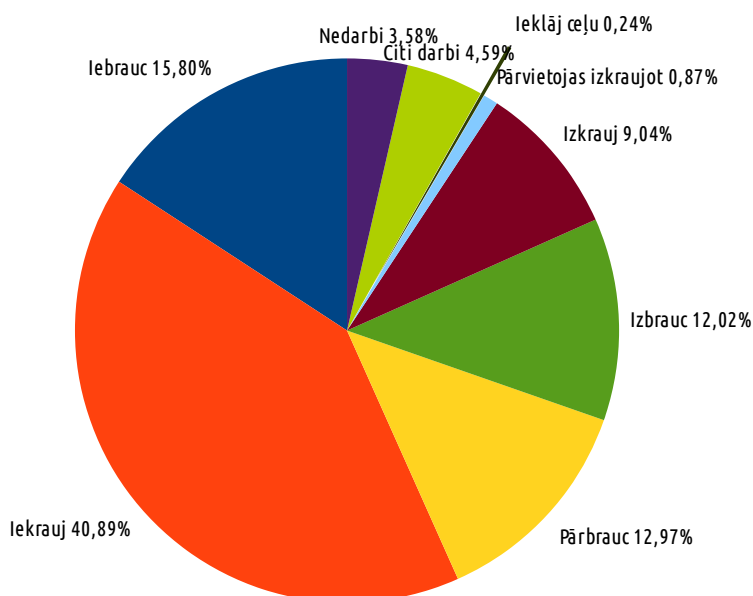
Kopējo pievešanas darba laiku, kā vienam, tā otram izmēģinājumos izmantotajam pievedējtraktoram, vienam darba ciklam veidoja 9 atsevišķas darbības.

Pievešanas darbos izmantojot John Deere 1110 E pievedējtraktoru, vislielāko īpatsvaru no kopējā patērētā darba laika veido iekraušanas darbība. Vismazāk kopējā darba laika tērēts pārbarucieniem izkraujot, šīs darbības īpatsvars kopējā darba laikā veido mazāk par 1 % (Att. 39).



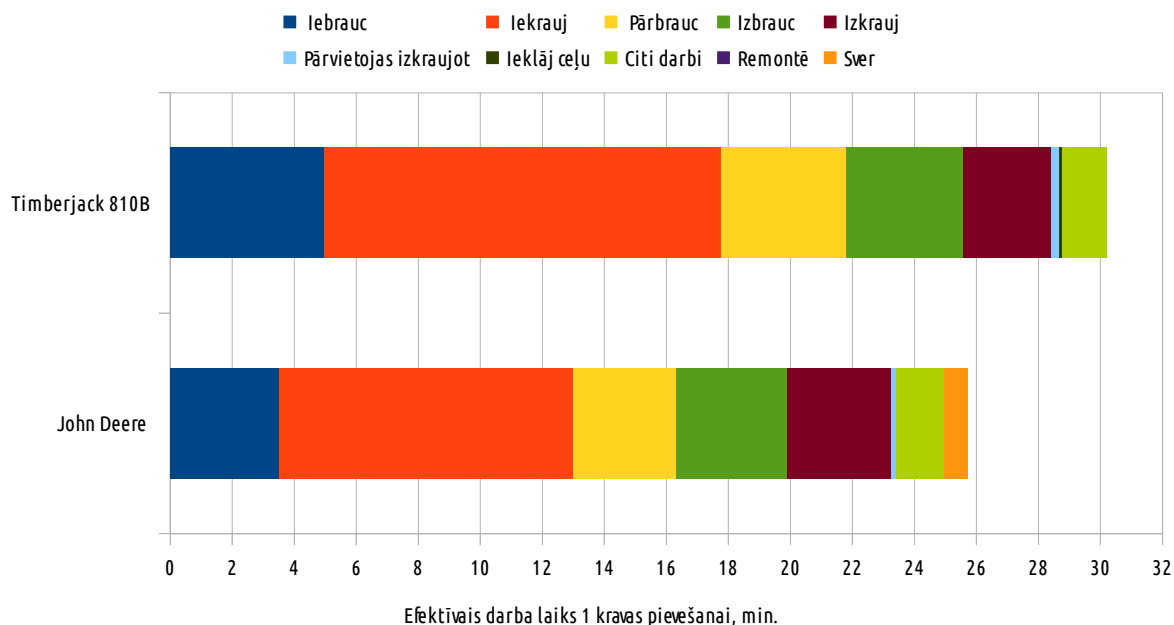
Att. 39: Darba laika sadalījums pievešanā izmantojot pievedējtraktoru John Deere 1110 E.

Pievešanas darbos izmantojot Timberjack 810 B pievedējtraktoru, vislielāko īpatsvaru no kopējā patērētā darba laika, tāpat kā John Deere 1110 E pievedējtraktoram, veido iekraušanas darbība. Vismazāk kopējā darba laika tērēts ieklājot kokmateriālus pievešanas ceļos kā arī pārbarucieniem izkraujot, šo darbība īpatsvars kopējā darba laikā veido mazāk par 1 % (Att. 40), kas norāda, ka pievešanas apstākļi visās audzēs bija labi.



Att. 40: Darba laika sadalījums pievešanā izmantojot pievedējtraktoru Timberjack 810 B.

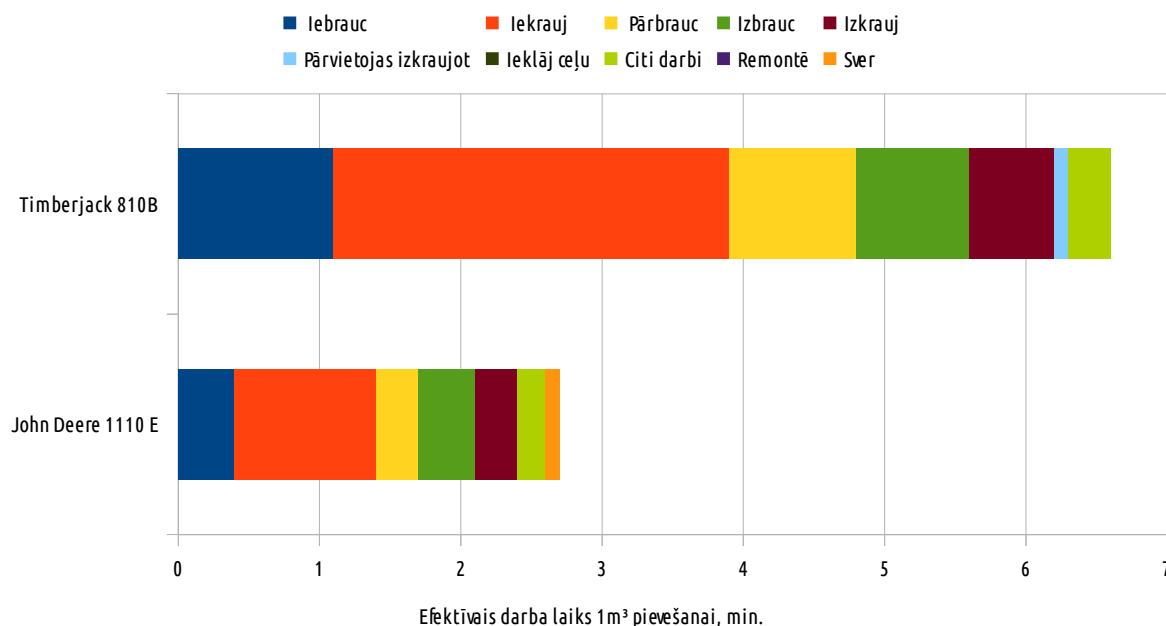
Kopumā darba laika uzskaitē veikta 44 izmēģinājuma ietvaros pievestajām kravām. Vidēji vienas kravas pievešanai Timberjack 810 B tērējis par 15 % vairāk efektīvā darba laika (30,2 min., Att. 41), ko varētu skaidrot ar to, ka John Deere 1110 E pievedējtraktors atsevišķas kravas veidojis no veselīgiem stumbriem, kuru pievešanas darbos patērētais darba laiks ir mazāks, kā daļēji atzarotā biokurināmā pievešanas laiks (vidēji 25,7 min. kravai). Statistiski būtiskas atšķirības ($p < 0,05$) efektīvā darba laika patēriņā vienas kravas pievešanai sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem nepastāv.



Att. 41: Vidējais 1 kravas pievešanas efektīvā darba laika sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.

Vidējā krava abiem pievedējtraktoriem – 5,6 m³. Kopumā aprēķinos izmantoti dati par 284 m³ dabiski mitra materiāla pievešanu (John Deere 1110 E – 156 m³, bet ar Timberjack 810 B - 127 m³).

Analizējot 1 m³ pievešanai patērēto efektīvo darba laiku, jāsecina, ka Timberjack 810 B pievedējtraktoram vidēji 1 m³ biokurināmā pievešana aizņēmusi par 60 % vairāk efektīvā darba laika kā John Deere 1110 E pievedējtraktoram (Att. 42). Starp abām tehnikas vienībām pastāv statistiski būtiskas atšķirības 1 m³ pievešanai patērētajā efektīvā darba laika patēriņā; būtiski ātrāk strādā John Deere 1110 E.

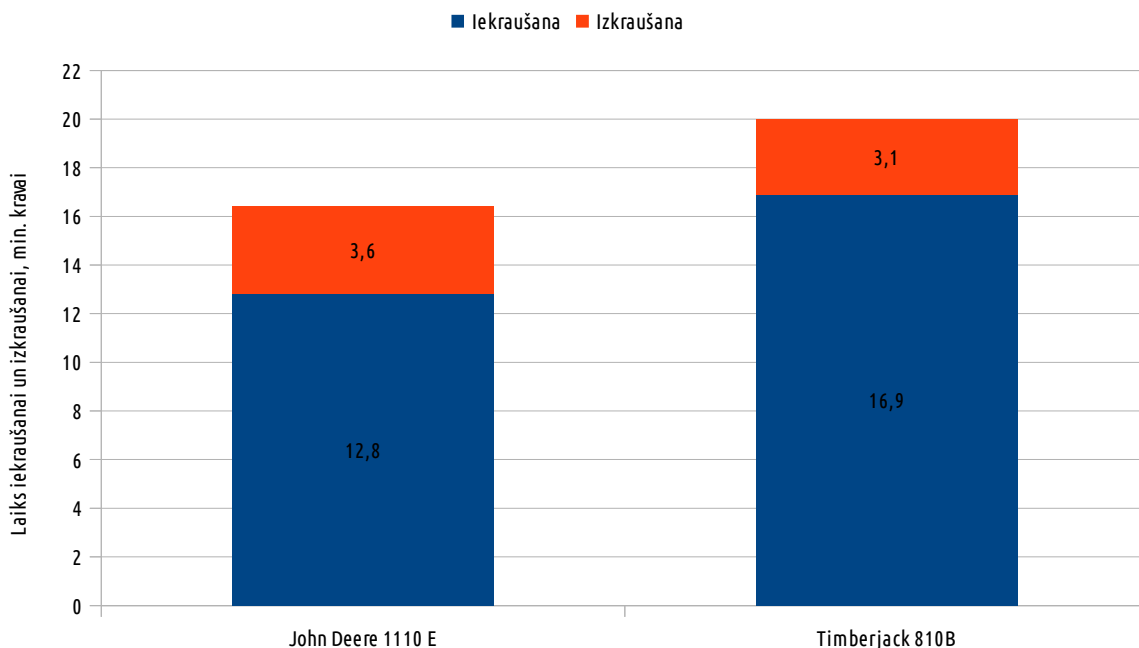


Att. 42: Vidējais 1 m³ pievešanas efektīvā darba laika sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.

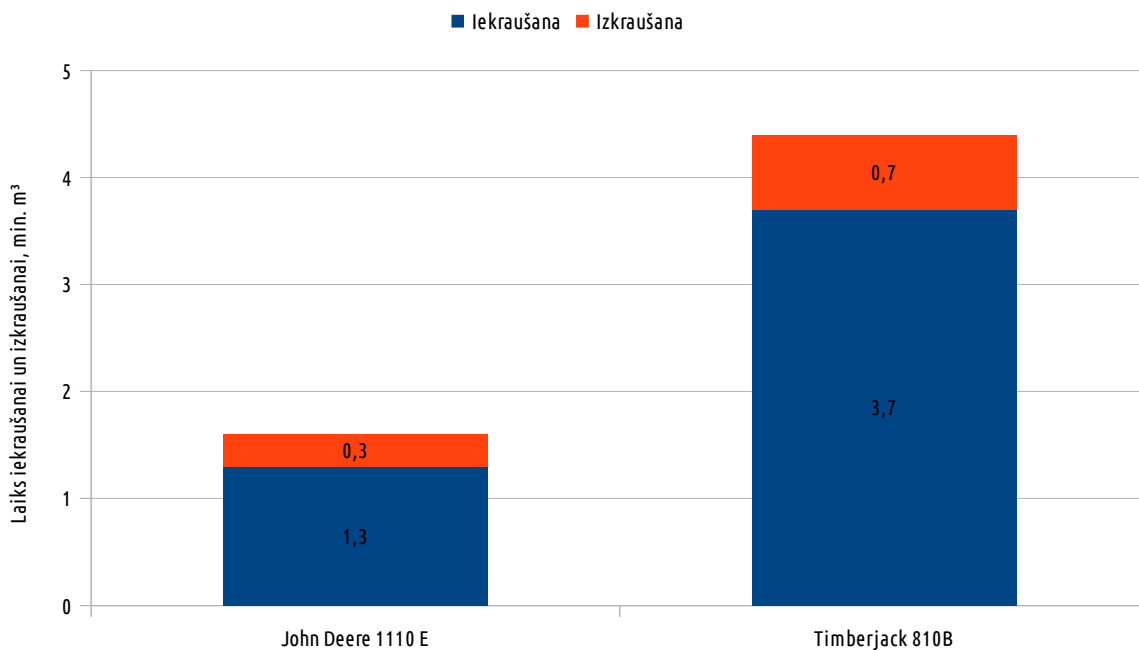
Analizējot 1 kravas iekraušanai un izkraušanai patērēto efektīvo darba laiku, jāsecina, ka pievedējtraktoram Timberjack 810 B iekraušanas un izkraušana aizņem par 18% vairāk laika kā John Deere 1110 E pievedējtraktoram (Att. 43). Lielākās atšķirības starp pievedējtraktoriem vērojamas tieši biokurināmā iekraušanā.

Timberjack 810 B pievedējtraktors 1 m³ iekraušanai un izkraušanai tērē par 64 % vairāk darba laika, kā tās pašas darbības veicot ar John Deere 1110 E pievedējtraktoru (Att. 44).

Pašizmaksas aprēķinos izmantoti pievedējtraktoru uzrādītie vidējie rādītāji. Vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais efektīvais darba laiks pievedējtraktoram bija 15 minūtes, bet izkraušanai attiecīgi 3 minūtes. Vidējais braukšanas ātrums pievedējtraktoram bija 66 m min.⁻¹.



Att. 43: Vidējais 1 kravas iekraušanai un izkraušanai patērētais darba laiks sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.



Att. 44: Vidējais 1 m³ iekraušanai un izkraušanai patērētais darba laiks sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.

Kokvedēji

Atbilstoši pētījumos iegūtajiem rezultātiem vidējais efektīvais darba laiks 1 kravas iekraušanai pieņemts 36 minūtes, bet izkraušanai – 19 minūtes.

Vidēji efektīvajā stundā var iekraut 1,7 kokvedēja kravas (vienas krava – 31 tonna dabiski mitra materiāla), savukārt izkraut – 3,2 kravas. Efektīvajā stundā var iekraut 23 sausnas tonnas vai 32 m³ koksnes un izkraut 43 sausnas tonnas vai 61 m³ koksnes (Kalēja *et al.*, 2014).

Šķeldotāji un šķeldu vedēji

Aprēķinos pieņemts, ka vidēji efektīvajā stundā var sagatavot 0,9 kravas (viena krava 27 tonnas) jeb 10 sausnas tonnas, kas atbilst 93,8 ber m³ dabiski mitra materiāla ar relatīvā mitruma saturu 40 %. Vidējais patērētais produktīvais laiks 1 šķeldu kravas sagatavošanai pieņemts 63 minūtes (Kalēja *et al.*, 2014).

Kopsavilkums par darba ražīguma rādītājiem

Strādājot ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu jaunaudžu kopšanā, tiešajā darba stundā sagatavoja 99 kokus, bet ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu 96 kokus. Ar rokas motorinstrumentiem apstrādāto koku skaits tiešajā darba stundā, salīdzinājumā ar jaunaudžu kopšanā izmantotajām mežizstrādes mašīnām, ir vidēji gandrīz uz pusi mazāks (vidēji 54 koki tiešajā darba stundā), tāpat grūtības sagādā dimensijās lielāku koku apstrāde.

Jaunaudžu kopšanas darbos izmantojot rokas motorinstrumentus, audzē ar mazākiem kokiem darba laika patēriņš 1 ha izkopšanai būtiski samazinās. Krūmgrieža operatoram 1 ha izkopšanai un sīkkoksnes savākšanai jāpatērē 31 stunda, bet motorzāģi uz rāmja operatoram – 12 stundas.

Ar John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu uzrādītie vidējie ražīguma rādītāji 1 m³ sagatavošanā ir lielāki, nekā ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu.

Viena ber. m³ šķeldu sagatavošanai, strādājot ar krūmgriezi, jāpatērē 1,2 stunda, bet, strādājot ar motorzāģi ar rāmi – 0,5 stundas.

Modelētie ražīguma rādītāji parāda, ka veicot jaunaudžu kopšanu ar John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu, sasniedzami labāki ražīguma rādītāji (2,1-14,7 ber. m³ efektīvajā darba stundā), kā jaunaudžu kopšanā izmantojot John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu (6,0-13,5 ber. m³ efektīvajā darba stundā).

Pievešanas darbus veicot daļēji atzarotajam biokurināmajam (gatavoja jaunaudžu kopšanu veicot ar John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu), pievešana aizņēmusi par 40 % vairāk laika, nekā veselu stumbru (gatavoja jaunaudžu kopšanu veicot ar John Deere 1070 harvesteru ar Bracke C16.b griezējgalvu un rokas motorinstrumentiem) pievešana. Vidēji vienas kravas pievešanai Timberjack 810 B tērējis par 15 % vairāk efektīvā darba laika (30,2 min.). Vidējā krava abiem pievedējtraktoriem – 5,6 m³. Kopumā aprēķinos izmantoti dati par 284 m³ dabiski mitra materiāla pievešanu. Timberjack 810 B pievedējtraktoram vidēji 1 m³ biokurināmā pievešana aizņēmusi par 60 % vairāk efektīvā darba laika kā John Deere 1110 E pievedējtraktoram.

Pašizmaksas aprēķinos izmantotais vidējais 1 kravas iekraušanai patērētais efektīvais darba laiks pievedējtraktoram ir 15 minūtes, bet izkraušanai, attiecīgi, 3 minūtes. Vidējais braukšanas ātrums pievedējtraktoram bija 66 m min.⁻¹.

Izmaksu un ieņēmumu analīze

Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze

Aprēķinos izmantotie izmēģinājumu rezultāti ir jaunaudžu kopšanas un pievešanas ražīgums. Pievedējtraktoriem kustības ātrums ar kravu bijis nedaudz lielāks, nekā kustības ātrums bez kravas, kas var būt saistīts ar koridoru izvietojuma īpatnībām, nevis faktisko pievedējtraktora ātrumu. Pašizmaksas aprēķinos kokmateriālu pievešanas attālums līdz augšgala krautuvei,

pievedējtraktora ātrums bez kravas un ar kravu un vidējās pievestās kravas apjoms pieņemti vienādi. Vidējais apaļo kokmateriālu pievešanas attālums pieņemts 400 m, kas, saskaņā ar LVM apkopoto informāciju, ir apaļo kokmateriālu vidējais pievešanas ceļa garums LVM apsaimniekotajās platībās. Izvešanas attālums pieņemts vienāds (50 km). Rādītāji, kas raksturo jaunaudžu kopšanā izmantotās tehnikas vienības, ir parādīti Tab. 36.

Tab. 36: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī John Deere 1070 D un Ponsse Ergo harvesteram

Rādītāji	John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.	John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu
Vidējā nozāgētā koka caurmērs, cm	4	9
Pievedējtraktora kravas tilpums, m ³	5,6	5,6
Efektīvais darba laiks iekraušanai, min. kravaī	15	15
Efektīvais darba laiks izkraušanai, min. kravaī	3,3	3,3

Biokurināmā pašizmaksas aprēķini parāda, ka biokurināmo jaunaudžu kopšanā gatavojot ar John Deere 1070 D harvesteru ar paketējošo griezējgalvu, vidējā šķeldu pašizmaksa ir 11,43 EUR ber. m⁻³, kas ir uz pusi mazāka, kā biokurināmo gatavojot ar John Deere 1070 harvesteru ar Bracke C 16.b griezējgalvu (23,02 EUR ber. m⁻³, Tab. 37 un Tab. 38). Abos scenārijos pieņemts, ka izmanto jaunus harvesterus un pievedējtraktorus. Lielās izmaksas abos scenārijos nosaka nelielās vidējā zāgējamā koka dimensijas.

Tab. 37: Biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums jaunaudžu kopšanu veicot ar John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu

Izmaksas, EUR gadā	Operācijas					Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	
Investīcijas	€ 102 632	€ 67 854	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	-
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	-
Operacionālās izmaksas	€ 132 465	€ 86 919	€ 33 675	€ 159 909	€ 43 292	-
Plānotā peļņa	€ 15 068	€ 10 556	€ 3 455	€ 11 666	€ 3 936	-
Kopā, EUR gadā	€ 316 435	€ 221 666	€ 72 553	€ 244 986	€ 82 659	-
Ražīgums, m ³ E15-h ⁻¹	2,6	16,4	7,4	31,4	9,0	-
Biokurināmais, EUR m⁻³						
Šķeldu scenārijs	€ 22,95	€ 2,67		€ 4,31	€ 5,16	€ 35,09
Biokurināmais, EUR ber m⁻³						
Šķeldu scenārijs	€ 7,48	€ 0,87		€ 1,40	€ 1,68	€ 11,43
Biokurināmā sagatavošanas izmaksas, EUR ha⁻¹:						
Šķeldu scenārijs	€ 418	€ 49		€ 78	€ 94	€ 690

Tab. 38: Biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums jaunaudžu kopšanu veicot ar John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu

Izmaksas, EUR gadā	Operācijas					Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	
Investīcijas	€ 131 819	€ 77 459	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	-
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	-
Operacionālās izmaksas	€ 216 440	€ 99 828	€ 33 467	€ 159 521	€ 43 083	-
Plānotā peļņa	€ 20 726	€ 11 681	€ 3 444	€ 11 647	€ 3 926	-

Izmaksas, EUR gadā	Operācijas					Kopā
	Izstrāde	Pieņemšana	Apaļkoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	
Kopā, EUR gadā	€ 435 254	€ 245 306	€ 72 334	€ 244 578	€ 82 440	-
Ražīgums, m³ E15-h ⁻¹	1,6	5,4	5,7	31,4	9,0	-
Biokurināmais, EUR m⁻³						
Šķeldu scenārijs	€ 53,46	€ 7,77		€ 4,30	€ 5,15	€ 70,67
Biokurināmais, EUR ber m⁻³						
Šķeldu scenārijs	€ 17,41	€ 2,53		€ 1,40	€ 1,68	€ 23,02
Biokurināmā sagatavošanas izmaksas, EUR ha⁻¹:						
Šķeldu scenārijs	€ 173	€ 25		€ 14	€ 17	€ 280

Jaunaudzū kopšanā izmantojot motorzāģi ar rāmi, vidējā biokurināmā (šķeldu) pašizmaksa ir 6,9 EUR ber. m⁻³, bet, strādājot ar krūmgriezi – 10,2 EUR ber. m⁻³ (Tab. 39). Lielāku koku audzēs, neskatoties uz lielākām vidējā koka dimensijām, darba ražīgums samazinās un ar motorzāģi sagatavoto sīkkoku pašizmaksa pieaug līdz 7,3 EUR ber. m⁻³, bet krūmgriezi sagatavoto un savākto sīkkoku pašizmaksa – līdz 10,1 EUR ber. m⁻³.

Audzē ar mazāku vidējā koka caurmēru un mazāku izzāģējamo koku skaitu, t.i. labākiem darba apstākļiem, būtiski palielinās motorzāģa ar rāmi operatora darba ražīgums, tajā pat laikā krūmgrieža operatora un zaru vācēja darba ražīgums samazinās. Sīkkoku nozāģēšanas un savākšanas pašizmaksa, strādājot ar motorzāģi, ir 5,3 EUR ber. m⁻³, bet, strādājot ar krūmgriezi – 10,9 EUR ber. m⁻³.

Tab. 39: Biokurināmā pašizmaksas aprēķinu kopsavilkums jaunaudzū kopšanu veicot ar rokas motorinstrumentiem

Rādītājs	Mērvienība	Vidējie rādītāji			502-428-5			503-307-6		
		motorzāģis ar rāmi			krūmgriezis			motorzāģis ar rāmi		
		zāģeris	zāģeris	zaru vācējs	zāģeris	zāģeris	zaru vācējs	zāģeris	zāģeris	zaru vācējs
Darba alga	EUR stundā	7,0	7,0	5,6	7,0	7,0	5,6	7,0	7,0	5,6
Soc. nodoklis	-	24,09%								
Stundas maiņa	-	6								
Cilvēki maiņā	-	1								
Investīcijas	EUR	840,0	700,0	0,0	840,0	700,0	0,0	840,0	700,0	0,0
Uzturēšana	EUR	1680,0	1400,0	0,0	1680,0	1400,0	0,0	1680,0	1400,0	0,0
Investīciju nolietojums	stundas	3000,0	3000,0	0,0	3000,0	3000,0	0,0	3000,0	3000,0	0,0
Investīcijas	EUR stundā	0,8	0,7	0,0	0,8	0,7	0,0	0,8	0,7	0,0
Degvielas patēriņš	L stundā	0,5	0,5	0,0	0,5	0,5	0,0	0,6	0,5	0,0
Transporta kompensācija	EUR km ⁻¹	0,3	0,3	0,0	0,3	0,3	0,0	0,3	0,3	0,0
Attālums līdz objektam	km	25,0	25,0	0,0	25,0	25,0	0,0	25,0	25,0	0,0
Darba ražīgums	stundas ha ⁻¹	33,3	33,5	33,5	50,1	44,3	44,3	11,7	15,4	15,4
	maiņas ha ⁻¹	5,6	5,6	5,6	8,4	7,4	7,4	2,0	2,6	2,6
Pārbraucieni	km ha ⁻¹	277,8	279,0		417,6	368,8		97,9	128,0	
	EUR ha ⁻¹	77,8	78,1		116,9	103,3		27,4	35,8	
	EUR stundā	2,4	2,4		2,4	2,4		2,4	2,4	

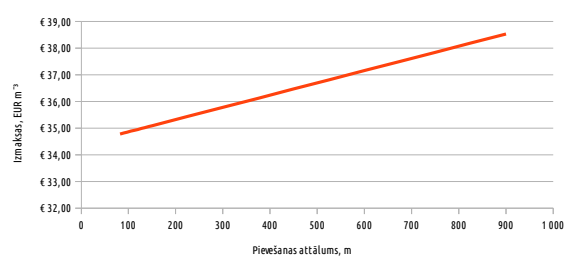
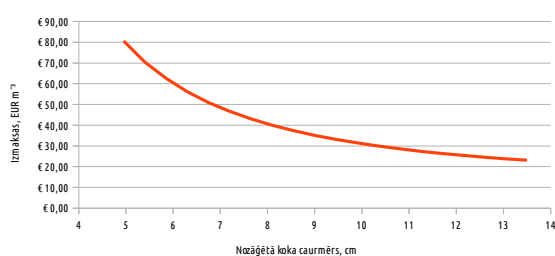
Rādītājs	Mērvienība	Vidējie rādītāji			502-428-5			503-307-6		
		motorzāģis ar rāmi		krūmgriezis	motorzāģis ar rāmi		krūmgriezis	motorzāģis ar rāmi		krūmgriezis
		zāģeris	zāģeris	zaru vācējs	zāģeris	zāģeris	zaru vācējs	zāģeris	zāģeris	zaru vācējs
Darba stundas izmaksas	EUR stundā	11,9	11,8	7,0	11,9	11,8	7,0	11,9	11,8	7,0
Kopšanas izmaksas	EUR ha ⁻¹	395,4	392,3	232,7	594,3	518,7	307,6	139,3	180,0	106,7
			625,0			826,3			286,7	
Šķeldu pašizmaksa ¹³	EUR ber. m ⁻³	6,9	10,2		7,3	10,1		5,3	10,9	

Pētījuma rezultāti norāda uz to, ka jaunaudžu kopšana ar motorzāģim ar rāmi ir perspektīva tehnoloģija salīdzinoši vieglos darba apstākļos ar mazu pameža un paaugas koku blīvumu, ja vidējā koka augstums audzē ir mazāks par 7 m. Ņemot vērā salīdzinoši nelielo biokurināmā iznākumu, šo darba metodi lietderīgi kombinēt ar mazgabarīta pievešanas tehniku, kas ļauj samazināt tehnoloģisko koridoru platību un nodrošinātu lielākas iespējas saglabājamo koku izvēlē. Izmēģinājumi ir turpināmi, palielinot izmēģinājumu objektu, pārstāvēto meža tipu un operatoru skaitu, kā arī piesaistot darbu izpildē mazgabarīta pievedējtraktoru veselu koku izvešanai. Ir lietderīgi veikt izmēģinājumus arī priedes jaunaudzēs ar vidēji 7 m gariem kokiem lāna un damakšņa meža tipā, kur pamežs nevarētu tik ļoti apgrūtināt darbu izpildi, kā tas notika izmēģinājumos iekļautajās platībās. Plānojot mazgabarīta tehnikas izmantošanu, lietderīgi izmēģināt sīkkoksnes žāvēšanu uz lauka, ļaujot sīkkokiem pēc nozāģēšanas apžūt audzē 1-2 mēnešus, tādējādi būtiski samazinot pievešamā materiāla masu.

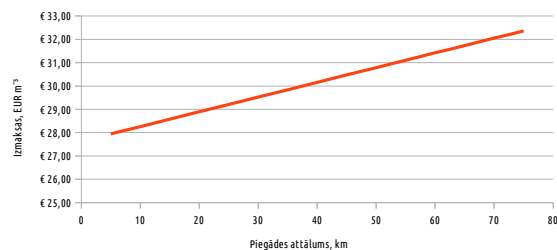
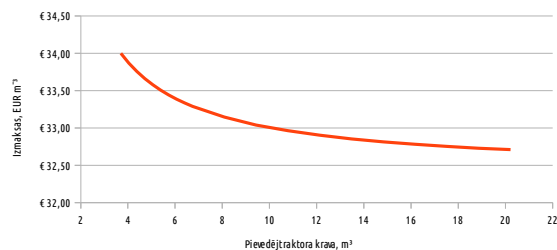
Veiktie izmēģinājumi parāda, ka vidējā šķeldu pašizmaksa ar rokas motorinstrumentiem veiktai jaunaudžu kopšanai ir no 2,88 līdz 14,47 EUR ber. m⁻³ mazāka, kā šķeldu pašizmaksa mašinizētā jaunaudžu kopšanā.

Jutības analīze

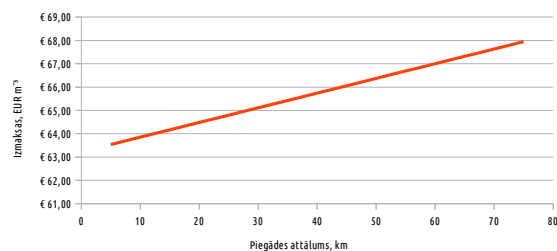
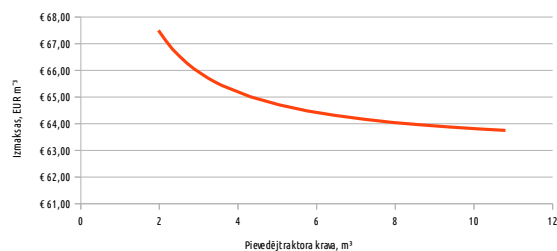
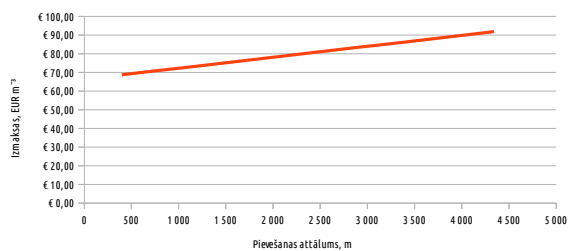
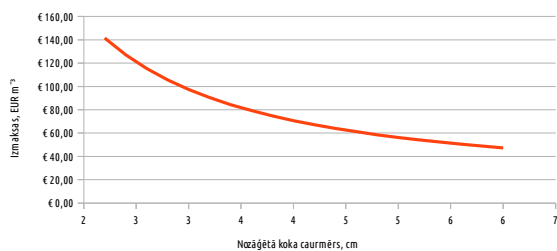
Sistēmas jutīguma analīzē redzams, ka, veicot mašinizētu jaunaudžu kopšanu, lielāko ietekmi uz šķeldu pašizmaksu atstāj šķeldu transportēšanas attāluma un vidējā izzāģējamā koka koka caurmēra izmaiņas (Att. 45 un Att. 46).



¹³ Zāģēšanas un vākšanas izmaksas.



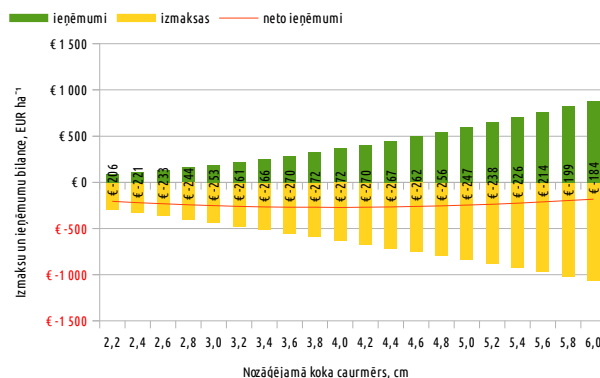
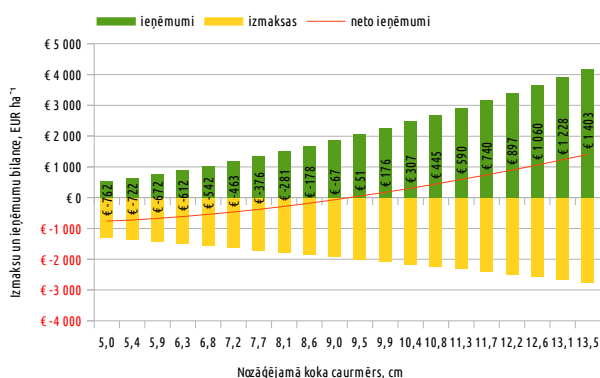
Att. 45: Jūtīguma analīze John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu.



Att. 46: Jūtīguma analīze John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.

Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums

Pētījumā izvērtēta biokurināmā (šķeldu) sagatavošana augšgala krautuvē un piegāde patērētājam. Pozitīvus neto ieņēmumus, jaunaudzū kopšanas darbus veicot ar John Deere 1070 D harvesteru ar paketējošo griezējgalvu pie uzrādītajiem ražīguma rādītājiem, iespējams sasniegt, ja vidējā nozāgētā koka caurmērs ir >9,5 cm. Jaunaudzū kopšanas darbus veicot ar John Deere 1070 harvesteru ar Bracke C 16.b griezējgalvu pie pētījumā uzrādītajiem ražīguma rādītājiem un pie attiecīgā vidējā nozāgētā koka caurmēra nav iespējams sasniegt pozitīvus neto ieņēmumus (Att. 47).



Att. 47: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums šķeldu piegādes scenārijam John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu un John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu.

Jaunaudžu kopšanas ietekme uz vidi

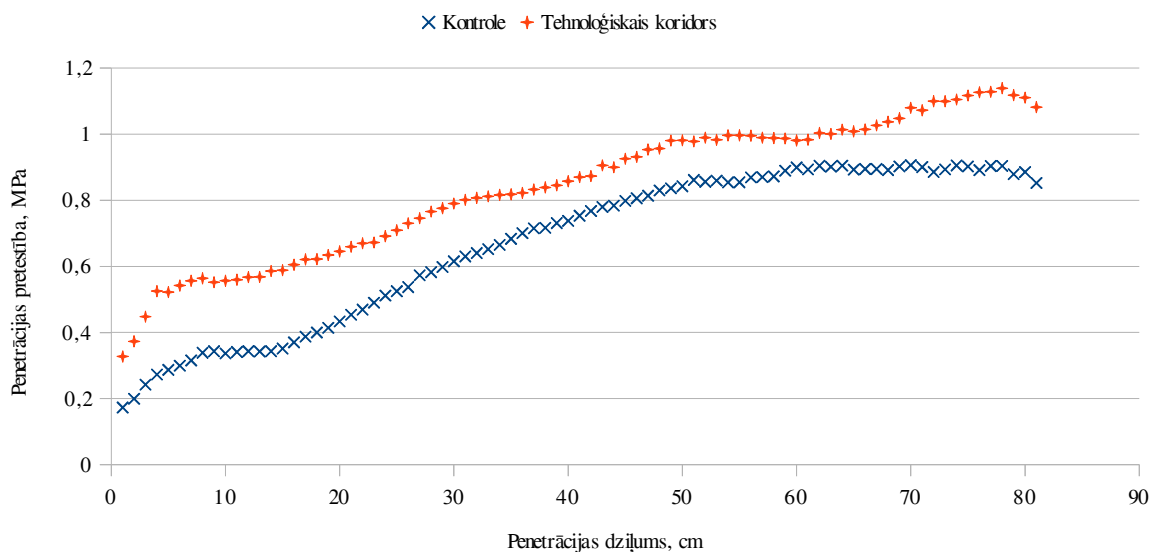
Augsnes sablīvējums

Attēlu sērija ar sablīvējuma mērījumiem 0-40 cm dziļumā ar to audžu raksturojumu, kurās varētu būt problēmas ar pievešanas apstākļiem un tām audzēm, kur jau sākotnēji ir stipri sablīvēta augsne un var būt problēmas ar koku sakņu cauraugšanu.

Grafiki, kas raksturo vidējo sablīvējuma līkni, darba metožu griezumā un katrā audzē. Skaidrojums par sablīvējuma veidošanos vai neveidošanos, saistību ar risu veidošanos un sākotnējo augsnes pretestību. Dažādu augsnes slāņu sablīvēšanās salīdzinājums atkarībā no darba metodes vai sākotnējā stāvokļa.

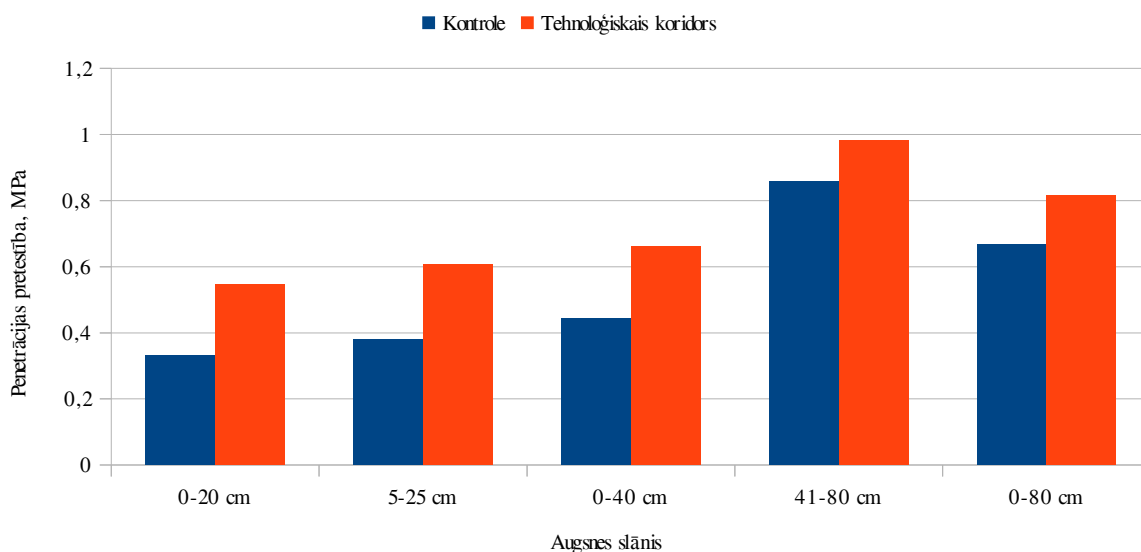
503-307-6

Objektā 503-307-6 konstatētas būtiskas atšķirības starp tehnoloģiskajiem koridoriem un kontroli. Tehnoloģiskā koridora augsnes sablīvējums ir lielāks visā augsnes profila griezumā (Att. 48). Penetrācijas pretestība nedaudz pārsniedz 1 MPa, kas liecina, ka sakņu spēja cauraut augsnes slāni netiek traucēta un augsnes sablīvējums ir pieņemams, lai notiktu optimāla koku sakņu attīstība.



Att. 48: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 503-307-6 (Bracke C16.b).

Sadalot augsnes profilu pa atsevišķiem slāņiem, konstatēts, ka dziļākajā augsnes slānī, kas atrodas 41-80 cm dziļumā, statistiski būtiskas atšķirības starp kontroli un tehnoloģisko koridoru nepastāv (Att. 49). Var secināt, ka meža tehnika būtisku sablīvējumu radījusi augsnes virskārtā, kur tehnoloģiskais koridors ticis sablīvēts vairāk.



Att. 49: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augsnes slāņos objektā 503-307-6 (Bracke C16.b).

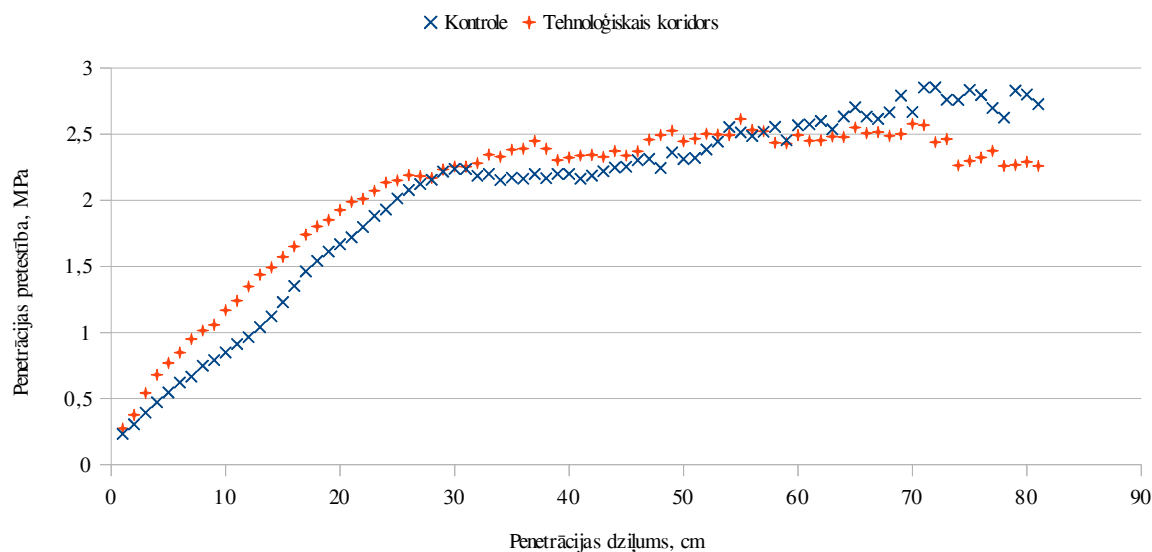
Zemāk redzamajā kartē (Att. 50) atlikti penetrācijas rezultāti katrā mērīšanas punktā. Redzams, ka platība ir ar zemu augsnes sablīvējumu, jo attēlā nevienā no teritorijas daļām nav tumšas krāsas punkti, kas apzīmē augstu sablīvējuma līmeni.



Att. 50: Augsnes penetrācijas punktu izvietojums objektā 503-307-6 (Bracke).

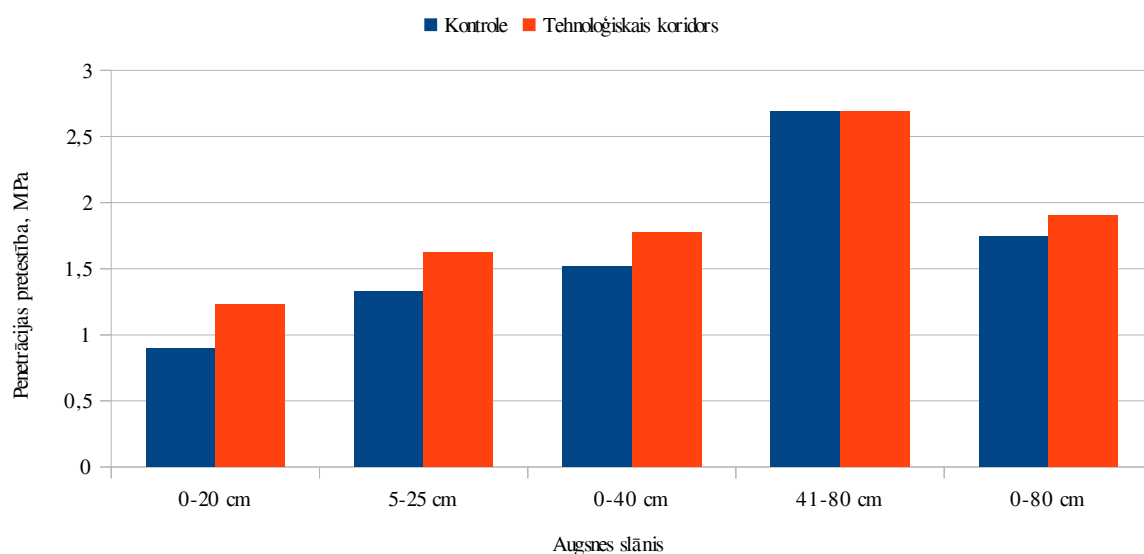
503-331-16

Līdzīgi kā iepriekš apskatītajos objektos, arī šajā, statistiski būtiskas atšķirības starp kontroli un tehnoloģisko koridoru nav konstatētas. Kritiskajai robežai, kad būtiski tiek apgrūtināta sakņu augšana, sablīvējums vistuvāk konstatēts augsnes zemākajos slāņos, kad penetrācijas pretestība kontroles daļā pietuvojas 3 MPa (Att. 51).



Att. 51: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 503-331-16.

Sadalot visu pētīto augsnes profilu pa atsevišķiem slāņiem, konstatēts, ka arī šajā gadījumā meža tehnikas būtiska ietekme vērojama augsnes virskārtā līdz 40 cm dziļumam, jo tehnoloģisko koridoru blīvums ir būtiski lielāks kā augsnes dziļākajos slāņos, kur nav konstatētas būtiskas atšķirības starp variantu sablīvējumiem (Att. 52).



Att. 52: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augsnes slāņos objektā 503-331-16.

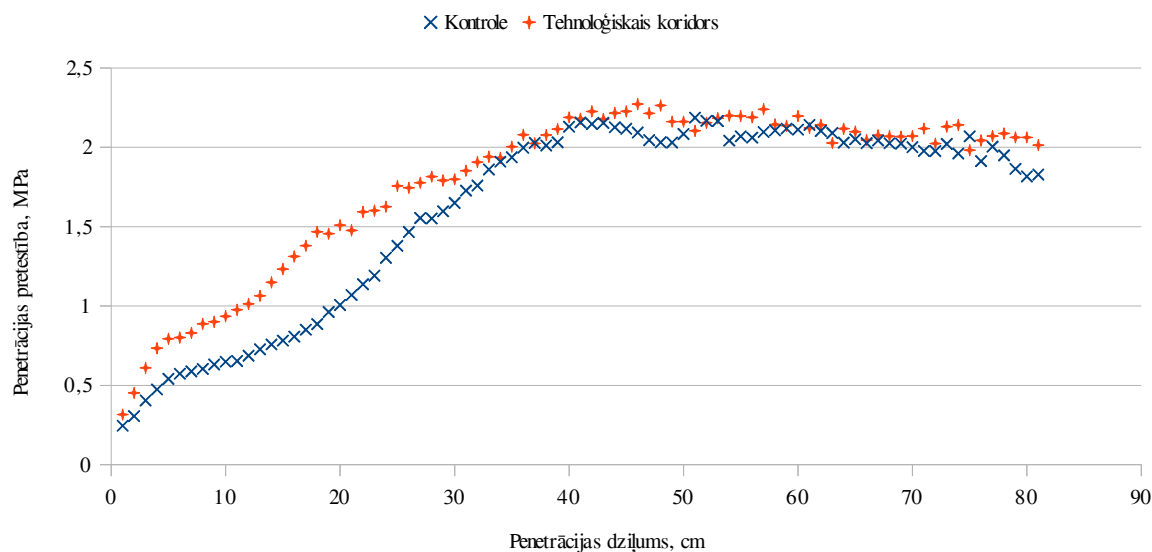
Objektā 503-331-16 augsnes sablīvējums ir vienmērīgs visā platībā. Nav izteiktas vietas šajā nogabalā, kur būtu lielāks vai mazāks augsnes sablīvējums (Att. 53). Tas redzams zemāk ievietotajā attēlā.



Att. 53: Augsnes penetrācijas punktu izvietojums objektā 503-331-16.

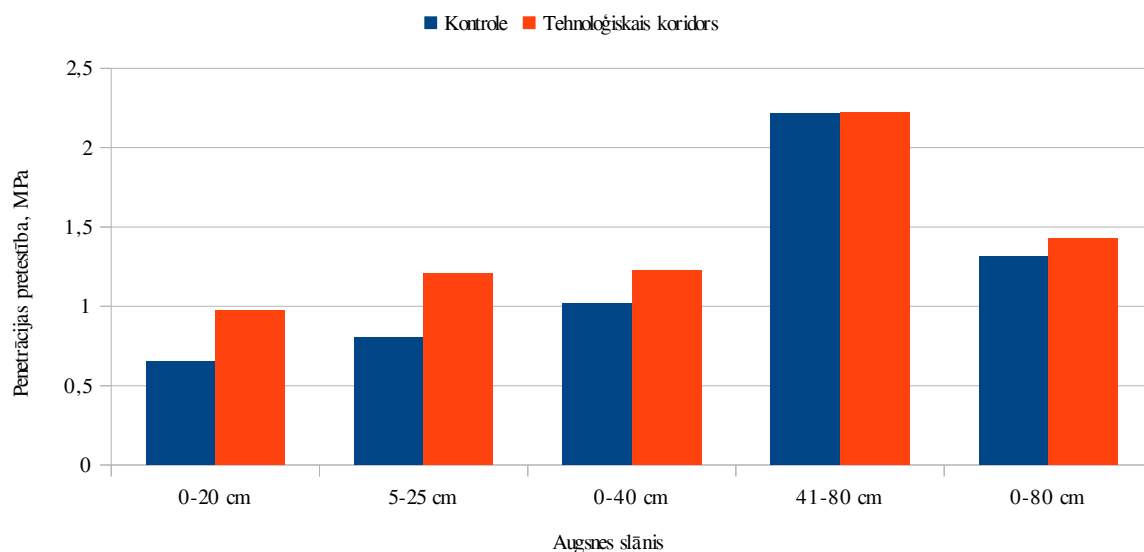
503-379-27

Vērtējot visu 503-379-27 objekta augsnes profilu, statistiski būtiskas atšķirības starp tehnoloģisko koridoru un kontroli nav konstatētas (Att. 54). Koku sakņu augšana būtiski netiek ierobežota nevienā no augsnes slāņiem, jo aprēķinātā penetrācijas pretestība nekur nesasniedz 3 MPa.



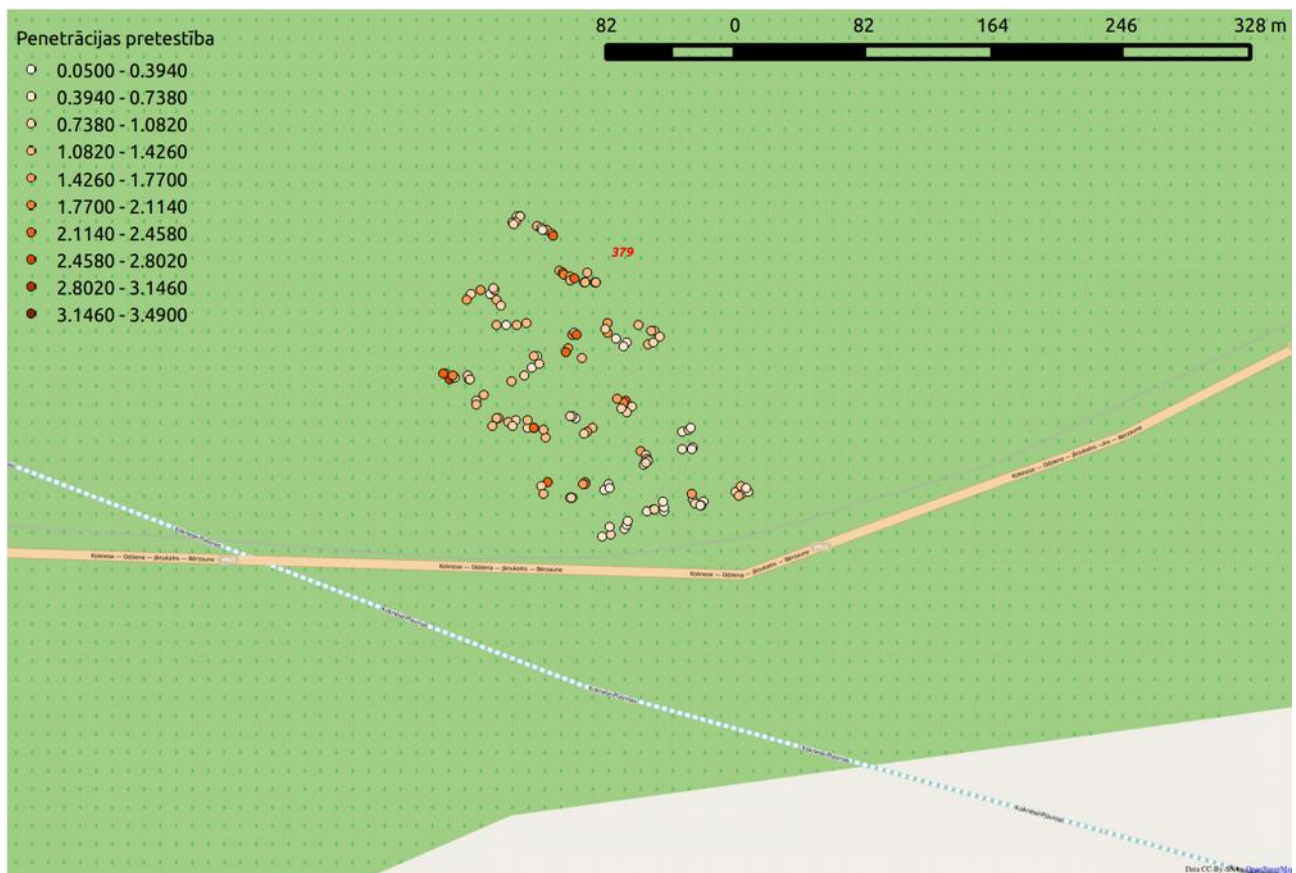
Att. 54: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 503-379-27.

Vērtējot meža tehnikas ietekmi, konstatēts, ka šīs audzes izstrādes laikā vairāk sablīvēta augsnes virskārta līdz 25 cm dziļumam uz tehnoloģiskajiem koridoriem, kas rada būtiskas atšķirības starp abiem variantiem – kontroli un tehnoloģisko koridoru. Augsnes dziļāko slāņu sablīvējums būtiski neatšķiras.



Att. 55: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augsnes slāņos objektā 503-379-27.

Šī objekta punktu izvietojuma kartē redzams, ka augsnes sablīvējums nav vienmērīgs. Lielāks augsnes sablīvējums izvietots haotiski pa visu objekta teritoriju. Attēlā redzami tumšāki punkti, kas liecina par lielāku augsnes sablīvējumu (Att. 56).



Att. 56: Augsnes penetrācijas punktu izvietojums objektā 503-379-27 .

IETEIKUMI PRAKSEI UN SECINĀJUMI

1. Izmēģinājumos piedalījās kvalificēti operatori ar iepriekšēju darba pieredzi jaunaudžu kopšanā, tomēr viņiem pietrūka pieredzes paketēšanas mehānisma izmantošanā. Strādājot ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu, vienā satvērienā apstrādāti vidēji vien 1,2 koki satvērienā, bet ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu – 2,3 koki satvērienā. Šādi rādītāji ir visai zemi un ievērojami samazina jaunaudžu kopšanas darba ražīgumu. Būtisku darba ražīguma palielinājumu, strādājot ar paketējošo griezējgalvu, var panākt, paketējot arī papīrmalkas sagatavošanai piemērotos kokus, un, atsakoties no zāģbaļķu gatavošanas, tādējādi samazinot darba laika patēriņu pameža zāģēšanai.
2. Salīdzinot jaunaudžu kopšanas ar rokas motorinstrumentiem un mašinizētas jaunaudžu kopšanas darba ražīguma rādītājus, secināts, ka ar rokas motorinstrumentiem vidēji tiešajā darba stundā var apstrādātais uz pusi mazāks koku, nekā ar harvesteru; tāpat, grūtības sagādā lielāku dimensiju koku apstrāde. Rokas motorinstrumentu priekšrocības izpaužas labos darba apstākļos, zāģējot salīdzinoši nelielus kociņus, kuru izstrāde ar harvesteru atbilstoši iegūtajiem darba ražīguma rādītājiem neatmaksājas.
3. Jaunaudžu kopšanu veicot ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, starp darba ražīguma rādītājiem viena koka apstrādē, salīdzinot koku sugas, statistiski būtiskas atšķirības sugu griezumā pastāv gan apstrādājot bērzu un priedi ($p = 0,001$), gan bērzu un egli ($p = 0,02$), kā arī starp priedi un egli ($p = 0,03$). Lielāks darba ražīgums konstatēts, zāģējot lapkokus.
4. Ar John Deere 1070 ar Bracke C16.b griezējgalvu uzrādītie vidējie ražīguma rādītāji 1 m^3 sagatavošanā ir labāki, kā ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu, kaut arī vidējā nozāģētā koka caurmērs bija vairāk kā divas reizes mazāks, nekā jaunaudzēs, kas izkoptas ar John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu. Salīdzinoši labākos ražīguma rādītājus 1 m^3 sagatavošanā varētu skaidrot ar aktīvāku paketēšanas mehānisma izmantošanu, kam ir būtiska ietekme uz darba ražīguma pieaugumu, kā arī mazāku darba laika patēriņu pameža zāģēšanai, attīrot vietu kokmateriālu nokraušanaī.
5. Modelētie ražīguma rādītāji parāda, ka, veicot jaunaudžu kopšanu ar John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu, sasniedzami labāki ražīguma rādītāji, kā jaunaudžu kopšanā izmantojot John Deere 1070 ar Bracke C 16.b griezējgalvu, ja vidējā nozāģējamā koka caurmērs pietuvojas 15 cm. Mazāku koku zāģēšanā Bracke C 16.b griezējgalva nodrošina labākus darba ražīguma rādītājus.
6. Pievešanas darbus veicot daļēji atzarotajam biokurināmajam, pievešana aizņēmusi par 40 % vairāk laika, nekā veselu stumbru pievešana. Iepriekšējie pētījumi parāda, ka daļēji atzarotā biokurināmā transportēšana gala patērētājam, izmantojot kokvedējus, rada organizatoriskas problēmas un teorētiski vienmēr iz mazāk efektīva par šķeldu piegādi, veicot savlaicīgu jaunaudžu kopšanu, veselu stumbru sagatavošana un pievešana un šķeldošana augšgala krautuvē ir ekonomiski pamatotāks risinājums, nekā daļēji atzarotu kokmateriālu gatavošana un piegāde patērētājam. Tomēr izdevīgāka cena daļēji atzarotiem sīkkokiem (premium klases granulu ražošana, kur neder nemizota koksne) var novirzīt ekonomiskā izdevīguma svaru kausus par labu daļēji atzarotu sīkkoku sagatavošanai.
7. Pievešanas darbus konstatētas būtiskas atšķirības 1 m^3 biokurināmā pievešanā starp pievešanas darbus izmantotajām tehnikas vienībām. Timberjack 810 B pievedējtraktoram vidēji 1 m^3 biokurināmā pievešana aizņēmusi par 60 % vairāk efektīvā darba laika kā John Deere 1110 E pievedējtraktoram. Ražības rādītājus, visticamāk, būtiski ietekmē atšķirīgais krāvuma blīvums, samazinoties vidējā koka caurmēram. Pētījumā secināts, ka veselu sīkkoku pievešanā, arī pēc izstrādes ar rokas darba instrumentiem, izmantojami pievedējtraktori ar pagarinātu rāmi.

LITERATŪRA

1. Kalēja, S., Brencis, M. & Lazdiņš, A. (2014). *Apaļo kokmateriālu un šķeldu piegādes ražīguma salīdzinājums jaunaudžu kopšanā*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2014/02).
2. Lazdiņš, A., Donis, J., Zimelis, A. & Lazdāns, V. (2012). *Enerģētiskās koksnes resursi jaunaudzēs faktiskajā un ilgtermiņa griezumā pie dažādiem meža apsaimniekošanas scenārijiem*. Salaspils. (3. 5.5-5.1-000p-101-12-8).
3. Liepa, I. (1996). *Pieauguma mācība*. Jelgava: LLU.
4. Ministru Kabinets (2012). Ministru Kabineta noteikumi Nr. 935, Noteikumi par koku ciršanu mežā. VSIA Latvijas Vēstnesis.

LVMi Silava
Rīgas ielā 111, Salaspils, LV-2169