

PĀRSKATS

PAR AS “LATVIJAS VALSTS MEŽI” PĒTĪJUMA

ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS,
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPnieciskais PĒTĪJUMS

DARBU IZPILDI

Pārskata nosaukums **PAMEŽA IETEKME UZ DARBA
RAŽĪGUMU JAUNAUDŽU KOPŠANĀ
LAPKOKU AUDZĒS**

Līguma Nr. 3. 5.5-5.1-000p-101-12-8

Pārskata Nr. 2014/05

Pārskata versija 1.0

Izpildes laiks 03.01.2013 - 30.12.2013

Izpildītājs Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir noskaidrot pameža ietekmi uz biokurināmā sagatavošanas darba ražīgumu. Pētījumā veikti jaunaudžu kopšanas izmēģinājumi, salīdzinot 3 darba metodes. Pirmā darba metode paredz veikt jaunaudžu kopšanu, saglabājot pamežu. Otrā darba metode paredz pirms kopšanas izzāgēt visus pameža sīkkokus un krūmus, kuru caurmērs ($D_{1,3}$) nepārsniedz 3 cm. Trešā darba metode paredz pirms kopšanas izzāgēt visus pameža sīkkokus un krūmus, kuru caurmērs nepārsniedz 5 cm. Pētījumā salīdzināts Timbear un John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu darba ražīgums jaunaudžu kopšanā.

Neatkarīgi no pameža esamības, Timbear ražīgums ir būtiski mazāks, nekā John Deere 1070 E ražīgums, kas saistīts ar ievērojami lielāku neefektīvi izmantotā darba laika īpatsvaru, veicot kopšanu ar Timbear. Šai mašīnai tiešais darba laiks (darba ciklu, kas noslēdzas ar kokmateriālu sagatavošanu kopējais ilgums) vidēji ir 57 % no kopējā darba laika un 88 % no produktīvā darba laika, bet John Deere 1070 E tiešais darba laiks ir 93 % no produktīvā laika un 76 % no kopējā darba laika. Timbear ražīgumu negatīvi ietekmēja arī tas, ka tehnoloģiskie koridori bija izvietoti neoptimāli – ik pēc 18 m, paredzot, ka šajos objektos strādās mašīna ar lielāku krāna izlīci.

Jaunaudžu kopšanā izmantojot Timbear harvesteru, statistiski būtiskas atšķirības ($p < 0,05$) tiešā darba laika patēriņā 1 koka apstrādei atkarībā no izvēlētajā darba metodes netika konstatētas, bet, izmantojot John Deere 1070 E harvesteru, statistiski būtiskas atšķirības ($p = 0,03$) konstatētas starp 1. un 3. darba metodi. Salīdzinoši mazāk tiešā darba laika, nekā abās pārējās metodēs, 1. metodē patērēts, apstrādājot kokus, kuru $D_{1,3}$ pārsniedz 7 cm.

Salīdzinot ar Timbear harvesteru sagatavotā biokurināmā pašizmaksas aprēķinus darba metožu griezumā, secināts, ka vismazākā pašizmaksa ir biokurināmajam, kas sagatavots strādājot ar 1. darba metodi. Salīdzinot ar John Deere 1070 E harvesteru sagatavotā biokurināmā pašizmaksas aprēķinus darba metožu griezumā, vismazākā pašizmaksa ir biokurināmajam, kas sagatavots, strādājot ar 1. un 2. darba metodi. Pameža zāģēšanas pozitīvā ietekme uz harvestera ražīgumu izpaudās abos gadījumos, taču, ņemot vērā pameža zāģēšanas izmaksas, pozitīvs ekonomisks efekts nav novērojams.

Kopumā ar Timbear izkoptās un pievestās audzēs konstatēts mazāk paliekošo koku bojājumi, nekā ar John Deere izkoptajā audzē. Bojājumu uzskaites datu analīze parāda, ka paliekošo koku bojājumi gan pēc kopšanas gan pievešanas konstatēti mazāk tajās platībās, kurās pamežs pirms jaunaudžu kopšanas uzsākšanas saglabāts. Būtiska darba metodes ietekme uz paliekošo koku bojājumiem vērojama audzē, kurā strādāja John Deere harvesters un pievedējtraktors.

Vidējie darba ražīguma rādītāji John Deere 810 E pievedējtraktoram ir labāki, nekā Timbear pievedējtraktoram, kas saistīts ar lielāku kravas apjomu un labākiem ražīguma rādītājiem, tomēr objektīvu norāžu par to, ka Timbear pievedējtraktors tehniski būtu ar mazāku ražības potenciālu pētījumā nav iegūts.

Salīdzinot divus biokurināmā piegādes scenārijus (veselu koku transports pie patērētāja un šķeldošana augšgala krautuvē) un pieņemot, ka pie vienām un tām pašām darba metodēm abu kopšanas tehnikas vienību sagatavoto sortimentu struktūra ir vienāda, kā ekonomiski pamatotāks biokurināmā scenārijs 1. un 2. darba metodei ir šķeldu piegādes scenārijs. 3. darba metodei rentabla var būt gan šķeldu, gan sīkkoksnes piegāde.

Pētījumā secināts, ka pameža zāģēšanai pirms jaunaudžu kopšanas nav pozitīvas ekonomiskas ietekmes. Tieši pretēji, ekonomiski neizdevīgākais ir tradicionālais risinājums, kas paredz par 5,1 cm tievāku kociņu un krūmu izzāģēšanu pirms kopšanas. Ņemot vērā, ka pameža zāģēšanai ir neitrāla ietekme, lēmumu par šo darbu jāpieņem darbu izpildītājam, rēķinoties ar kopšanā nodarbināto operatoru kvalifikāciju, laika apstākļiem, darba apstākļiem, kā arī sagaidāmo sortimentu struktūru.

Saturs

Kopsavilkums.....	2
Ievads.....	6
Darba metodika un izmēģinājumu objekti.....	7
Objektu atlase un sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana.....	7
Sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana.....	7
Taksācijas rādītāju noteikšana.....	7
Bojājumu novērtēšana.....	8
Pētījumu objekti.....	8
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	11
Pētījumā izmantotā tehnika.....	13
Mežizstrādes tehnika.....	13
Timbear harvarders ar paketējošo griezējgalvu Keto 51 Supreme Ecotilt.....	14
Pameža zāģēšanā izmantotie rokas motor-instrumenti.....	14
Pievešanas tehnika.....	15
Ceļu transports.....	16
Kokvedēji.....	16
Šķeldu vedēji.....	17
Šķeldotāji.....	17
Darba laika uzskaitē.....	17
Aprīkojums.....	17
Kopšana.....	18
Roku darbs.....	19
Pievešana.....	19
Pievestā materiāla uzskaitē.....	20
Pievedējtraktora kravu svēršana.....	20
Aprēķini pēc biomasas vienādojumiem.....	21
Bojājumu un atstāto sortimentu uzskaitē.....	23
Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze.....	23
Darba rezultāti.....	28
Darba laika uzskaites kopsavilkums.....	28
Kopšanas darba ražīgums.....	28
Pievešanas ražīgums.....	35
Pievestais materiāls.....	35
Pievešanas ražīguma rādītāji.....	35
Ražīguma aprēķini.....	38
Kopšana.....	38
Pievešanas darba ražīgums.....	47
Kokvedēji.....	50
Šķeldotāji un šķeldu vedēji.....	50
Kopsavilkums par darba ražīguma rādītājiem.....	50
Izmaksu un ieņēmumu analīze.....	51
Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze.....	51
Sistēmas analīze.....	54
Jutības analīze.....	55
Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums.....	58
Kopšanas kvalitāte.....	61
Paliekošo koku bojājumi.....	61
Ieteikumi praksei un secinājumi.....	63
Literatūra.....	65

Attēli

Att. 1: Izmēģinājumu objektu izvietojums.....	7
Att. 2: Parauglaukuma novietojums slejā, ja attālums starp koridoru centriem ir 20 m.....	8
Att. 3: Mežaudze pirms un pēc kopšanas.....	9
Att. 4: Diennakts vidējā gaisa temperatūra kopšanas darbu laikā ar Timbear harvesteru.....	11
Att. 5: Nokrišņi kopšanas darbu laikā ar Timbear harvesteru.....	12
Att. 6: Diennakts vidējā gaisa temperatūra kopšanas darbu laikā ar John Deere 1070E harvesteru.....	12
Att. 7: Diennakts vidējā gaisa temperatūra pievešanas darbu laikā ar Timbear pievedējtraktoru.....	13
Att. 8: John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu H754.....	14
Att. 9: Timbear harvarders ar paketējošo griezējgalvu Keto 51 Supreme Ecotilt.....	14
Att. 10: Izmēģinājumos izmantots krūmgriezis.....	15
Att. 11: Pievedējtraktors John Deere 1070E.....	16
Att. 12: Vidējā caurmēra un lapkoku kravas tilpīguma koeficienta sakarība.....	16
Att. 13: Hronometrāžā izmantotais laukdatore Allegro CX.....	18
Att. 14: Pievedējtraktora svēršanai izmantotie svāri CAS RW-15P, kopskats un darbam sagatavotas platformas.....	21
Att. 15: Nozāģējamo koku skaita sadalījums.....	21
Att. 16: Nozāģējamo koku caurmērs.....	22
Att. 17: Koku stumbra krājas un biomasas aprēķināšanas vienādojumi.....	23
Att. 18: Ar Timbear nozāģēto koku īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	29
Att. 19: Ar John Deere 1070 E nozāģēto koku īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	30
Att. 20: Timbear kopējā darba laika sadalījums.....	39
Att. 21: John Deere kopējā darba laika sadalījums.....	39
Att. 22: Ar Timbear nozāģētā vidējā koka stumbra biomasas sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	40
Att. 23: Tiešā darba laika patēriņš 1 koka sagatavošanai ar Timbear harvesteru sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	40
Att. 24: Ar John Deere 1070 E nozāģētā vidējā koka stumbra biomasas sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	41
Att. 25: Tiešā darba laika patēriņš 1 koka sagatavošanai ar John Deere 1070 E harvesteru sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	41
Att. 26: Tiešā darba laika patēriņš 1 m³ sagatavošanai ar Timbear sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	42
Att. 27: Tiešā darba laika patēriņš 1 m³ sagatavošanai ar John Deere 1070 E sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.....	42
Att. 28: Timbear harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 1.darba metodi.....	44
Att. 29: Timbear harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 2.darba metodi.....	44
Att. 30: Timbear harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 3.darba metodi.....	45
Att. 31: John Deere 1070 E harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 1.darba metodi.....	45
Att. 32: John Deere 1070 E harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 2.darba metodi.....	46
Att. 33: John Deere 1070 E harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 3.darba metodi.....	46
Att. 34: Aprēķinātie Timbear harvestera ražīguma rādītāji.....	47
Att. 35: Aprēķinātie John Deere 1070 E harvestera darba ražīguma rādītāji.....	47
Att. 36: Darba laika sadalījums pievešanā ar Timbear pievedējtraktoru.....	48
Att. 37: Darba laika sadalījums pievešanā ar John Deere 810 E pievedējtraktoru.....	48
Att. 38: Vidējais Timbear pievedējtraktora 1 kravas pievešanas produktīvā darba laika sadalījumā pa darba metodēm.....	49
Att. 39: Vidējais John Deere 810 E 1 kravas pievešanas produktīvā darba laika sadalījumā pa darba metodēm.....	50
Att. 40: Jutīguma analīze 1.darba metodei kopšanā izmantojot Timbear harvesteru.....	55
Att. 41: Jutīguma analīze 2.darba metodei kopšanā izmantojot Timbear harvesteru.....	56
Att. 42: Jutīguma analīze 3.darba metodei kopšanā izmantojot Timbear harvesteru.....	56
Att. 43: Jutīguma analīze 1. darba metodei kopšanā izmantojot John Deere 1070 E harvesteru.....	57
Att. 44: Jutīguma analīze 2.darba metodei kopšanā izmantojot John Deere 1070 E harvesteru.....	57
Att. 45: Jutīguma analīze 3.darba metodei kopšanā izmantojot John Deere 1070 E harvesteru.....	58
Att. 46: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 1.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (Timbear).....	58
Att. 47: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 2.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (Timbear).....	59
Att. 48: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 3.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (Timbear).....	59
Att. 49: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 1.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (John Deere 1070 E).....	60
Att. 50: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 2.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (John Deere 1070 E).....	60
Att. 51: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 3.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (John Deere 1070 E).....	61

Tabulas

Tab. 1: Audžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas.....	8
Tab. 2: Pameža raksturojums.....	9
Tab. 3: Izkoptās platības – kopsavilkums.....	9
Tab. 4: Audžu taksācijas rādītāji pēc kopšanas.....	10
Tab. 5: Nozāgētās biomasas raksturojums.....	10
Tab. 6: Audžu taksācijas rādītāju procentuālās izmaiņas.....	10
Tab. 7: Koeficienti šķeldošanas ražības pārrēķiniem, raksturojot vienu kravu.....	17
Tab. 8: kopšanas darba laika uzskaites elementi.....	18
Tab. 9: Izmēģinājumos sagatavotās sortimentu grupas.....	19
Tab. 10: Roku darba laika uzskaites elementi.....	19
Tab. 11: Pievešanas darba laika uzskaites elementi.....	19
Tab. 12: Pārrēķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai.....	22
Tab. 13: Pārrēķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai.....	22
Tab. 14: Pameža zāģēšanas izmaksas.....	24
Tab. 15: Pašizmaksas aprēķinu gaita.....	24
Tab. 16: Darba laika uzskaites kopsavilkums Timbear harvesteram pa koptjām platībām (cmin.).....	31
Tab. 17: Darba laika uzskaites kopsavilkums John Deere 1070 E harvesteram pa koptjām platībām (cmin.).....	31
Tab. 18: Timbear darba laiks īpatsvars sadalījumā pa darba metodēm.....	32
Tab. 19: John Deere 1070 E darba laiks īpatsvars sadalījumā pa darba metodēm.....	32
Tab. 20: Timbear harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 koku (cmin.).....	33
Tab. 21: Timbear harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1m ³ koksnes (cmin.).....	33
Tab. 22: Timbear harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 tonnu biomasas (cmin.).....	33
Tab. 23: Timbear harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 ha(cmin.).....	33
Tab. 24: John Deere 1070 E harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 koku(cmin.).....	33
Tab. 25: John Deere 1070 E harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1m ³ koksnes (cmin.).....	34
Tab. 26: John Deere 1070 E harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 tonnu biomasas(cmin.).....	34
Tab. 27: John Deere 1070 E harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 ha (cmin.).....	34
Tab. 28: Darba ražīguma rādītāju salīdzinājums starp Timbear operatoriem (cmin.).....	35
Tab. 29: Darba ražīguma rādītāju salīdzinājums starp John Deere 1070 E operatoriem (cmin.).....	35
Tab. 30: Timbear pievedējtraktora darba laika kopsavilkums sadalījumā pa audzēm (cmin.).....	36
Tab. 31: John Deere 810 E pievedējtraktora darba laika kopsavilkums (cmin.).....	36
Tab. 32: Timbear pievedējtraktora darba laika kopsavilkums sadalījumā pa darba metodēm (cmin.).....	36
Tab. 33: John Deere 810 E forvardera darba laika kopsavilkums sadalījumā pa darba metodēm (cmin.).....	36
Tab. 34: Timbear pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš uz 1 kravas pievešanai (cmin.).....	37
Tab. 35: John Deere 810 E pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš uz 1 kravas pievešanai (cmin.).....	37
Tab. 36: Timbear pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš uz 1 tonnas dabiski materiāla pievešanai (cmin.).....	37
Tab. 37: John Deere 810 E pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš uz 1 tonnas dabiski materiāla pievešanai (cmin.).....	37
Tab. 38: Timbear pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš 1 m ³ pievešanai (cmin.).....	37
Tab. 39: John Deere 810 E pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš 1 m ³ pievešanai (cmin.).....	38
Tab. 40: Aprēķinu vienādojuma koeficienti Timbear harvesteram.....	43
Tab. 41: Aprēķinu vienādojuma koeficienti John Deere 1070 E harvesteram.....	43
Tab. 42: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī (Timbear).....	51
Tab. 43: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī (John Deere).....	51
Tab. 44: Ar Timbear sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 1. darba metodei.....	52
Tab. 45: Ar Timbear sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 2. darba metodei.....	52
Tab. 46: Ar Timbear sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 3. darba metodei.....	52
Tab. 47: Ar John Deere 1070 E sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 1. darba metodei.....	53
Tab. 48: Ar John Deere 1070 E sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 2. darba metodei.....	53
Tab. 49: Ar John Deere 1070 E sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 3. darba metodei.....	54
Tab. 50: Timbear ražošanas apjoms, m ³ gadā ⁻¹	55
Tab. 51: John Deere 1070 E ražošanas apjoms, m ³ gadā ⁻¹	55
Tab. 52: Paliekošo koku bojājumi ar Timbear koptās audzēs.....	61
Tab. 53: Paliekošo koku bojājumi ar John Deere koptās audzē.....	61

IEVADS

Pētījuma ietvaros iegūti dati par 3 dažādu darba metožu pielietošanu lapkoku audzēs kopšanā, izmantojot Timbear un John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu. Pētījuma mērķis bija salīdzināt pielietotās darba metodes, kas savā starpā atšķiras ar pameža stāvokli, un to ietekmi uz darba ražīgumu.

Pētījuma ietvaros ar abām tehnikas vienībām izkoptas lapkoku audzes 7,3 ha platībā Skrīveru apkārtnē lapkoku audzēs. Audzes izmēģinājumiem atlasītas pēc tehnikas operatoru izteikuma, izvēloties tos nogabalus, kuros pamežs varētu sagādāt vislielākās grūtības kopšanā. Pameža sīkkoku un krūmu skaits 2 nogabalos pārsniedza 10 000 gab. ha⁻¹, bet vienā objektā (502-423-6) pameža un valdaudzes koku dimensijas ir līdzīgas un pameža koku skaits salīdzinoši neliels, taču grūtības radīja kopumā lielais koku skaits.

Kopumā no pētījumā iekļautajām teritorijām pievestas 60 kravas biokurināmā (aptuveni 1000 ber. m³ šķeldu).

Pētījuma rezultāti parāda, ka, strādājot ar Timbear, statistiski būtiskas atšķirības starp pielietotajām darba metodēm nav konstatētas, t.i. pameža nozāgēšana neietekmē darba ražīgumu, bet, strādājot ar John Deere harvesteru, konstatēta statistiski būtiska atšķirība starp 1. un 3. darba metodi. Pameža izzāgēšana ļauj būtiski palielināt darba ražīgumu. Pētījumā iesaistītās tehnikas vienības gan kopšanas, gan pievešanas procesā uzrādīja atšķirīgus darba ražības rādītājus; Timbear kopumā uzrādīja sliktākus ražīguma rādītājus, kas saistīts ar tehniskām problēmām un lielāku nelietderīgi izmantotā darba laika īpatsvaru.

Salīdzinot divus biokurināmā piegādes scenārijus (šķeldas un daļēji atzarota sīkkoksne) un pieņemot, ka pie vienām un tām pašām darba metodēm abu kopšanas tehnikas vienību sagatavoto sortimentu struktūra ir vienāda, kā ekonomiski pamatotāks piegādes scenārijs 1. un 2. darba metodei ir šķeldu piegādes scenārijs. 3. darba metodei iespējams gan šķeldu gan sīkkoksnes piegādes scenārijs.

Veicot kopšanas kvalitātes izvērtējumu, konstatēts, ka paliekošo koku bojājumi gan pēc kopšanas gan pievešanas, mazāk konstatēti tajās platībās, kurās izmantota 1. darba metode, pirms jaunaudžu kopšanas saglabājot pamežu.

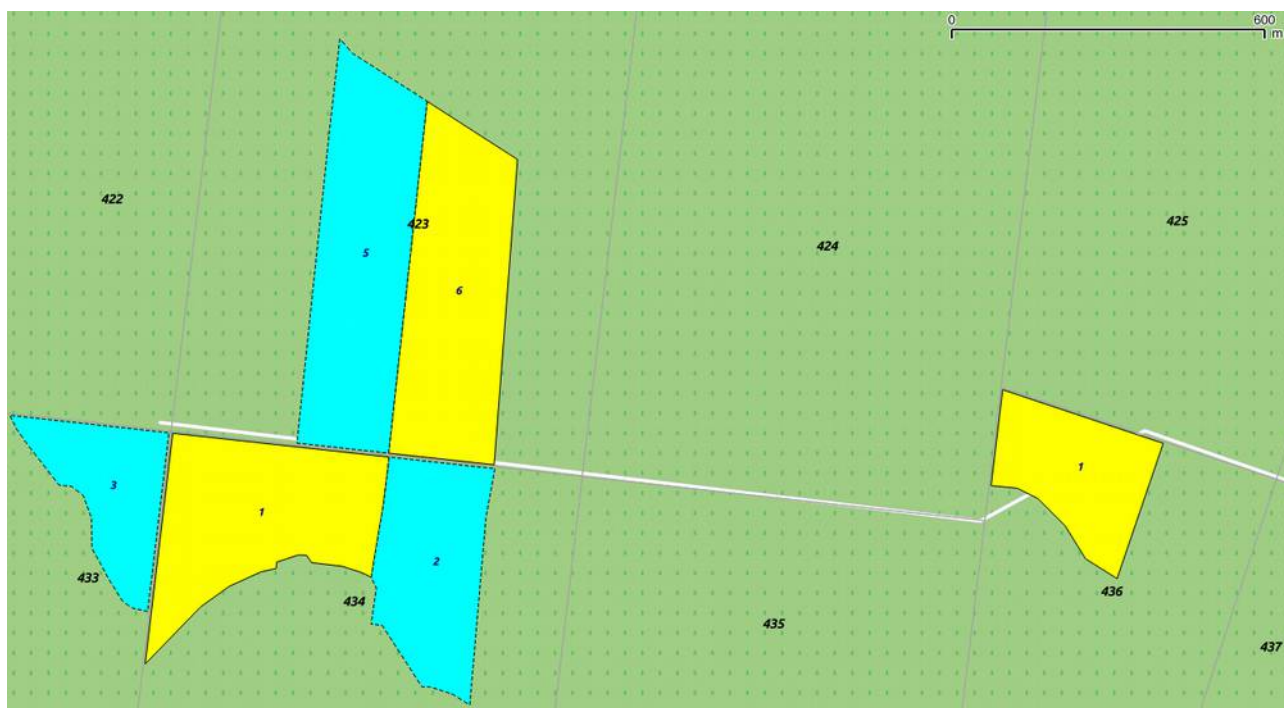
DARBA METODIKA UN IZMĒĢINĀJUMU OBJEKTI

Objektu atlase un sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana

Sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana

Taksācijas rādītāju noteikšanai pirms kopšanas tika ierīkoti aplveida parauglaukumi, kuru platība 25 m². Parauglaukumi tika 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 tika noteikta suga un caurmērs 1,3 m augstumā virs sakņu kakla, ja tas lielāks par 4 cm.

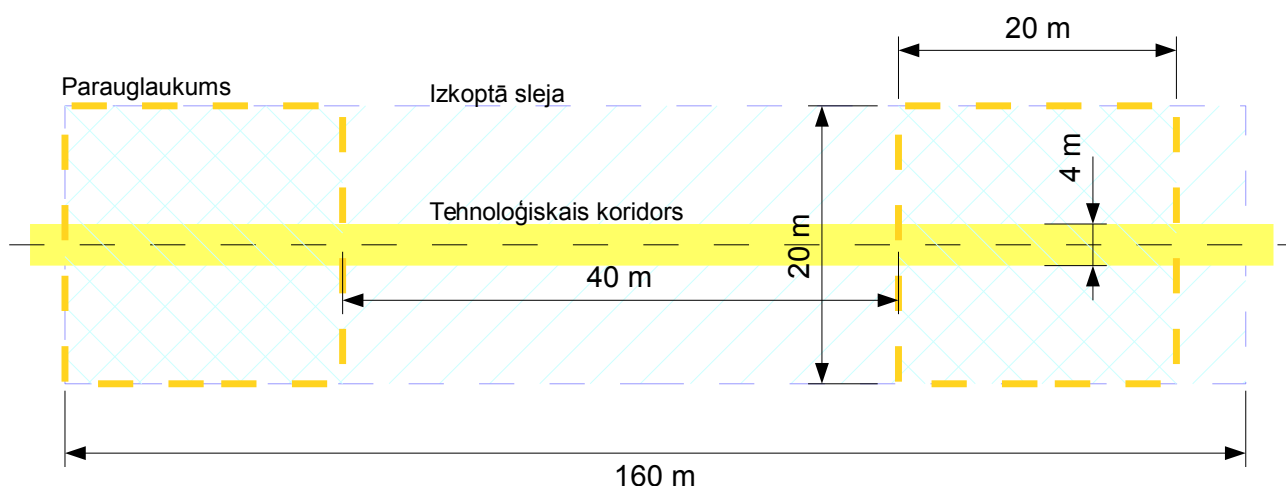
Pētījuma veikšanai atlasītas 3 jaunaudzes 502 kvartāla apgabalā Skrīveru apkaimē (Att. 1). Kā audžu atlases kritēriji izvirzīti audzes vidējā koka augstums, audzes biežība un piemērots reljefs audžu mehānizētai izstrādei. Par pētījumam piemērotām tika atlasītas bērza audzes, kuru vidējais augstums bija robežās no 11 līdz 15 m.



Att. 1: Izmēģinājumu objektu izvietojums.

Taksācijas rādītāju noteikšana

Taksācijas rādītāju noteikšanai audzēs pēc kopšanas ierīkoti taisnstūrveida parauglaukumi, kuru garums 20 m, bet platums atkarībā no sleju platuma – 16 un 18 m. Parauglaukumi izvietoti paralēli tehnoloģiskajiem koridoriem tā, lai to vidus ass sakristu ar slejas vidus asi, bet parauglaukumu malas sakristu ar slejas malu līnijām (Att. 2). Attālums starp parauglaukumiem atkarīgs no koridora garuma. Ja tehnoloģiskais koridors garāks par 160 m, tad parauglaukumi izvietoti ik pēc 40 m, ja īsāks, tad ik pēc 20 m. Visiem parauglaukumā esošajiem kokiem noteikta suga, ar dastmēru uzmērīts caurmērs 1,3 m augstumā virs sakņu kakla (ja tas lielāks par 4 cm), kā arī noteikts attālums no tehnoloģiskā koridora vidus ass līdz kokam. Augstuma noteikšanai izmantots jau pirms kopšanas izveidotais augstuma līknes vienādojumi.



Att. 2: Parauglaukuma novietojums slejā, ja attālums starp koridoru centriem ir 20 m.

Visas audzes atbilstoši darba uzdevumam vajadzēja izkopt līdz minimālajam šķērslaukumam. Tehnoloģiskie koridori apaļkoku pievešanai ierīkoti 16 un 18 m attālumā viens no otra. Audžu kopšanām izmantotas vairākas darba metodes, saglabājot pamežu vai izzāgējot pameža sīkkokus, kas tievāki par 3,1 un 5,1 cm. Audžu raksturojums pēc kopšanas dots Tab. 4.

Bojājumu novērtēšana

Bojājumi uzskatīti tikai tiem parauglaukumos esošajiem kokiem, kuru krūšaugstuma caurmērs lielāks par 4 cm. Uzskaitē izdalīti 4 veidu bojājumi: stumbra bojājumi līdz 0,5 m augstumā virs zemes, stumbra bojājumi no 0,5 m uz augšu, iezāgējumi un sakņu bojājumi. Par bojājumu uzskatīts mizas nobrāzums gan stumbram, gan saknei (sakne atrodas ne vairāk kā 70 cm attālumā no koka un saknes caurmērs vismaz 2 cm), ja kokam atsegtās koksnes laukums bija lielāks par 15 cm², iezāgējums bija vismaz 10 % no koka caurmēra bojājuma vietā. Bojājumu uzskaitē veikta atsevišķi pēc audzes kopšanas un kokmateriālu pievešanas, audzes kopšanas laikā radušos bojājumus atzīmējot ar krāsu un otrreiz šos kokus neuzskaitot, ja tam pašam kokam bojājumus rada arī pievedējtraktors.

Pētījumu objekti

Kopā izmēģinājumos 3 nogabalos Skrīveru apkārtnē (502. kvartālu apgabals) ar Timbear un John Deere harvesteriem 3 jaunaudzēs izkopti 24 slejas, kurās pamežs pirms kopšanas uzsākšanas bija vai nu saglabāts, vai izzāgēts, saglabājot par 3 cm vai 5 cm resnākus kociņus. Ar Timbear harvesteru pētījuma ietvaros izkopts 4,1 ha jaunaudzis. Ar izzāgētu pamežu līdz 3 cm bija 60 % no kopējās izkoptās platības, ar izzāgētu pamežu līdz 5 cm attiecīgi 22 %, bet pamežs pirms kopšanas saglabāts 18 % no izkopjamās platības. John Deere harvesteris no kopā izkoptajiem 3,2 ha jaunaudžu, 15 % izkopis ar izzāgētu pamežu līdz 3 cm, 40 % ar izzāgētu pamežu līdz 5 cm, bet pārējos 45 % kopjamo platību pamežs pirms kopšanas saglabāts. Mežaudžu raksturojumus dots Tab. 1; pameža raksturojums – Tab. 2. Izkopto sleju garuma un platības kopsavilkums dots Tab. 3. Nozāgētās biomasas raksturojums un taksācijas rādītāju procentuālās izmaiņas dotas Tab. 5 un Tab. 6. Raksturīga pameža aina izmēģinājumu objektos redzama Att. 3.

Tab. 1: Audžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas

Cirsmas kods	Platība, ha	Valdošā suga	Koku skaits, gab., ha ⁻¹	Vidējais caurmērs, cm	Vidējais augstums, m	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Stumbra krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējais koks, m ³
502-423-6	3,6	bērzs	3250	9,7	15,5	24,2	105,7	0,03
502-436-1	1,8	bērzs	2829	7,5	12,3	12,4	56,5	0,02

Cirsmas kods	Platība, ha	Valdošā suga	Koku skaits, gab., ha ⁻¹	Vidējais caurmērs, cm	Vidējais augstums, m	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Stumbra krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējais koks, m ³
502-434-1	3,2	bērzs	2667	8,4	11,0	14,9	98,9	0,04

Tab. 2: Pameža raksturojums

Kods	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	Vidējais augstums, m	Vidējais caurmērs, cm
502-423-6	725	8,5	2,9
502-434-1	12827	5,8	1,6
502-436-1	12686	5,1	2,1



Att. 3: Mežaudze pirms un pēc kopšanas.

Tab. 3: Izkoptās platības – kopsavilkums

Nr.	Audzes kods ¹	Pameža stāvoklis	Darba metode	Sleju garums, m	Sleju platums, m	Slejas platība, ha	kopšanas tehnika
1.	502-436-1-1	pamežs izzāgēts līdz 5 cm	2.	92	16	0,15	Timbear
2.	502-436-1-2	pamežs izzāgēts līdz 5 cm	2.	89	16	0,14	Timbear
3.	502-436-1-3	pamežs izzāgēts līdz 3 cm	2.	72	16	0,12	Timbear
4.	502-436-1-4	pamežs izzāgēts līdz 3 cm	2.	56	16	0,09	Timbear
5.	502-436-1-5	saglabāts	2.	40	16	0,06	Timbear
6.	502-436-1-6	saglabāts	2.	25	16	0,04	Timbear
7.	502-423-6-7	saglabāts	2.	357	18	0,64	Timbear
8.	502-423-6-8	pamežs izzāgēts līdz 5 cm	1.	352	18	0,63	Timbear
9.	502-423-6-9	pamežs izzāgēts līdz 3 cm	5.	322	18	0,58	Timbear
10.	502-423-6-10	pamežs izzāgēts līdz 3 cm	3.	315	18	0,57	Timbear
11.	502-423-6-11	pamežs izzāgēts līdz 3 cm	2.	312	18	0,56	Timbear

¹ Kvartāla apgabals – kvartāls – nogabals-tehnoloģiskais koridors.

Nr.	Audzes kods	Pameža stāvoklis	Darba metode	Sleju garums, m	Sleju platums, m	Slejas platība, ha	kopšanas tehnika
12.	502-423-6-12	pamežs izzāgēts līdz 3 cm	1.	309	18	0,56	Timbear
13.	502-434-1-1	saglabāts	5.	225	18	0,41	John Deere
14.	502-434-1-2	saglabāts	5.	223	18	0,4	John Deere
15.	502-434-1-3	pamežs izzāgēts līdz 5 cm	5.	183	18	0,33	John Deere
16.	502-434-1-4	pamežs izzāgēts līdz 5 cm	2.	160	18	0,29	John Deere
17.	502-434-1-5	pamežs izzāgēts līdz 3 cm	5.	145	18	0,26	John Deere
18.	502-434-1-6	pamežs izzāgēts līdz 3 cm	2.	130	18	0,23	John Deere
19.	502-434-1-7	saglabāts	2.	116	18	0,21	John Deere
20.	502-434-1-8	saglabāts	2.	112	18	0,2	John Deere
21.	502-434-1-9	pamežs izzāgēts līdz 5 cm	2.	119	18	0,21	John Deere
22.	502-434-1-10	pamežs izzāgēts līdz 5 cm	2.	119	18	0,21	John Deere
23.	502-434-1-11	pamežs izzāgēts līdz 5 cm	2.	121	18	0,22	John Deere
24.	502-434-1-12	saglabāts	2.	122	18	0,22	John Deere
Kopā						7,33	

Tab. 4: Audžu taksācijas rādītāji pēc kopšanas

Cirsmas kods	Platība, ha	Valdošā suga	Koku skaits, gab., ha ⁻¹	Vidējais caurmērs, cm	Vidējais augstums, m	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Stumbra krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējais koks, m ³
502-423-6	3,6	bērzs	893,2	13,9	17,9	13,6	121,2	0,12
502-436-1	1,8	bērzs	1166,7	9,7	13,7	8,6	62,2	0,07
502-434-1	3,2	bērzs	1147,7	10,0	12,1	9,0	64,7	0,05

Tab. 5: Nozāgētās biomasas raksturojums

Audzes kods	Nozāgētās biomasas raksturojums, vidēji uz 1 ha						Nozāgētās biomasas raksturojums, kopā				
	N, gab.	vidējā koka tilpums, m ³	G, m ²	M, m ³	virszemes biomasas, tonnas	stumbra biomasas, tonnas	N, gab.	vidējā koka tilpums, m ³	G, m ²	M, m ³	virszemes biomasas, tonnas
502-423-6	1994	0,047	12,2	93,6	52,4	42,8	7 180	44	337	189	154
502-436-1	1145	0,013	2,6	15,5	8,1	7,5	2 061	5	28	15	14
502-434-1	978	0,022	3,7	21,5	14,4	10,4	3 129	12	69	46	33

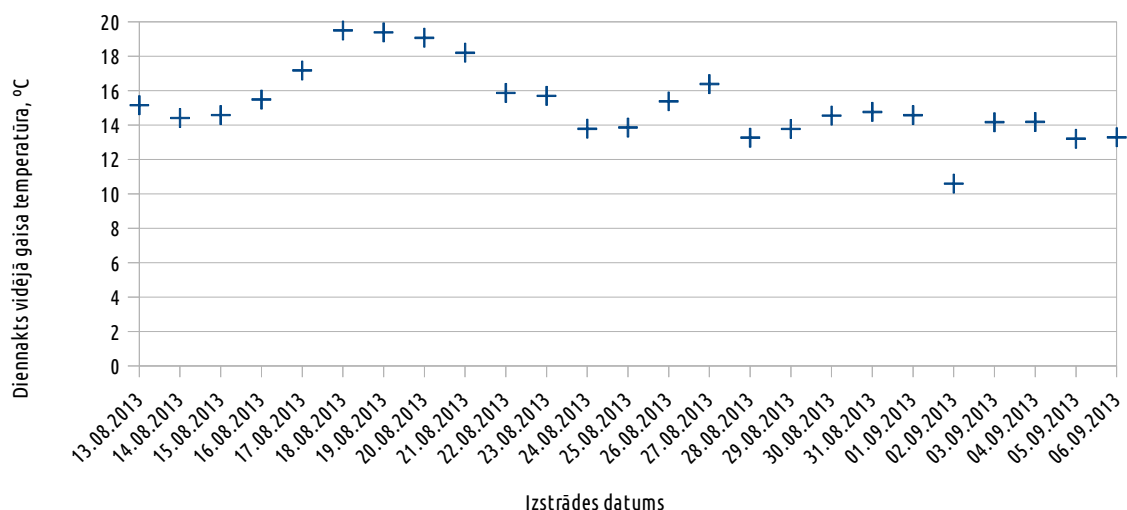
Tab. 6: Audžu taksācijas rādītāju procentuālās izmaiņas

Audzes kods	Samazinošies rādītāji					Pieaugošie rādītāji		
	koku skaits	G	M	virszemes biomasas	stumbra biomasas	D	H	vidējā koka tilpums
502-423-6	61%	43%	39%	38%	37%	22%	18%	58%
502-436-1	40%	18%	16%	14%	15%	17%	10%	42%
502-434-1	37%	24%	22%	24%	23%	9%	6%	24%

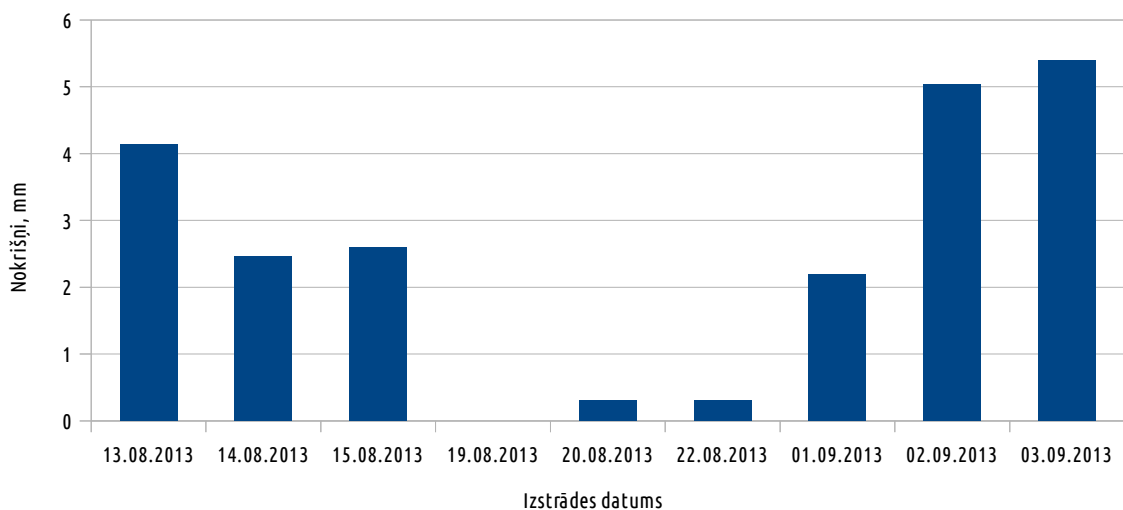
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

Ar Timbear harvesteru kopjot objektu 502-436-1 laikā no 13.08. līdz 06.09.2013, diennakts vidējā gaisa temperatūra bija 15,2 °C (Att. 4). Vidējais nokrišņu daudzums kopšanas laikā bija 2,5 mm (Att. 5). Audzes 502-423-6 kopšanu veica vienā dienā – 23.09.2013, šajā laikā diennakts vidējā gaisa temperatūra bija 8,7 °C. Kopšanas laikā novēroti stipri nokrišņi – 14,5 mm. Diennakts vidējā gaisa temperatūra kopšanas laikā, visticamāk, darba ražīgumu neietekmēja, bet stiprajiem nokrišņiem varēja būt negatīva ietekme uz ražīgumu kopšanas laikā.

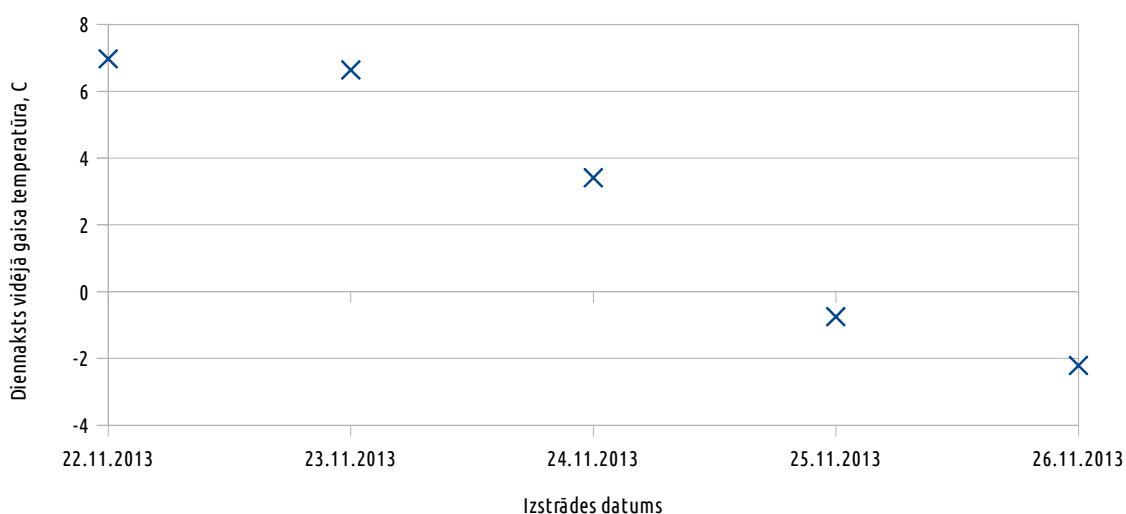
Objekts 502-434-1 ar John Deere 1070E kopts laikā no 21.11.2013 līdz 26.11.2013. Diennakts vidējā gaisa temperatūra kopšanas laikā bija 2,8 °C (Att. 6). Nelieli nokrišņi tika novēroti vien kopšanas pēdējā dienā – 0,5 mm. Laika apstākļi bija sezonai atbilstoši un, visticamāk, darba ražīgumu neietekmēja. Būtiski, ka visi izmēģinājumu objekti ir lapkoku audzes ar lapkoku un krūmu pamežu. Laikā, kad darbu veica Timbear, koki bija lapotā stāvoklī, bet tad, kad strādāja John Deere, lapas jau bija nokritušas, attiecīgi, pameža ietekmei uz John Deere ražīgumu teorētiski vajadzēja būt mazākai, nekā uz Timbear ražīgumu.



Att. 4: Diennakts vidējā gaisa temperatūra kopšanas darbu laikā ar Timbear harvesteru.



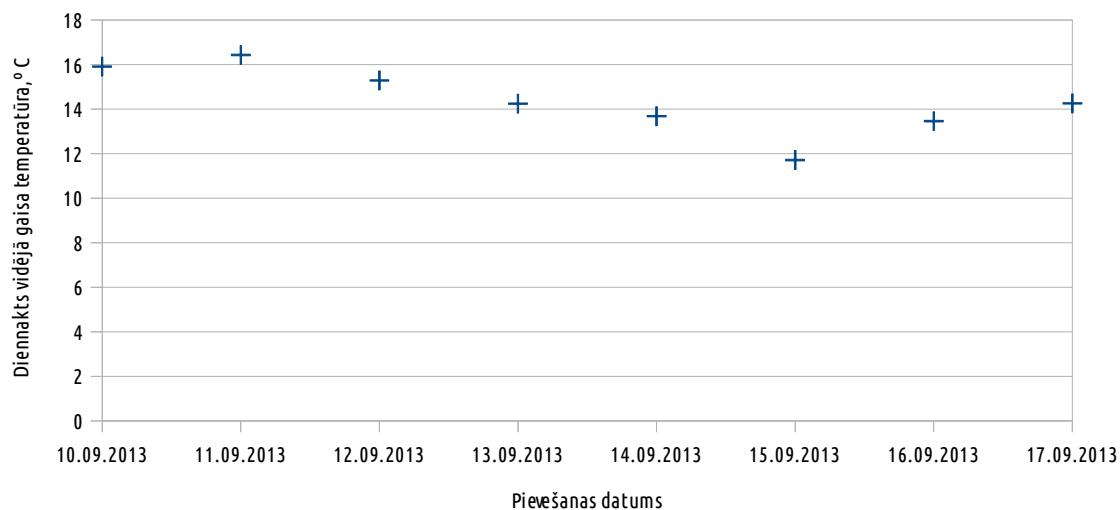
Att. 5: Nokrišņi kopšanas darbu laikā ar Timbear harvesteru.



Att. 6: Diennakts vidējā gaisa temperatūra kopšanas darbu laikā ar John Deere 1070E harvesteru.

Ar Timbear sagatavoto sortimentu pievešana no objekta 502-436-1 notika laikā no 10.09.2013 līdz 17.09.2013., kad diennakts vidējā gaisa temperatūra bija 14,4 °C (Att. 7). Vidējais nokrišņu daudzums pievešanas laikā bija 0,2 mm. Objektā 502-423-6 sagatavotos sortimentus pieveda divu dienu laikā no 24.09.2013 līdz 25.09.2013, kad diennakts vidējā gaisa temperatūra bija 7,1 °C. Diennakts vidējais nokrišņu daudzums pievešanas laikā bija 0,6 mm. Diennakts vidējās gaisa temperatūras kā arī nokrišņu daudzums pievešanas periodā uzskatāms par sezonai atbilstošu un būtisku ietekmi uz ražīgumu nerada.

Objekta 502-434-1 pievešana veikta ar John Deere 810E pievedējtraktoru. Pievešana ilga divas dienas – no 23.01.2014 līdz 24.01.2014. Diennakts vidējā gaisa temperatūra pievešanas laikā bija -15,3 °C. Nokrišņi pievešanas laikā novēroti netika. Zemās gaisa temperatūras un nokrišņu neesamību šajā gadījumā varētu tikt uzskatīti kā darba ražīgumu veicinoši faktori.



Att. 7: Diennakts vidējā gaisa temperatūra pievešanas darbu laikā ar Timbear pievedējtraktoru.

Kopšanas laikā un pievedot materiālu ar Timbear augsnes virskārta nebija sasalusi nevienā no audzēm. Veicot kokmateriālu pievešanu pēc John Deere harvestera, augsnes virskārta bija sasalusi.

Pētījumā izmantotā tehnika

Mežizstrādes tehnika

John Deere 1070 E harvesters ar paketējošo griezējgalvu H754 (Att. 8). Hidraulikas darba spiediens 24/28 MPa, strēles izlīce 10 m, dzinēja jauda 182 zirgspēki. Garums 6,82 m, platums 2,96 m, pašmasa 15,5 tonnas.



Att. 8: John Deere 1070 E ar paketējošo griezējgalvu H754.

Timbear harvarders ar paketējošo griezējgalvu Keto 51 Supreme Ecotilt

Timbear harvarders ar paketējošo griezējgalvu Keto 51 Supreme griezējgalvu (Att. 9) izmēģinājumos izmantots gan kā harvesters, gan kā pievedējtraktors. Harvestera garums ir 6 m, platums 2,2 m (2,5 m kā pievedējtraktors), pašmasa 9,5 tonnas, dzinēja jauda 130 zirgspēki, degvielas tvertne 160 L, krāna izlice 8,5 m.



Att. 9: Timber harvarders ar paketējošo griezējgalvu Keto 51 Supreme Ecotilt.

Pameža zāģēšanā izmantotie rokas motor-instrumenti

Pameža zāģēšanā, ko veica LVMI Silava darbinieki, izmantots krūmgriezis Husqvarna 343 FR (Att. 10). Darbus veica LVMI Silava darbinieki ar iepriekšēju pieredzi jaunaudžu kopšanā.

Operatori strādāja iepriekš sastigotā audzē, attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem 16-18 m, tehnoloģisko koridoru platums 3,5 m. Pameža zāģēšanu veica 2 operatori, kas izzāģēja pameža sīkkokus secīgi visos tehnoloģiskajos koridoros, kuros tas bija paredzēts.



Att. 10: Izmēģinājumos izmantots krūmgriezis.

Audzē, kur strādāja kopšanas pakalpojumu sniedzēja algoti operatori (502-423-6), izmantota dažāda tehnika; gan krūmgrieži, gan motorzāģi.

Pievešanas tehnika

Ar Timbear izstrādāto sortimentu pievešanu no audzēm 502-436-1 un 502-423-6 veica Timbear traktors pievedējtraktora versijā.

Ar John Deere 1070 E harvesteru izstrādāto sortimentu pievešanu no audzes 502-434-1 veica John Deere 810 E pievedējtraktors (Att. 11).



Att. 11: Pievedējtraktors John Deere 1070E.**Ceļu transports**

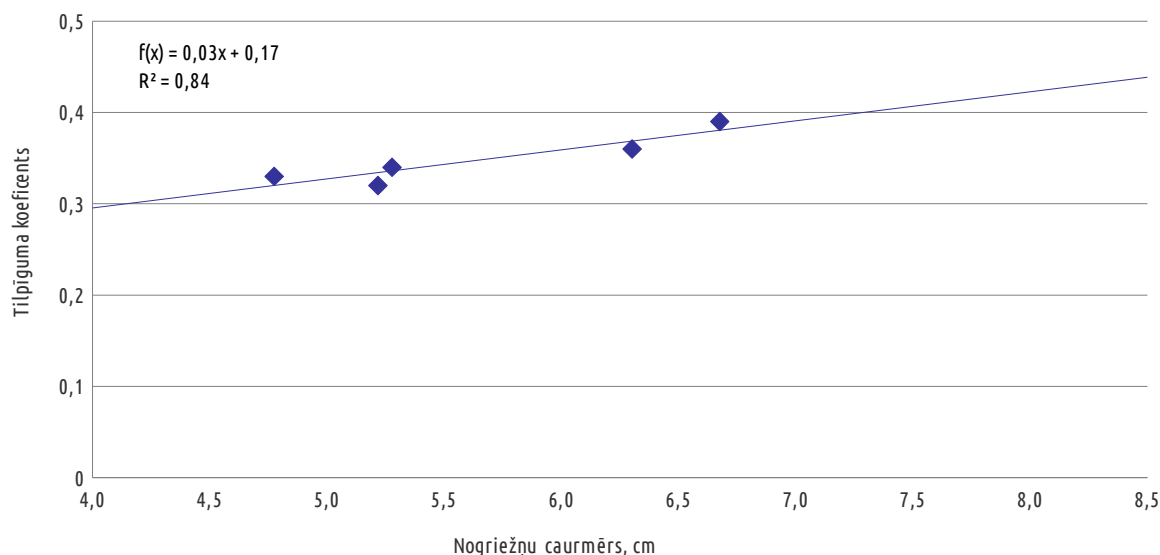
Pašizmaksas modelī izmantoti pieņēmumi no pārskata par apaļo kokmateriālu un šķeldu piegādes ražīgumu un izmaksām (Kalēja *et al.*, 2014). Aprēķins veikts 2 scenārijiem – patērētājam piegādā šķeldas, kas sagatavotas augšgala krautuvē ar mobilo šķeldotāju, un patērētājam piegādā daļēji atzarotus sīkkokus.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

Kokvedēji

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

Sīkkoku 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 skujkoku kokmateriāliem, pieaugot ražošanas apjomam kokskaidu granulu rūpnīcās (Kalēja *et al.*, 2014).

Salīdzinot pētījumu ietvaros piegādāto kontrolpaku datus, ir vērojama lineāra sakarība starp nogriežņa vidējo caurmēru un tilpīguma koeficientu arī lapkoku audzēs – palielinoties nogriežņa vidējam caurmēram palielinās tilpīguma koeficients (Att. 12). Šo sakarību raksturo lineārs vienādojums ar determinācijas koeficientu ($R^2 = 0,84$). Kokmateriālu piegādes pašizmaksas jutīguma analizē izmantots Att. 12 dotais vienādojums.



Att. 12: Vidējā caurmēra un lapkoku kravas tilpīguma koeficienta sakarība.

Kokvedēja produktīvā darba laika īpatsvars iekraušanā pieņemts 100 %, izkraušanā – 98 %, atbilstoši labākajiem rādītājiem skujkoku audzēs, jo lielais neefektīvā darba laika īpatsvars lapkoku audzēs var būt neobjektīvs rādītājs, kas saistīts ar šoferu neapmierinātību par

kokmateriālu kvalitāti un diskusijām par tā transportēšanu. Produktīvais darba laiks 1 kravas iekraušanai un izkraušanai arī pieņemts 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

Pētījumos konstatēts, ka sīkkoku šķeldu transportēšanai izdevīgāk izmantot šķeldu vedēju ar puspiekabi vai divus 55 m³ lieliem uz sāniem izgāžamiem konteineriem, jo iespējams vienā kravā aizvest lielāku šķeldu masu, nepārsniedzot maksimāli pieļaujamo kravas masu. Jārisina sīkkoksnes žāvēšanas jautājums, lai varētu pilnībā izmantot šķeldu vedēju kravas telpu, nepārsniedzot maksimāli pieļaujamās mašīnu masas ierobežojumus.

Pašizmaksas un jutīguma analīzes aprēķinos pieņemts, ka sīkkoksne ir nožāvēta augšgala krautuvē un auto masas ierobežojumi nekavē pārvadāt pilnas kravas (110 m³). Pārreķinu koeficienti, kas izmantoti šķeldu kravu raksturošanai, doti Tab. 7.

Tab. 7: Koeficienti šķeldošanas ražības pārrēķiniem, raksturojot vienu kravu

Variants	Kravas lielums				Pārreķinu koeficienti šķeldu apjoma noteikšanai, ber. m ³		
	tonnas sausas	dabiski mitras tonnas	m ³	ber. m ³	no tonnām sausas	no kravas tonnām	no m ³
Daļēji atzarotu sīkkoku šķeldošana	19	31	41	110	5,79	3,55	2,68

Šķeldotāji

Šķeldošanai izmantojot tehnoloģiskās malkas sortimentu, vidēji produktīvajā stundā iespējams sagatavot 0,9 kravas jeb 10 sausas tonnas, kas atbilst 93,8 ber. m³ dabiski mitra materiāla. Divu 55 m³ lielu konteineru piešķeldošanai patērē 70 min. darba laika, tajā skaitā mašīnu nomaiņa (Kalēja *et al.*, 2014).

Darba laika uzskaitē

Aprīkojums

Pētījuma ietvaros veikta kopšanas. Darba laika uzskaitē veikta ar specializētu triecienu un mitruma izturīgu laukdatoru Allegro CX (Att. 13), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI.



Att. 13: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.

Darba laika uzskaitē nav atsevišķi uzskaitīts degvielas patēriņš, pieņemot ražotāja vai pakalpojumu sniedzēja dotos vidējos rādītājus.

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

Kopšana

Kopjot audzes ar Timbear harvesteru, darba laika uzskaitē veikta 2-3 maiņās, tajā skaitā 1 maiņa diennakts tumšajā laikā un 1-2 maiņas dienā. Katras maiņas ilgums 6-8 stundas. kopšanas darbu darba laika uzskaitē veikta visā kopšanas laikā.

Kopšanā izmantojot John Deere 1070E harvesteru, darba laika uzskaitē 2 maiņās, katras maiņas ilgums 8 stundas, abas maiņas iekrita gan diennakts tumšajā gan gaišajā laikā.

Darba laika patēriņš noteikts katram krāna ciklam atsevišķi, fiksējot satverto koku vidējo caurmēru (zāģējuma augstumā atbilstoši harvestera datora rādījumam) un skaitu. Darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 8. Izmēģinājuma ietvaros sagatavotas 4 sortimentu grupas (Tab. 9). Visi biokurināmā sortimenti krauti vienā kaudzē gan kopšanas, gan pievešanas laikā. Zāģbaļķu sortimenti, papīrmalka un malka cīsmā un augšgala krautuvē nokrauta atsevišķi.

Sortimenti krauti tehnoloģiskā koridorā abās malās, mežizstrādes atliekas daļēji atstātas izklaidus, daļēji ieklātas ceļos.

Tab. 8: kopšanas darba laika uzskaites elementi

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	obs	darba laika uzskaites cikla numurs
	dd	satverto koku vidējais caurmērs d_0 , mm
	skaits	satverto koku skaits, gab.
	operators	harvestera operatora vārds
	apalkoki	standarta apaļkoksnes sortimentu nogriežņu skaits
	malka	sīkkoku un (ja vākts kopā) malkas sortimentu nogriežņu skaits
	piezīmes	dažādas piezīmes, tajā skaitā par pārtraukumiem, pārbraucieniem, koridora maiņu un taml.
Produktīvais darba laiks	sniedz	sniegšanās pēc koka
	satver	koka satveršanas laiks
	zage	koka nozāģēšana
	akumule	paketējošā mehānisma pielietošana
	pievelk	koku pievilksana/ pārcelšana līdz atzarošanas vietai
	atzaro	atzarošanai un sagarumošanai patērētais laiks
	zari	zaru novietošana zaru kaudzēs
	pārbraucieni	harvestera pozīciju maiņa
	iebrauc	patērētais laiks iebraucot
	izbrauc	patērētais laiks izbraucot
	citas	citas nestandarta operācijas, t.sk. pameža zāģēšana un mašīnas apkope
Neproduktīvais darba laiks	stop	ar darbu nesaistītas darbības
	remon	remonts (dzinējs iedarbināts)

Tab. 9: Izmēģinājumus sagatavotās sortimentu grupas

Nr.	Sortiments	Sortimenta raksturojums
1.	BAĻĶIS (10 X 14; 12x18 un 14 X 18)	Lapkoks, skujkoks, tievgalis sākot no 105 mm caurmērā; skujkoks, tievgalis sākot no 140 mm caurmērā, dažāda garuma
2.	TM	Pārējie sortimenti, tajā skaitā daļēji atzaroti sikkoki un koku galotnes, garums 2-4 m
3.	PM LK	Lapkoku papīrmalka, tievgaļa caurmērs > 60 mm, resgaļa caurmērs < 600 mm, garums 3 m
4.	Malka	Malka

Audžu kopšanā izmantotas 3 darba metodes:

1. darba metode – pamežs saglabāts;
2. darba metode – nozāgēti visi koki un krūmi, kuru caurmērs ($D_{1,3}$) nav lielāks par 3 cm;
3. darba metode – pamežā nozāgēti visi koki un krūmi, kuru $D_{1,3}$ nav lielāks par 5 cm.

Roku darbs

Roku darba laika uzskaitē veikta ar 2 metodēm; ja kopšanu veica LVMI Silava darbinieki, viņi paši fiksēja, cik daudz laika patērē dažādām operācijām, neizmantojot laukdatorus, bet rakstot papīra piezīmes vai atzīmējot operācijas beigas viedtālrunī. Tajos gadījumos, kad darbus veica ārēji pakalpojumu sniedzēji, darba laika uzskaiti veica atbilstoši Tab. 10 dotajam darba laika elementu sadalījumam. Roku darba uzskaitē neizmantoja SDI programmu, bet fiksēja laiku katram darbiniekam atsevišķi izklājlappā vai, veicot piezīmes uz papīra.

Tab. 10: Roku darba laika uzskaites elementi

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	piezīmes	Audze, piezīmes par būtiskām izmaiņām, piemēram koridora maiņu, uzpildītās degvielas daudzums
Produktīvais darba laiks	iesana	iešana pa objektu, uz darba vietu vai pēc materiāliem
	strada	darbs ar rokas motorinstrumentiem
	degv	degvielas uzpilde
	apkop	tehnikas apkope, piemēram, ķēdes asināšana
	citi	citas ar darbu saistītas operācijas
Neproduktīvais darba laiks	stop	ar darbu nesaistītas operācijas, tajā skaitā atpūta

Pievešana

Kokmateriālu pievešana darba laika uzskaitē Timber ar pievedējtraktoram veikta 2 maiņās, katra maiņa ilga 8 stundas. Pievešanas darba laika uzskaitē veikta 2 maiņās, tajā skaitā 1 maiņa diennakts tumšajā laikā un 1 maiņas dienā. Katras maiņas ilgums 8 stundas. kopšanas darbu darba laika uzskaitē veikta visā to norises laikā.

Pievešanas darba laika uzskaitē pievedējtraktoram John Deere 810E veikta 3 maiņās, vienas maiņas ilgums- 8 stundas. Pievešanas darbus veica 2 pieredzējuši operatori, pamīšus katrs strādājot 8 stundas jeb vienu maiņu.

Pievešanas procesā abiem pievedējtraktoriem uzskaitīts darba laika patēriņš un pievestās kravas. Darba laika patēriņa uzskaitē veikta katrai kravai atsevišķi, tajā skaitā noteikts krāna ciklu skaits kravas izveidošanai. Darba laika uzskaites elementi un cita informācija, kas fiksēta hronometrāžas laikā, parādīta Tab. 11.

Tab. 11: Pievešanas darba laika uzskaites elementi

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	skielade	iekraušanas ciklu skaits

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
	skizlade	izkraušanas ciklu skaits
	operators	pievedējtraktora operatora vārds
	sortiments	pievestais sortiments
	piezīmes	dažādas piezīmes, tajā skaitā par pārtraukumiem, pārbraucieniem, koridora maiņu un taml.
Produktīvais darba laiks	iebrauc	iebraukšanas cīsmā laiks
	iekrauj	iekraušanas cikla laiks
	parbr	pārvietošanas pa cīsmu uzkrauoties
	ara	izbraukšana uz augšgala krautuvi
	izlade	izkraušanās laiks
	brauc	pārbraucieni augšgala krautuvē starp sortimentu kaudzēm
	iekļaj	ceļa iekļāšana
	cits	citas operācijas, t.sk. mašīnas apkope
Neproduktīvais darba laiks	remonts	tehnikas remonts (dzinējs darbojas)
	sver	pievedējtraktora svēršana
	stop	ārpas darba laiks

Pievestā materiāla uzskaitē

Tā kā pievešanas darbus veica Timbear traktors pievedējtraktora versijā, pievesto kravu svēršana nebija iespējama, jo harvarders ir aprīkots ar kāpurķēdēm. Pievesto kravu apjoma noteikšanai tika izmantoti Timbear traktora operatoru pievestā kokmateriālu apjoma uzskaites dati. Kravas uzskaitīja m³, ko aprēķinās pēc vajadzības pārvērta tonnās, pieņemot, ka 1 m³ atbilst 0,7 tonnas dabiski mitra materiāla.

Pievedējtraktoram John Deere 810E pievestās kokmateriālu kravas tika svērtas ar platformas svariem (plašāk nodaļā [Pievedējtraktora kravu svēršana](#)) un svēršanai patērētais laiks fiksēts darba laika uzskaitē.

Pievedējtraktora kravu svēršana

Pievedējtraktora svēršanai izmantoja firmas CAS ražojuma svarus RW-15P (Att. 14). To svēršanas diapazons ir 15 000 kg, iedaļas vērtība 10 kg, platformas izmēri 900 x 500 x 39 mm. Svari sastāv no vadības bloka un 2 svaru platformām. Svaru platformas, savukārt, veicot pievedējtraktoru svēršanu, uzstāda uz zemē ierakstām koka platformām, kas izlīdzina slodzi un pasargā svaru mehānismu no netīrumiem. Svēršana iespējama tajos gadījumos, kad traktors nav aprīkots ar kāpurķēdēm.

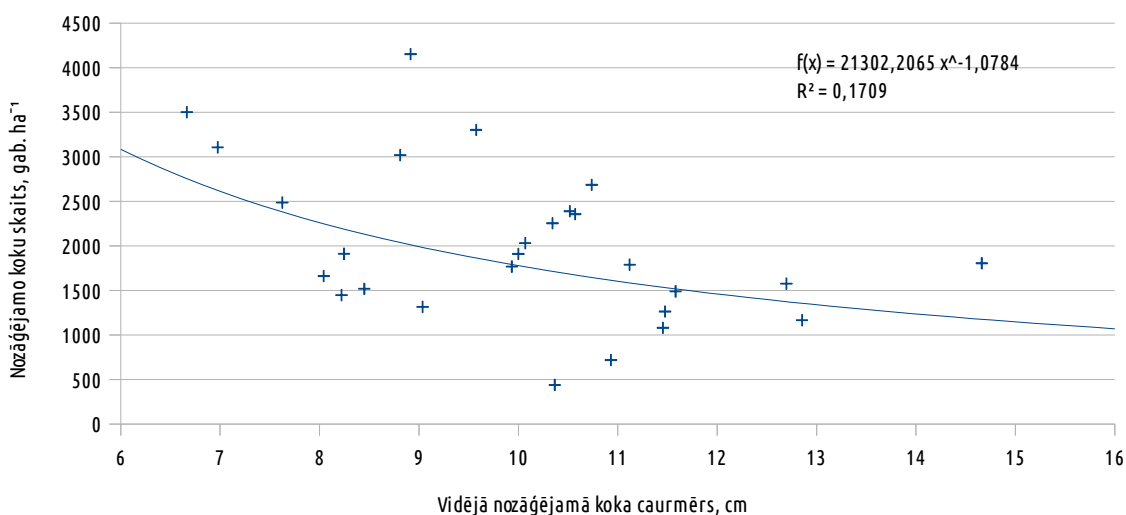


Att. 14: Pievedējtraktora svēršanai izmantotie svāri CAS RW-15P, kopskats un darbam sagatavotas platformas.

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 ir izslēgts no tehnikas ražīguma aprēķiniem.

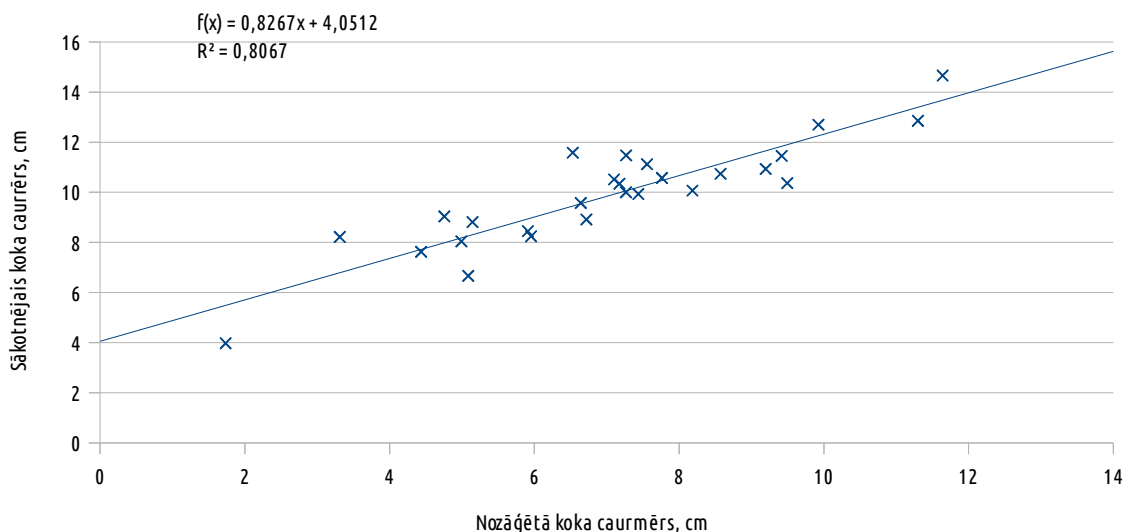
Aprēķini pēc biomasas vienādojumiem

Nozāgējamo koku skaitu, atkarībā no audzes vidējā koka caurmēra, raksturo pakāpes vienādojums, kas dots Att. 15. Vienādojums izmantots, lai modelētu biomasas iznākumu audzēs ar atšķirīgām koku dimensijām biokurināmā sagatavošanas sistēmas analīzē.



Att. 15: Nozāgējamo koku skaita sadalījums.

Nozāgējamo koku caurmēra aprēķināšanai no sākotnējā koka caurmēra izmanto Att. 16 doto lineārās regresijas vienādojumu.



Att. 16: 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 krūšaugstuma caurmēru ($D_{1.3}$). Aprēķinos izmantotā formula:

$$V = \Psi * L^a * D^{\beta * \lg(H) + \varphi}$$

Koku sugai atbilstoši pārrēķina koeficienti doti Tab. 12

Tab. 12: Pārrēķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai

Koku suga	Ψ	α	β	φ
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, bligzna	$0,5020 \cdot 10^{-4}$	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

Audzes koku virszemes biomasas aprēķināšanai izmantots biomasas aprēķina vienādojums:

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

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

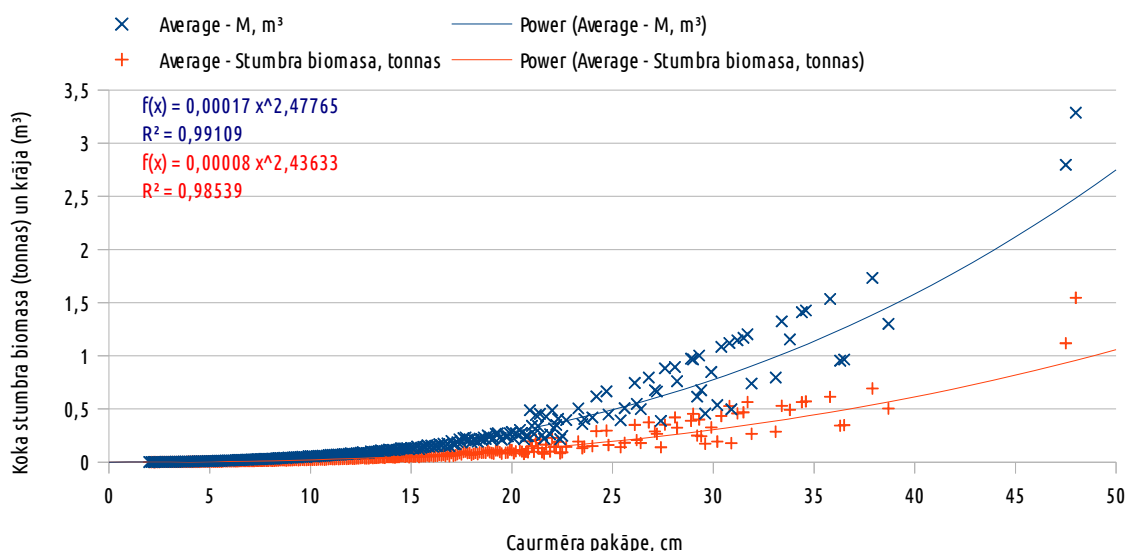
X un Y pārrēķina koeficienti doti Tab. 13.

Tab. 13: Pārrēķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai

Koku suga	x	y
Egle	0,0002	2,3519
Priede	0,00007	2,5639

Koku suga	x	y
Apse	0,00006	2,6631
Bērzs	0,00006	2,724

Nozāgētajiem kokiem nav noteikta suga, tāpēc izstrādātā krāja un biomasa aprēķināta, izmantojot regresijas vienādojumus, kas iegūti, salīdzinot visu pētāmās audzēs uzmērīto koku caurmēra, krājas un stumbra biomasas sakarības. Att. 17 parādīti pakāpes vienādojumi, kas izmantoti nozāgēto koku krājas un stumbra biomasas aprēķināšanai pēc darba laika uzskaites datiem.



Att. 17: Koku stumbra krājas un biomasas aprēķināšanas vienādojumi.

Bojājumu un atstāto sortimentu uzskaitē

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

Atstātie sortimenti tika uzskaitīti atsevišķi katrai slejai. Par atstātajiem sortimentiem tika uzskatīti stumbra nogriežņi, kuriem abi gali nozāgēti un to garumi vismaz 3 m, un kuri palikuši audzē pēc kokmateriālu pievešanas. Atstātajiem nogriežņiem tika noteikta suga, sortimenta veids un vidus caurmērs. Par atstātajiem sortimentiem netika uzskatīti nogriežņi, kas ieklāti pievešanas ceļos.

Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze

Pameža zāģēšanas izmaksu aprēķinā (Tab. 14) iekļauts atalgojums, investīcijas, uzturēšanas izmaksas, degvielas un transporta izmaksas. Attālums no mājām līdz pētījumu objektam pieņemts 25 km. Nav konstatēta būtiska atšķirība pameža zāģēšanas izmaksās, izzāģējot visus par 3 cm un par 5 cm tievākos kokus (vidējās izmaksas ir, attiecīgi 315 EUR ha⁻¹ un 343 EUR ha⁻¹ pie vidējās darba stundas izmaksas 10,70 EUR.

Novēlotajā jaunaudžu kopšanā pameža zāģēšanas izmaksas (nozāģējot visus sīkkokus, kas

tievāki par 3 cm), bija būtiski lielākas – 462 Ls ha⁻¹. Faktiskās pameža zāģēšanas izmaksas parasti ir līdz 3 reizes mazākas, jo darba apstākļu dažādība izlīdzina atšķirības starp sliktāko un labāko situāciju. Kopšanas cirtēs, visticamāk, pameža zāģēšana ir būtiska izmaksu daļa, tāpēc, jo vairāk pakalpojumu sniedzēji atteiksies no šī pakalpojuma, jo dārgāks tas kļūs.

Tab. 14: Pameža zāģēšanas izmaksas

Rādītājs	Mērvienība	Variants ²		
		502-423-6-1	502-436-1	502-436-1-2
Darba alga	EUR stundā	7	7	7
Soc. nodoklis	-	24,09%	24,09%	24,09%
Stundas maiņa	-	6	6	6
Cilvēki maiņā	-	2	2	2
Investīcijas	EUR	840	840	840
Uzturēšana	EUR	1680	1680	1680
Investīciju nolietojums	stundas	3000	3000	3000
Kopsavilkums:				
Investīcijas	EUR stundā	0,8	0,8	0,8
Degvielas patēriņš	L stundā	0,54	0,58	0,59
Transporta kompensācija	EUR km ⁻¹	0,3	0,3	0,3
Attālums līdz objektam	km	25	25	25
Darba ražīgums	stundas ha ⁻¹	43,16	29,46	32,11
	maiņas ha ⁻¹	3,6	2,46	2,68
Pārbraucieni	km ha ⁻¹	179,84	122,76	133,8
	EUR ha ⁻¹	50,36	34,37	37,46
	EUR stundā	1,16	1,16	1,16
Darba stundas izmaksas	EUR stundā	10,70	10,70	10,70
Pameža zāģēšanas izmaksas	EUR ha⁻¹	420	315	343

Pašizmaksas aprēķins veikts saskaņā ar Tab. 15 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. 15: 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		$Q = \frac{\frac{O}{100} * (1 + \frac{O}{100})^N}{(1 + \frac{O}{100})^N - 1}$		

² Skaitlis aiz objekta koda ("502-423-6") apzīmē pameža stāvokli pirms mežizstrādes ("0" nozīmē, ka pamežs nav aiztikts, "1" - nozāģēti visi līdz 3 cm resni koki un krūmi, "2" - nozāģēti visi līdz 5 cm resni koki un krūmi).

Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
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			
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			

Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
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	$AZ = \frac{AY}{AC + AD}$			
Izmaksas motorstundā, EUR	AO	$BA = \frac{AY}{AE}$			
EUR ber. m³ (tonna³)	AP	$BB = \frac{AY * 1000}{BM}$			
Darba ražīgums					
Iekraušana, min kravai	AQ				
Izkraušana, min kravai	AR				
Gaidīšanas laiks min kravai	AS				
Vidējais ātrums⁴, m min⁻¹; km h⁻¹	AT				
Attālums vienā virzienā⁵, 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 krava⁶, ber. m³ (sausnas tonnas)	AY				BK = H
Darba ražīgums, ber. m³ (tonnas⁷) motorstundā	AZ	-	$BL = \frac{BK}{BJ}$	96,51	$BL = \frac{BK}{BJ}$
Ražošana, ber. m³ gadā	BA	$BM = BL * AE * J$			
Krāja, ber. m³ ha⁻¹	BB				
Kopējais darba laiks, ha	BC	$BO = \frac{\frac{BN}{J}}{\frac{BL}{Z}}$			

³ Pievedējtraktoram izmaksas izteiktas EUR tonnā.⁴ Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km h⁻¹; pievedējtraktoram – m min⁻¹.⁵ Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km; pievedējtraktoram – m.⁶ Sausnas tonnās izsaka pievedējtraktora kravu.⁷ Sausnas tonnas pievedējtraktora darba ražīguma apzīmēšanai.

Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
Ražošana, ha gadā	BD	$BP = \frac{BM}{BN}$			
Ietekme uz vidi					
Degvielas patēriņš, L gadā	BE	$BQ = AM * AE$			
Degvielas patēriņš, L ber. m ³	BF	$BR = \frac{BQ}{BM}$			
Oglekļa emisijas, kg ber. m ³	BG	$BS = BR * K * L$			
Oglekļa saturs koksnē, kg ber. m ³	BH	$BT = \frac{I}{J}$			
Oglekļa bilance	BI	$BU = \frac{BT}{BS}$			

DARBA REZULTĀTI

Darba laika uzskaites kopsavilkums

Izmēģinājumos veikta Timbear un John Deere 1070E harvesteru darba laika uzskaitē, kā arī Timbear un John Deere 810E pievedējtraktoru darba laika uzskaitē. kopšanas darba laika uzskaitē veikta katram krāna ciklam atsevišķi. Pievešanas darba laika uzskaites veikta, summējot vienai kravai patērēto darba laiku sadalījumā pa darba laika elementiem. Ar Timbear pievedējtraktoru pievestās kravas nav svērtas, pievestais apjoms noteikts mērot krautuves un operatoru sniegtos datus par pievesto apjomu. Ar John Deere 810E pievedējtraktoru pievestās kravas ir svērtas. Pētījuma laikā salīdzināta darba metožu ietekme uz darba ražīgumu.

Kopšanas darba ražīgums

Dati ievākti 502. kvartāla apgabalā Skrīveru apkārtnē no divām lapkoku audzēm, kuras koptas izmantojot Timbear harvesteru ar paketējošo griezējgalvu (502-423-6, 502-436-1) un no vienas lapkoku audzes, kas kopta izmantojot John Deere 1070 E harvesteru ar paketējošo griezējgalvu (502-434-1).

kopšanas izmēģinājumi ar Timbear harvesteru audzē 502-436-1 veikti laikā no 13.08.2013 līdz 06.09.2013., bet audzes 502-423-6 izstrāde veikta 23.09.2013. kopšanas izmēģinājumi ar John Deere 1070 E audzē 502-434-1 veikti laikā no 22.11.2013. līdz 26.11.2013.

Izstrādē izmantotas trīs darba metodes. Pirmā darba metode paredz jaunaudžu kopšanu veikt, iepriekš neizzāgējot pamežu. Otrā darba metode paredz iepriekš izzāgēt visus pameža kokus un krūmus kuru caurmērs ($d_{1,3}$) ir līdz 3 cm. Trešā darba metode paredz iepriekš izzāgēt visus pameža kokus un krūmus kuru caurmērs ($d_{1,3}$) ir līdz 5 cm.

Kopējā izmēģinājuma platība Timbear harvesteram bija 4,1 ha, bet John Deere 1070 E harvesteram 3,0 ha. Ar Timbear harvesteru vidējā nozāgētā koka stumbra biomasa – 25 kg, stumbra krāja 0,04 m³, caurmērs – 75 mm. Ar John Deere 1070 E harvesteru vidējā nozāgētā koka stumbra biomasa – 8 kg, stumbra krāja 0,02 m³, caurmērs – 59 mm.

Ar Timbear harvesteru kopšanas darbi veikti 2 maiņās, pamīšus strādājot diviem operatoriem. Maiņas ilgums 6-8 stundas. Darba laika uzskaitē veikta visam jaunaudžu kopšanai patērētajam darba laikam, kad mašīnas dzinējs ir iedarbināts (motorstundām) un nelieliem remontiem. Darba laika uzskaitē nav iekļauti ilgstoši remontu un dīkstāves. Ar John Deere 1070 E harvesteru kopšanas darbi veikti 2 maiņās, katras maiņas ilgums 8 stundas. Kopšanas darbu veica divi pieredzējuši operatori.

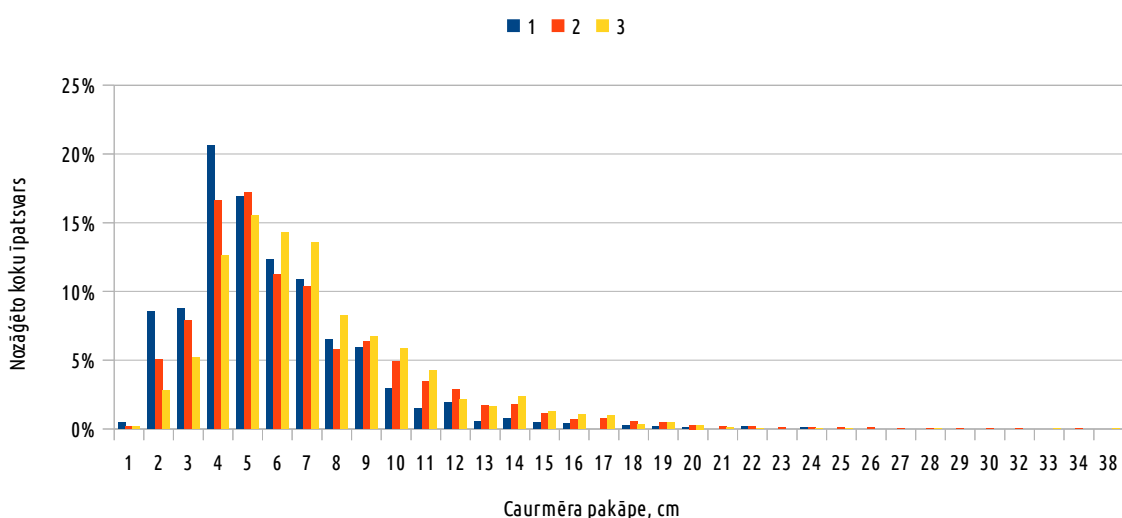
Kopumā iegūti dati par 130 darba stundām, audzes kopjot ar Timbear un dati par 41 darba stundu, audzi kopjot ar John Deere 1070 E. Ar Timbear izmēģinājuma ietvaros nozāgēti 9512 koki, bet ar John Deere 1070 E attiecīgi 5364 koki. Nozāgēto koku skaita sadalījums pa caurmēra pakāpēm dots Att. 18. un Att. 19.

Timbear harvesteram strādājot ar 1. darba metodi, kad pamežs pirms jaunaudžu kopšanas tiek saglabāts, 17 % nozāgēto koku $D_{1,3}$ bija nepārsniedza 3 cm, bet 55 % nozāgēto koku $D_{1,3}$ nepārsniedza 5 cm. Izmantojot 2. darba metodi jaunaudžu kopšanā, 13 % nozāgēto koku $D_{1,3}$ nepārsniedza 3 cm, bet 47 % nozāgēto koku $D_{1,3}$ nepārsniedza 5 cm. Pameža nozāgēšana, attiecīgi, būtiski palielinājusi vidējā nozāgējamā koka caurmēr, radot priekšnosacījumus harvestera ražības palielinājumam.

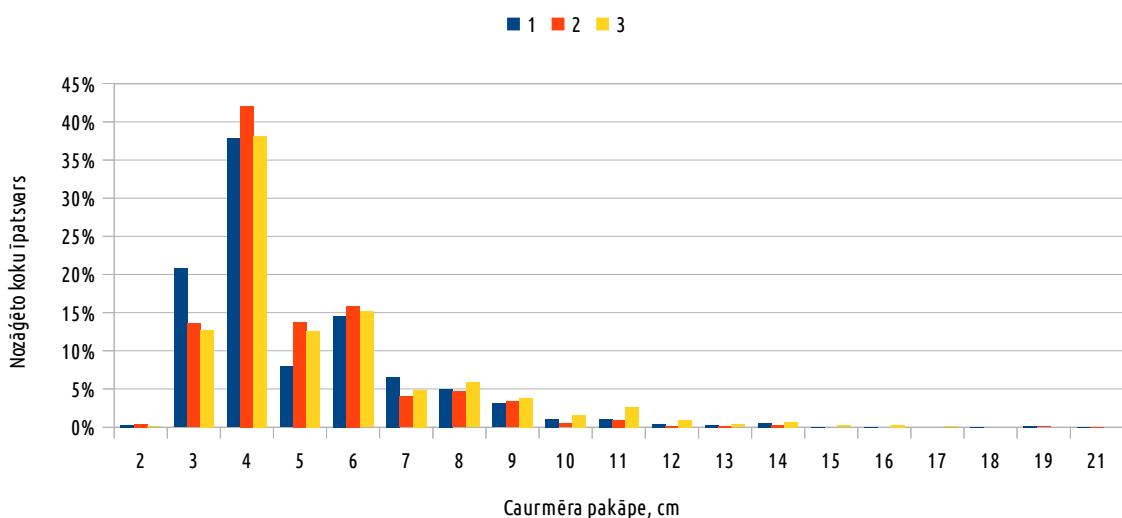
Strādājot ar John Deere 1070 E harvesteru, iegūtie rezultāti par 1. darba metodes izmantošanu jaunaudžu kopšanā parāda, ka 21 % nozāgēto koku $D_{1,3}$ nepārsniedz 3 cm, bet 67 % nozāgēto koku $D_{1,3}$ nepārsniedz 5 cm. Kopšanā izmantojot 2. darba metodi, 14 % nozāgēto koku $D_{1,3}$ nepārsniedz 3 cm, bet 70 % nozāgēto koku $D_{1,3}$ nepārsniedz 5 cm. Ar

3. darba metodi koptajā platībā 13 % nozāgēto koku $D_{1,3}$ nepārsniedz 3 cm, bet 63 % koku $D_{1,3}$ nepārsniedz 5 cm. Šajā gadījumā pameža nozāgēšanai nav bijusi tik būtiska ietekme uz vidējā nozāgējamā koka $D_{1,3}$. Tas norāda uz iespējamu likumsakarību – jo mazākas koku dimensijas pirms kopšanas, jo mazāka ir sagaidāmā pameža zāgēšanas pozitīvā ietekme uz harvestera ražīgumu, palielinot vidējā nozāgējamā koka $D_{1,3}$.

Iegūtie rezultāti par nozāgēto koku skaita sadalījumu pa caurmēra pakāpēm parāda, ka operatori ne vienmēr ņēmuši vērā ieteikumu nezāgēt par 4 cm tievākus kokus. Salīdzinoši lielo nozāgēto koku īpatsvaru visās darba metodēs varētu skaidrot ar mazu vidējā koka caurmēru audzēs pirms kopšanas uzsākšanas. Tievo kociņu skaitu palielināja arī tas, ka harvestera operatori centās izzāgēt visus sīkkokus un krūmus vietās, kur tie novietoja kokmateriālus, lai atvieglotu daru pievedējtraktora operatoram. Šādas darbības lietderīgums, gatavojot biokurināmo, ko smalcina augšgala krautuvē, jāizvērtē turpmākajos pētījumos.



Att. 18: Ar Timbear nozāgēto koku īpatsvars sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.



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

Kopējā darba laika uzskaites kopsavilkums cirsmu griezumā dots Tab. 16 un Tab. 17.

Tab. 16: Darba laika uzskaites kopsavilkums Timbear harvesteram pa koptjām platībām (cmin.)

Koridora kods	Darba metode	Pameža stāvoklis	Koku D _{1,3} , cm	Koku skaits, gab.	Sniegšanās	Satveršana	Nozāģēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Remonts	Pameža zāģēšana	Degvielas uzpilde	Nedarbi	Kopējais darba laiks	Produktīvais laiks	Tiešais darba laiks
502-423-6-10	3	1	7,9	1126	10317	2427	4145	5818	22994	129	2370	4919	1238	2171	22759	1563	0	50386	58091	131236	54682
502-423-6-11	2	1	7,3	1254	10283	2951	3696	6960	24561	242	2561	4273	59	2137	7084	1456	0	21546	59179	87809	56983
502-423-6-12	1	1	8,3	823	8007	1791	2004	6656	18107	269	4431	3827	1883	2558	1466	2307	0	12039	51840	65345	47399
502-423-6-7	2	0	6,6	1044	9897	1873	1717	7182	16153	53	1223	3471	123	3035	10649	8263	0	22142	52990	85781	49832
502-423-6-8	1	2	8,0	1522	11086	2745	4291	7995	31963	272	3020	6247	624	2634	12215	4597	0	21211	75474	108900	72216
502-423-6-9	4	1	8,2	2580	25633	5501	4242	15299	38852	60	5687	6199	1951	54628	10558	3748	38984	51162	161800	223520	105221
502-436-1-1	2	2	5,3	281	3084	598	436	1504	3128	8	657	1316	119	0	0	265	0	5859	11115	16974	10996
502-436-1-2	2	2	5,2	302	3007	420	436	1532	2810	0	507	1459	0	0	0	264	0	15594	10435	26029	10435
502-436-1-3	2	1	4,5	271	3078	386	367	1480	2862	15	875	916	125	0	3441	1005	0	4422	11109	18972	10984
502-436-1-4	2	1	5,0	262	3232	446	360	1514	3389	0	814	1203	0	0	1364	1450	0	4579	12408	18351	12408
502-436-1-5	2	0	5,1	28	333	34	27	200	262	0	31	89	0	0	0	297	0	85	1273	1358	1273
502-436-1-6	2	0	5,6	19	199	27	34	132	139	0	15	28		322	0	173	889	47	1069	1116	747

Tab. 17: Darba laika uzskaites kopsavilkums John Deere 1070 E harvesteram pa koptjām platībām (cmin.)

Koridora kods	Darba metode	Pameža stāvoklis	Koku D _{1,3} , cm	Koku skaits, gab.	Sniegšanās	Satveršana	Nozāģēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Remonts	Pameža zāģēšana	Degvielas uzpilde	Nedarbi	Kopējais darba laiks	Produktīvais laiks	Tiešais darba laiks
502-434-1-4	2	0	5,9	175	2206	161	200	835	2660	6	1581	591	169	0	0	288	0	145	8842	8697	8528
502-434-1-2	2	2	5,9	249	2595	206	321	885	2639	0	809	484	0	0	137	71	0	1198	9345	8010	8010
502-434-1-6	2	1	5,9	1028	9276	1274	1242	6156	11364	152	4472	1960	1013	876	258	1885	0	5786	45714	39670	37781
502-434-1-7	2	0	6,1	837	6716	914	1013	4613	8657	114	593	1744	43	1422	2366	1763	0	3360	33318	27592	26127
502-434-1-8	2	0	5,5	438	3737	326	421	2260	4312	0	228	889	459	613	1215	478	0	408	15346	13723	12651
502-434-1-9	2	2	6,7	331	3761	258	388	2150	4497	0	118	938	0	0	1181	301	0	168	13760	12411	12411
502-434-1-10	2	2	6,7	336	3296	244	362	2126	3961	0	361	1259	0	156	7856	501	0	441	20563	12266	12110
502-434-1-11	2	2	5,4	625	3584	747	588	1755	3768	22	218	1413	97	0	779	2674	0	3871	19516	14866	14769
502-434-1-12	2	0	5,5	536	3335	620	553	1741	3876	6	216	1568	72	175	1513	3884	0	3459	21018	16046	15799
502-434-1-10	5	0	6,1	250	4085	217	383	1306	2801	0	11199	631	645	339	988	418	0	1214	24226	22024	21040
502-434-1-3	5	2	5,5	275	2317	186	292	790	1784	0	5674	541	242	303	0	46	0	651	12826	12175	11630
502-434-1-5	5	1	5,8	284	3293	238	365	1019	2359	0	476	452	39	541	14736	591	0	2300	26409	9373	8793

Analizējot Timbear harvestera produktīvā laika īpatsvaru kopējā darba laikā sadalījumā pa darba metodēm, jāsecina, ka produktīvā laika īpatsvars ir vien 64 % jeb nedaudz vairāk kā pusi no kopējā jaunaudžu kopšanai patērētā darba laika, un šāds rādītājs uzskatāms par neapmierinošu ražošanas apstākļos, jo rada būtisku fiksēto izmaksu palielinājumu uz saražotās produkcijas vienību. Tiešais darba laiks, kas saistīts ar darba cikliem, kuri noslēdzas ar kokmateriālu sagatavošanu, ir vidēji 91 % no produktīvā laika (88 % visā Timbear izmēģinājumu laikā). Šāds rādītājs, salīdzinot ar citām mašīnām, kas piedalījās izmēģinājumos ir apmierinošs (Tab. 18). Savukārt, John Deere 1070 E harvestera produktīvā laika īpatsvaru kopējā darba laikā ir 77 % no kopējā jaunaudžu kopšanai patērētā darba laika un atbilst vidējiem rādītājiem izmēģinājumos. Attiecīgi, tiešais darba laiks, kas saistīts ar tiešo darbu sortimentu sagatavošanā, ir vidēji 96 % no produktīvā darba laika, kas izmēģinājumos bija viens no labākajiem rādītājiem (Tab. 19).

Pētījumā nav konstatētas izteiktas likumsakarības, kas liecinātu par pameža saglabāšanas negatīvu ietekmi uz produktīvā darba laika īpatsvaru, taču tiešā darba laika īpatsvars vislielākais abām mašīnām ir 3. darba metodē, kad pirms kopšanas nozāģēti visi par 5 cm resnāki koki. Tas atbilst izmēģinājumos veiktiem novērojumiem, ka lielākās grūtības abu harvesteru operatoriem radīja tieši mazākie kociņi; attiecīgi, ražības palielināšanai jāpievērš pastiprināta uzmanība zāģējamo koku izvēlei, lai speciāli netiktu zāģēti 3-5 cm resno koki. Iespējams, ka citas griezējgalvas izvēle šo ietekmi mazinātu.

Tab. 18: Timbear darba laiks īpatsvars sadalījumā pa darba metodēm

Darba metode	Tiešais darba laiks no produktīvā	Produktīvais darba laiks no kopējā
1	94%	62%
2	81%	65%
3	96%	64%

Tab. 19: John Deere 1070 E darba laiks īpatsvars sadalījumā pa darba metodēm

Darba metode	Tiešais darba laiks no produktīvā	Produktīvais darba laiks no kopējā
1	96%	86%
2	95%	68%
3	99%	79%

Vidējie rādītāji par produktīvā darba laika patēriņu 1 koka apstrādei, 1 m³ koksnes sagatavošanai, 1 tonnas biomasas sagatavošanai un 1 ha izstrādei Timbear un John Deere 1070 E doti Tab. 20, Tab. 21, Tab. 22, Tab. 23, Tab. 24, Tab. 25, Tab. 26 un Tab. 27.

Tab. 20: Timbear harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 koku (cmin.)

Darba metode	Koku D ₀ , cm	Koku skaits, gab.	Sniegšanās	Satveršana	Nozāgēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Pameža zāgēšana	Degvielas uzpilde	Produktīvais laiks
1	5,9	1091	9,6	1,8	1,6	6,9	15,2	0,1	1,2	3,3	0,1	3,1	8,0	0,8	50,7
2	6,3	6316	9,6	2,1	2,4	6,0	17,5	0,1	2,7	3,4	0,8	9,7	1,8	6,2	56,1
3	6,6	2105	8,2	1,8	2,5	5,2	18,0	0,1	2,0	4,3	0,4	1,3	2,4	0,0	46,1

Tab. 21: Timbear harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1m³ koksnes (cmin.)

Darba metode	Koku D ₀ , cm	Izzāgētais apjoms, m ³	Sniegšanās	Satveršana	Nozāgēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Pameža zāgēšana	Degvielas uzpilde	Produktīvais laiks
1	5,6	25,9	402	75	69	290	638	2	49	138	5	129	337	34	2133
2	6,5	238,7	26	0	254	57	62	158	464	3	70	89	258	196	604
3	6,6	74,8	28	0	230	50	69	147	506	4	56	121	35	163	570

Tab. 22: Timbear harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 tonnu biomasas (cmin.)

Darba metode	Koku D ₀ , cm	Biomasa, tonnas	Sniegšanās	Satveršana	Nozāgēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Pameža zāgēšana	Degvielas uzpilde	Produktīvais laiks
1	5,6	12,5	838	155	143	604	1330	4	102	288	10	270	701	71	4444
2	6,5	114,6	529	118	129	329	967	6	146	186	46	537	101	340	3094
3	6,6	35,9	478	105	144	307	1055	8	116	251	21	73	143	0	2701

Tab. 23: Timbear harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 ha(cmin.)

Darba metode	Koku D ₀ , cm	Platība, ha	Sniegšanās	Satveršana	Nozāgēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Remonts	Pameža zāgēšana	Degvielas uzpilde	Nedarbi	Produktīvais darba laiks
1	5,9	0,8	16468	2858	2648	10993	23943	85	2641	310	310	4196	17613	11801	1111	33264	77363
2	5,7	2,5	24222	5486	5953	15100	44412	283	6608	8695	5250	24598	17292	4316	15594	58228	160517
3	6,2	0,8	18033	3999	5943	12159	43794	340	4448	9744	780	3293	15269	6448	46113	46113	155090

Tab. 24: John Deere 1070 E harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 koku(cmin.)

Darba metode	Koku D ₀ , cm	Koku skaits, gab.	Sniegšanās	Satveršana	Nozāgēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Pameža zāgēšana	Degvielas uzpilde	Produktīvais laiks
1	5,9	2236	6,5	0,7	0,8	3,7	7,1	0,1	5,4	1,5	0,5	1,1	1,2	0,0	28,3
2	5,7	1312	14,9	2,2	2,1	8,1	16,3	0,1	4,1	4,1	0,9	1,2	6,9	0,0	60,9
3	6,2	1816	7,8	0,6	0,9	3,7	8,6	0,0	4,7	2,1	0,2	0,3	0,7	0,0	29,5

Tab. 25: John Deere 1070 E harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1m³ koksnes (cmin.)

Darba metode	Koku D ₀ , cm	Izzāģētais apjoms, m³	Sniegšanās	Satveršana	Nozāģēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Pameža zāģēšana	Degvielas uzpilde	Produktīvais laiks
1	5,9	19,9	731	73	91	411	793	6	604	164	58	119	134	0	3183
2	5,7	28,6	681	101	96	373	747	6	188	189	43	56	316	0	2796
3	6,2	21,0	675	50	74	323	740	0	407	182	20	22	58	0	2550

Tab. 26: John Deere 1070 E harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 tonnu biomasas(cmin.)

Darba metode	Koku D ₀ , cm	Biomasas, tonnas	Sniegšanās	Satveršana	Nozāģēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Pameža zāģēšana	Degvielas uzpilde	Produktīvais laiks
1	5,9	9,0	1615	162	202	909	1752	13	1336	363	127	264	295	0	7038
2	5,7	13,0	1499	222	211	821	1644	14	414	415	94	123	695	0	6150
3	6,2	9,5	1492	111	165	714	1636	1	899	401	43	48	127	0	5638

Tab. 27: John Deere 1070 E harvestera vidējais produktīvā darba laika patēriņš uz 1 ha (cmin.)

Darba metode	Koku D ₀ , cm	Platība, ha	Sniegšanās	Satveršana	Nozāģēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Pameža zāģēšana	Degvielas uzpilde	Produktīvais laiks
1	5,9	1,1	13216	1325	1652	7436	14336	104	10927	2967	1043	2158	2417	0	57581
2	5,7	0,5	38976	5758	5496	21342	42734	360	10764	10786	2442	3184	18068	0	159910
3	6,2	1,4	10125	754	1116	4847	11101	4	6102	2724	294	328	862	0	38256

Atbilstoši pētījuma rezultātiem Timbear harvestera vidējais tiešais produktīvais darba laiks⁸ 1 koka apstrādei ir 30 sekundes, 1 ha izstrādei – 709 minūtes (12 stundas), 1 m³ sagatavošanai – 58 min. John Deere 1070 E vidējais tiešais produktīvais darba laiks 1 koka apstrādei ir 31 sekundes, 1 ha izstrādei – 625 minūtes (10 stundas), 1 m³ sagatavošanai – 49 min. Atšķirību starp abām mašīnām veido tiešā darba laika īpatsvars, kas Timbear harvesteram ir būtiski mazāks.

Izmēģinājumā iesaistīto operatoru darba ražīguma rādītāju salīdzinājums sadalījumā pa harvesteriem dots Tab. 28 un Tab. 29. Statistiski būtiskas atšķirības operatoru, kas strādā ar 1 mašīnu, darbā nav konstatētas. Atšķirības vidējos rādītājos skaidrojamas ar to, ka viens vai otrs operators nozāgēja vairāk kokus ar salīdzinoši mazu vidējo caurmēru, kas samazināja vidējos ražības rādītājus.

Tab. 28: Darba ražīguma rādītāju salīdzinājums starp Timbear operatoriem (cmin.)

Operators	Produktīvais darba laiks, cmin.	Biomasa kopā, kg	Apjoms, m ³	Tiešais darba laiks, cmin.	Tiešais darba laiks 1 kokam, cmin.	Tiešais darba laiks darba ciklam	Tiešais darba laiks uz 1 m ³ , cmin.	Koka stumbra krāja, m ³	Vidējā stumbra biomasa, kg	Koku skaits, gab.
1	257 758	82 040	171	245 392	53	64	6 852	0,04	24	5 157
2	249 025	80 887	169	187 784	47	54	4 743	0,05	26	4 355

Tab. 29: Darba ražīguma rādītāju salīdzinājums starp John Deere 1070 E operatoriem (cmin.)

Operators	Produktīvais darba laiks, cmin.	Biomasa kopā, kg	Apjoms, m ³	Tiešais darba laiks, cmin.	Tiešais darba laiks 1 kokam	Tiešais darba laiks darba ciklam	Tiešais darba laiks uz 1 m ³	Koka stumbra krāja, m ³	Vidējā stumbra biomasa, kg	Koku skaits, gab.
1	71 946	11 601	26	69 404	50	73	4 976	0,02	9	1 996
2	132 952	19 953	44	128 290	54	71	4 898	0,02	8	3 368

Tā kā gan Timbear, gan John Deere 1070 E operatoru ražīguma rādītāji ir līdzīgi un statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas, turpmākos aprēķinos izmantoti vidējie rādītāji par operatoru darba ražīgumu.

Pievešanas ražīgums

Pievestais materiāls

Kopā no ar audzēm 502-436-1 un 502-423-6, kas izkoptas ar Timbear harvesteru, izmantojot Timbear pievedējtraktoru, pievesti 263 m³ kokmateriālu. Kopā 45 kravas, ar vidējās kravas masu 5,7 tonnas.

No audzes 502-434-1, kas kopts ar John Deere 1070 E harvesteru, izmantojot John Deere 810 E pievedējtraktoru, pievests 101 m³ kokmateriālu. Kopumā no audzes pievestas 15 kravas, ar vidējās kravas masu 6,0 tonnas.

Pievešanas ražīguma rādītāji

Dažādos darba metožu variantos pievesto kravu apjoms katram no pievedējtraktoriem parādīts Tab. 30 un Tab. 31.

⁸ Vidējais tiešais laiks ir produktīvais darba laiks, izņemot iebraukšanu cīsmā un izbraukšanu no cīsmas.

Tab. 30: Timbear pievedējtraktora darba laika kopsavilkums sadalījumā pa audzēm (cmin.)

Cirsmas kods	Iebrauc	Iekrauj	Pābrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Ieklāj ceļu	Citi darbi	Nedarbi	Remontē	Kopējais darba laiks	Produktīvais darba laiks
502-423-6	23944	122397	31728	15861	37872	4295	0	31227	53626	5970	326920	273294
502-436-1	6173	23156	9455	3219	7520	174	0	5026	11441	10257	76421	64980

Tab. 31: John Deere 810 E pievedējtraktora darba laika kopsavilkums (cmin.)

Cirsmas kods	Iebrauc	Iekrauj	Pābrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Nedarbi	Remontē	Kopējais darba laiks	Produktīvais darba laiks
502-434-1	3711	24896	13553	5155	6505	1714	7642	14706	15640	97161	63176

Tab. 32: Timbear pievedējtraktora darba laika kopsavilkums sadalījumā pa darba metodēm (cmin.)

Darba metode	Iebrauc	Iekrauj	Pābrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Nedarbi	Remontē	Kopējais darba laiks	Produktīvais darba laiks
1	4498	34507	9607	4230	9338	1073	7201	20866	0	91320	70454
2	18908	90384	22724	12367	29191	2870	20699	32523	16227	245893	197143
3	6711	20662	8852	2483	6863	526	8353	11678	0	66128	54450

Tab. 33: John Deere 810 E forvardera darba laika kopsavilkums sadalījumā pa darba metodēm (cmin.)

Darba metode	Iebrauc	Iekrauj	Pābrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Nedarbi	Remontē	Kopējais darba laiks	Produktīvais darba laiks
1	1528	7005	3756	920	1341	927	1406	10089	309	28083	16883
2	1288	7551	5207	1437	1772	158	3014	1965	398	23971	20427
3	895	7605	2888	2151	2197	335	2577	2093	14933	36793	18648

Vidējais produktīvā darba laika patēriņš 1 kravas pievešanai Timbear un John Deere 810 E pievedējtraktoram dots Tab. 34 un Tab. 35. Vienas tonnas dabiski mitra materiāla pievešanai abiem pievedējtraktoriem, attiecīgi - Tab. 36 un Tab. 37.

Vidēji 1 kravas pievešanai ar Timbear pievedējtraktoru patērē 71 minūti produktīvā laika, bet, izmantojot John Deere 810 E pievedējtraktoru - 48 minūtes, 1 tonnas pievešanai ar Timbear pievedējtraktoru nepieciešamas 14 minūtes produktīvā laika, bet ar John Deere 810 E pievedējtraktoru – 8 minūtes.

Tab. 34: Timbear pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš uz 1 kravas pievešanai (cmin.)

Darba metode	Iebrauc	Iekrauj	Pārbrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Produktīvais darba laiks 1 kravai
1	500	3834	1067	470	1038	119	800	7828
2	680	3251	817	445	1050	103	745	7091
3	790	2431	1041	292	807	62	983	6406

Tab. 35: John Deere 810 E pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš uz 1 kravas pievešanai (cmin.)

Darba metode	Iebrauc	Iekrauj	Pārbrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Produktīvais darba laiks 1 kravai
1	382	1751	939	230	335	232	352	4221
2	258	1510	1041	287	354	32	603	4085
3	298	2535	963	717	732	112	859	6216

Tab. 36: Timbear pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš uz 1 tonnas dabiski materiāla pievešanai (cmin.)

Darba metode	Iebrauc	Iekrauj	Pārbrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Produktīvais darba laiks 1 tonnai
1	98	752	209	92	203	23	157	1535
2	133	637	160	87	206	20	146	1390
3	155	477	204	57	158	12	193	1256

Tab. 37: John Deere 810 E pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš uz 1 tonnas dabiski materiāla pievešanai (cmin.)

Darba metode	Iebrauc	Iekrauj	Pārbrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Produktīvais darba laiks 1 tonnai
1	64	292	157	38	56	39	59	703
2	43	252	174	48	59	5	100	681
3	50	423	160	120	122	19	143	1036

Vidējais darba laika patēriņš 1 m³ pievešanai sadalījumā pa darba metodēm dots Tab. 38 un Tab. 39. Ar Timbear pievedējtraktoru 1 m³ pievešanai patērē 12 minūtes, bet ar John Deere 810 E pievedējtraktoru attiecīgi 7 minūtes produktīvā darba laiks.

Tab. 38: Timbear pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš 1 m³ pievešanai (cmin.)

Darba metode	Iebrauc	Iekrauj	Pārbrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Pievestais apjoms, m ³	Produktīvais darba laiks 1 m ³ pievešanai
1	86	661	184	81	179	21	138	52	1350
2	117	561	141	77	181	18	128	161	1223

Darba metode	Iebrauc	Iekrauj	Pārbrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Pievestais apjoms, m³	Produktīvais darba laiks 1 m³ pievešanai
3	136	419	180	50	139	11	169	49	1104

Tab. 39: John Deere 810 E pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš 1 m³ pievešanai (cmin.)

Darba metode	Iebrauc	Iekrauj	Pārbrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Pievestais apjoms, m³	Produktīvais darba laiks 1 m³ pievešanai
1	57	260	139	34	50	34	52	27	626
2	38	224	155	43	53	5	89	34	606
3	44	376	143	106	109	17	127	20	922

Timbear pievedējtraktoram konstatēta izteikta darba metodes un pievešanas ražīguma sakarība; ja ir nozāgēts pamežs, pievešana notiek ātrāk (2. metodē, rēķinot uz 1 kravu, par 10 % ātrāk, nekā 1. metodē, un 3. metodē – par 20 % ātrāk, nekā 1. metodē). Pārreķinot uz 1 m³, atšķirība starp 1. un 3. darba metodi atbilst aptuveni 2 EUR vai 52 EUR ha⁻¹. Būtisku ietekmi uz pievešanas ražīgumu rada izmaiņas sortimentu struktūrā; Timbear strādāja audzēs ar lielākiem kokiem, kur pēc pameža nozāgēšanas būtiski palielinājās vērtīgo resnāko sortimentu īpatsvars, kuru iekraušanas un pārvadāšana aizņem mazāk laika.

Strādājot ar John Deere pievedējtraktoru, darba metodes izvēles ietekme nav konstatēta. Vislielākais darba laika patēriņš konstatēts ceļos, kuros strādāts ar 3. darba metodi, lai gan tas saistīts ar būtiski ilgākiem pārbraucieniem ārpus cirsma un izkraujoties.

Pētījums nesniedz viennozīmīgu atbildi par to, vai pameža izzāgēšana ietekmē pievešanas ražīgumu, izņemot sortimentu struktūras izmaiņas, tomēr Timbear un John Deere salīdzinājums ļauj secināt, ka šī ietekme ir izteiktāka lielāku koku audzēs, kur pameža izzāgēšana būtiski palielina vērtīgāko sortimentu īpatsvaru. Pašizmaksas aprēķinos var pieņemt vidējos rādītājus vai izmantot faktiskos pašizmaksas rezultātus.

Ražīguma aprēķini

Kopšanas un pievešanas ražīguma aprēķinu kopsavilkums sagatavots sistēmas analīzei un darba metožu pašizmaksas salīdzināšanai līdzīgos darba apstākļos.

Kopšana

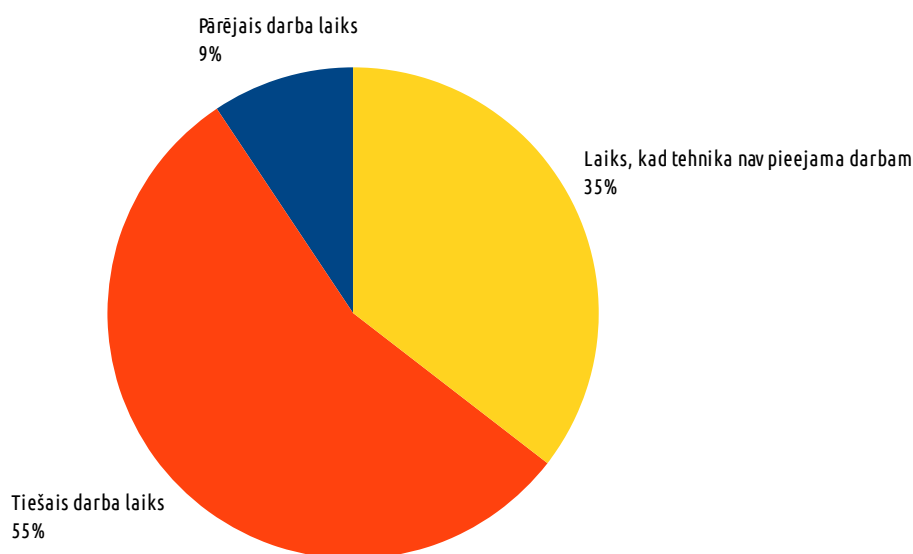
Vēlamais harvesteru ražīgums, lai nodrošinātu pozitīvu ieņēmumu un izdevumu bilanci jaunaudžu kopšanā, ir vismaz 150 koki produktīvajā darba stundā (Skogforsk, 2011). Līdzīgu pētījumu rezultāti Zviedrijā parāda, ka šādi rādītāji ir sasniedzami. Strādājot ar Timbear harvesteru, produktīvajā darba stundā sagatavots vidēji 71 koks. John Deere 1070 E harvesteru produktīvajā stundā sagatavoja 96 kokus. Abu harvesteru ražīguma rādītāji ir salīdzinoši mazi un ievērojami atpaliek no vēlamajiem ražīguma rādītājiem. Lai gan ražīguma zudumu daļēji atsvēr labāka sortimentu struktūra – izmēģinājumos sagatavots ne tikai biokurināmais, bet arī sīkbaļķi un papīrmalka, kas ļauj palielināt ieņēmumus jaunaudžu kopšanā.

Tiešā darba laika patēriņu 1 koka sagatavošanai, atkarībā no pielietotās darba metodes, raksturo pakāpes vienādojumi (Att. 23, Att. 25), vidējā koka biomasu, atkarībā no caurmēra, raksturo 1. vienādojums (faktiski, allometriskais aprēķinu vienādojums, kas izmantots bērza stumbra biomasas noteikšanai).

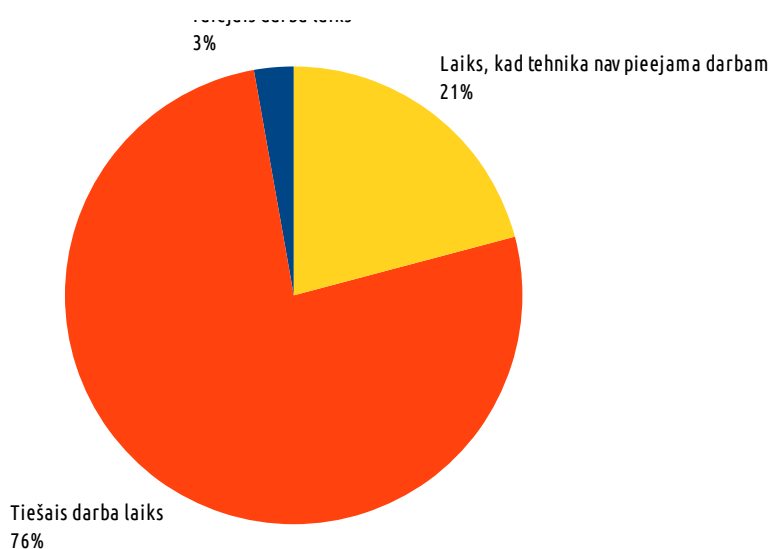
$$M = c_1 * D_{1,3}^{c_2}, \text{ kur}$$

M – stumbrabiomasa, kg;
 $D_{1,3}$ – caurmērs krūšu augstumā, cm;
 c_1 un c_2 – vienādojuma koeficienti.

Izmēģinājumos ar Timbear un John Deere 1070 E harvesteriem tiešais darba laiks biokurināmā sagatavošanai aizņēma lielāko īpatsvaru no kopējā patērētā darba laika (Timbear harvesteram – 55 %, John Deere 1070 E harvesteram – 76 %). Timbear harvesteram lielāks laika patēriņš, salīdzinot ar John Deere 1070 E harvesteru, saistīts ar piespiedu dīkstāvēm remontu laikā un lielāku neefektīvo darba ciklu īpatsvaru (darba ciklu, kas nenoslēdzas ar sortimentu sagatavošanu). Summārais kopējā darba laika sadalījums parādīts Att. 20 un Att. 21.

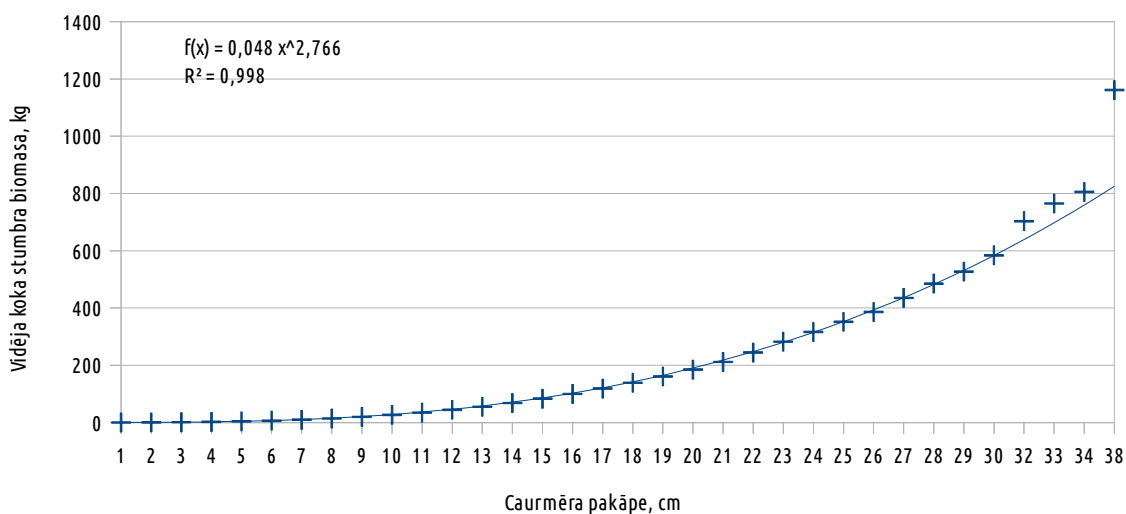


Att. 20: Timbear kopējā darba laika sadalījums.



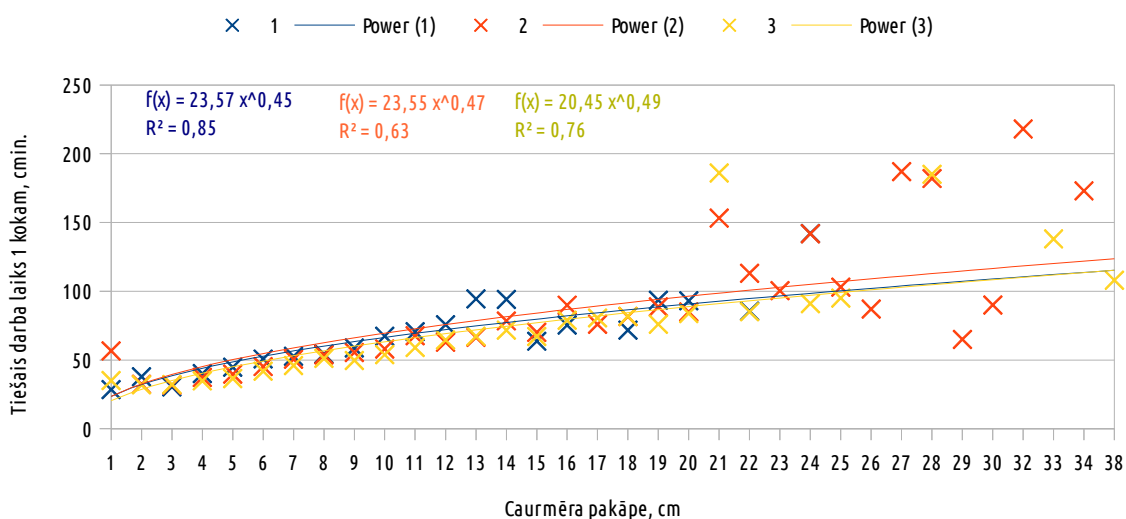
Att. 21: John Deere kopējā darba laika sadalījums.

Vidējā nozāgētā koka stumbra biomasa atkarībā no caurmēra pakāpes dota Att. 22.



Att. 22: Ar Timbear nozāgētā vidējā koka stumbra biomasa sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.

Att. 23 redzams, ka, kopjot jaunaudzies ar Timbear harvesteru, starp darba ražīguma rādītājiem viena koka apstrādē nav statistiski būtisku atšķirību ($p < 0,05$). Nedaudz vairāk kā abām pārējām metodēm tiešais darba laiks viena koka apstrādei tiek tērēts, strādājot ar 2. darba metodi, apstrādājot kokus, kuru vidējais caurmērs ir lielāks par 6 cm.

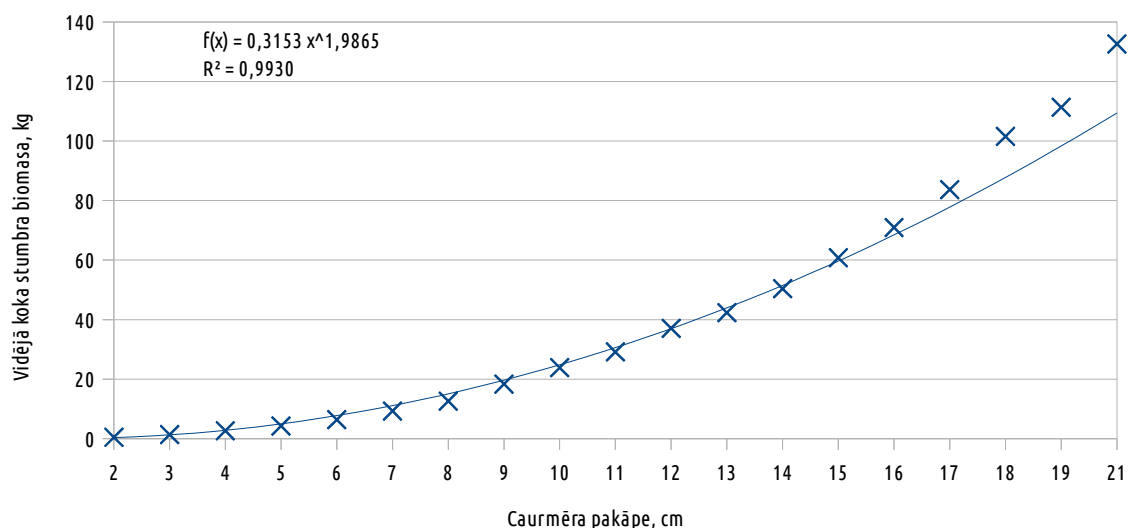


Att. 23: Tiešā darba laika patēriņš 1 koka sagatavošanai ar Timbear harvesteru sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.

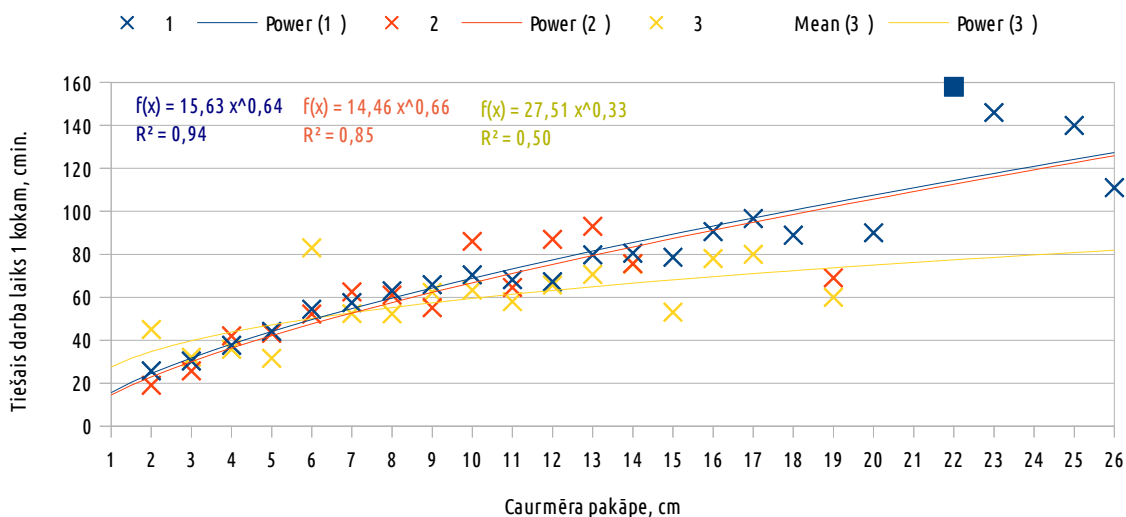
Jaunaudzju kopšanā izmantojot John Deere 1070 E harvesteru, strādājot ar 3. darba metodi, kad pirms jaunaudzju kopšanas uzsākšanas pamežā izzāgēti koki un krūmi, kuru caurmērs nav lielāks par 5 cm, statistiski būtiskas atšķirības ($p = 0,03$), pastāv starp 1. un 3. darba metodi (Att. 25). Strādājot ar 3. darba metodi salīdzinoši vairāk tiešā darba laika, kā abām pārējām darba metodēm, tiek tērēts koku apstrādei, kuru vidējais caurmērs ir līdz 6 cm, savukārt,

kokiem, kuru vidējais caurmērs pārsniedz 7 cm, tiešais darba laika patēriņš viena koka apstrādei līdz ar vidējā koka caurmēra pieaugumu nepieaug tik strauji kā 1. un 2. darba metodei. Salīdzinoši lielais ražīgums, strādājot ar 3. metodi, skaidrojams gan ar būtiski labākiem darba apstākļiem – koku skaits pēc pameža nozāgēšanas samazinājās 2-3 reizes, gan salīdzinoši mazo lielāko koku īpatsvaru – faktiski tos vajadzēja zāgēt tikai uz koridoriem, kur nav tik ļoti jārūpējas par koku izvēli un bojājumu neradīšanu saglabājamiem kokiem.

Vidējā nozāgētā koka stumbra biomasa sadalījumā pa caurmēra pakāpēm dota Att. 24.



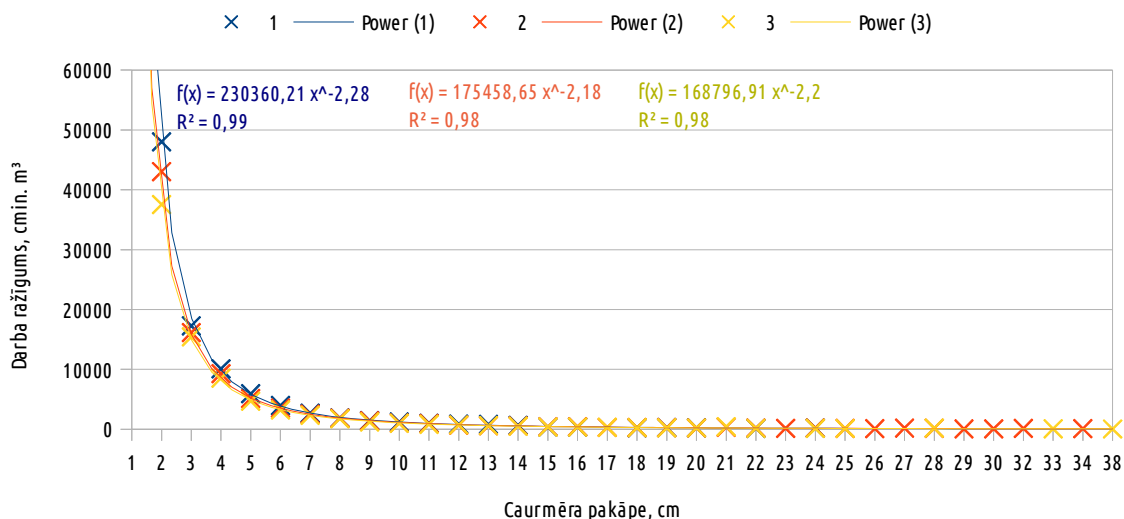
Att. 24: Ar John Deere 1070 E nozāgētā vidējā koka stumbra biomasa sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.



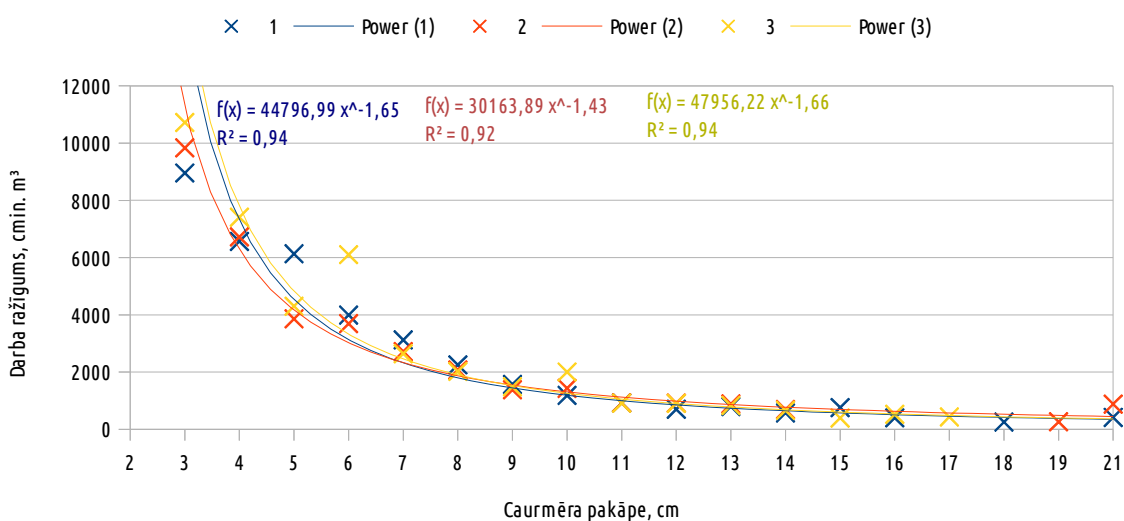
Att. 25: Tiešā darba laika patēriņš 1 koka sagatavošanai ar John Deere 1070 E harvesteru sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.

Tiešā darba ražīguma rādītāji, pārrēķinot uz produktīvā darba laika patēriņu uz 1 m³, visām darba metodēm Timbear un John Deere 1070 E harvesteram doti Att. 26 un Att. 27. Grafikā redzams, ka darba ražīgums Timbear harvesteram visām darba metodēm strauji palielinās, ja

izzāgējamo koku caurmērs ir lielāks par 5 cm. Statistiski būtiskas atšķirības ($p < 0,05$) darba ražīgumā 1 m³ koksnes sagatavošanā starp darba metodēm konstatētas netika.



Att. 26: Tiešā darba laika patēriņš 1 m³ sagatavošanai ar Timbear sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.



Att. 27: Tiešā darba laika patēriņš 1 m³ sagatavošanai ar John Deere 1070 E sadalījumā pa caurmēra pakāpēm.

Izmantojot Att. 29 un Att. 28 redzamos vienādojumus, izstrādāts algoritms efektīvā darba laika aprēķināšanai, atkarībā no vidējā nozāgējamā koka caurmēra (2. vienādojums). Algoritmā izmantotie koeficienti doti Tab. 40.

$$R = \frac{60}{a_1 * D_{1,3}^{a_2} * \frac{100}{b_1}} * c_1 * D_{1,3}^{c_2}, \text{ kur}$$

R – darba ražīgums, tonnas sausnas tiešajā darba stundā;

a_1, a_2 – pakāpes vienādojuma koeficienti;

b_1 – darba ciklu, kas patērēti sortimentu gatavošanai ilguma procentuālais īpatsvars no produktīvā laika; (2)

c_1, c_2 – pakāpes vienādojuma koeficienti;

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

60 – koeficients pārrēķinam no minūtēm uz stundām;

$\frac{100}{65}$ – koeficients pārrēķinam uz kopējo tiešo darba laiku;

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

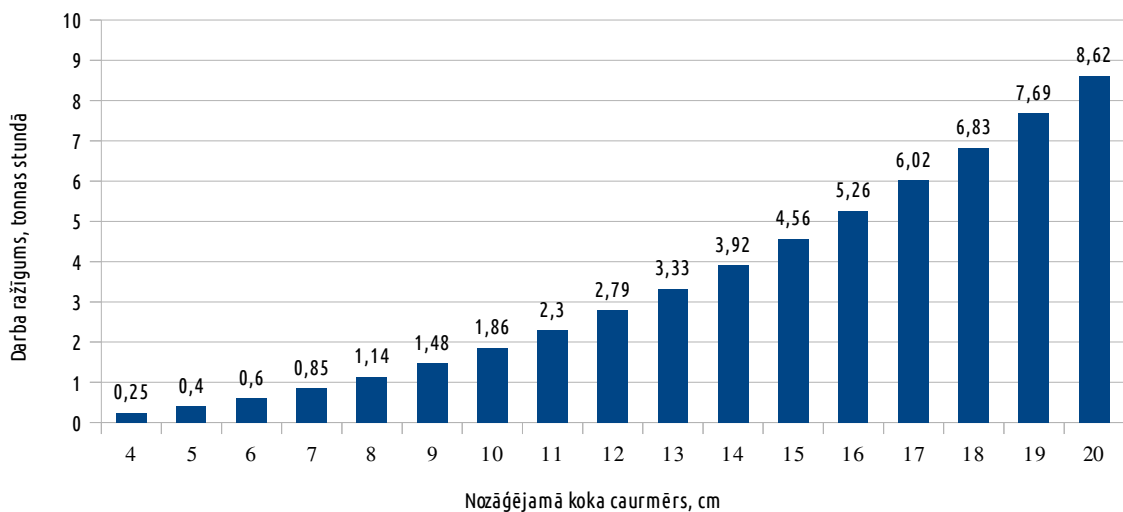
Tab. 40: Aprēķinu vienādojuma koeficienti Timbear harvesteram

Darba metode	a_1	a_2	b_1	c_1	c_2
1	23,57	0,47	94	0,048	2,766
2	20,45	0,49	81	0,048	2,766
3	23,55	0,79	96	0,048	2,766

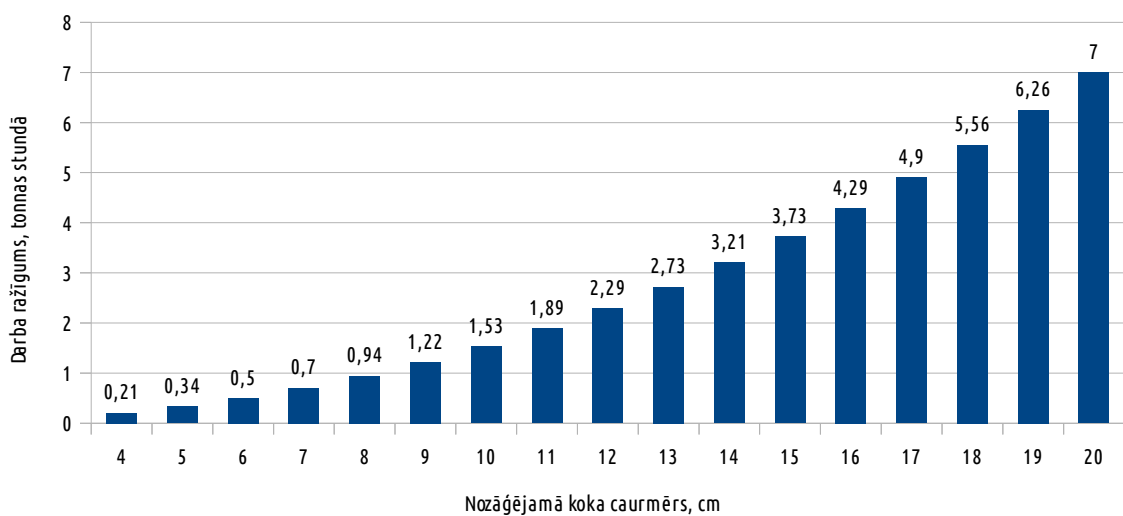
Tab. 41: Aprēķinu vienādojuma koeficienti John Deere 1070 E harvesteram

Darba metode	a_1	a_2	b_1	c_1	c_2
1	14,5	0,7	96	0,315	1,986
2	15,6	0,6	95	0,315	1,986
3	27,5	0,3	99	0,315	1,986

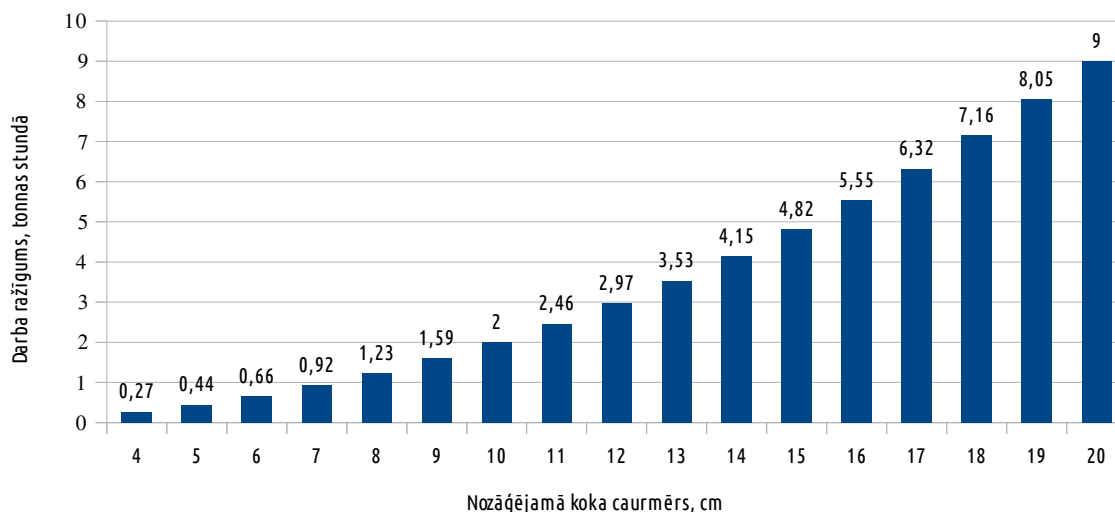
Izmantojot 2. vienādojumu darba ražīguma aprēķiniem pie atšķirīga vidējā izstrādājamā koka caurmēra, parādīts, ka tajā caurmēru diapazonā, kur varētu izmantot Timbear (nozāgējamā koka caurmērs 6-14 cm, strādājot ar 1. darba metodi jeb veicot jaunaudžu kopšanu ar saglabātu pamežu), darba ražīgums ir 0,6-3,9 tonnas dabiski mitras biomasa produktīvajā darba stundā (Att. 28). Strādājot ar 2. darba metodi, kad pamežā pirms kopšanas izzāgēti visi koki un krūmi kuru caurmērs nepārsniedz 3 cm, darba ražīgums ir 0,5-3,2 tonnas dabiski mitras biomasa produktīvajā darba stundā (Att. 29), bet 3. darba metodei, kas paredz pirms jaunaudžu kopšanas pamežā izzāgēt visus kokus un krūmus līdz 5 cm, darba ražīgums ir 0,7-4,15 tonnas dabiski mitras biomasa produktīvajā darba stundā. (Att. 30).



Att. 28: Timbear harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 1.darba metodi.

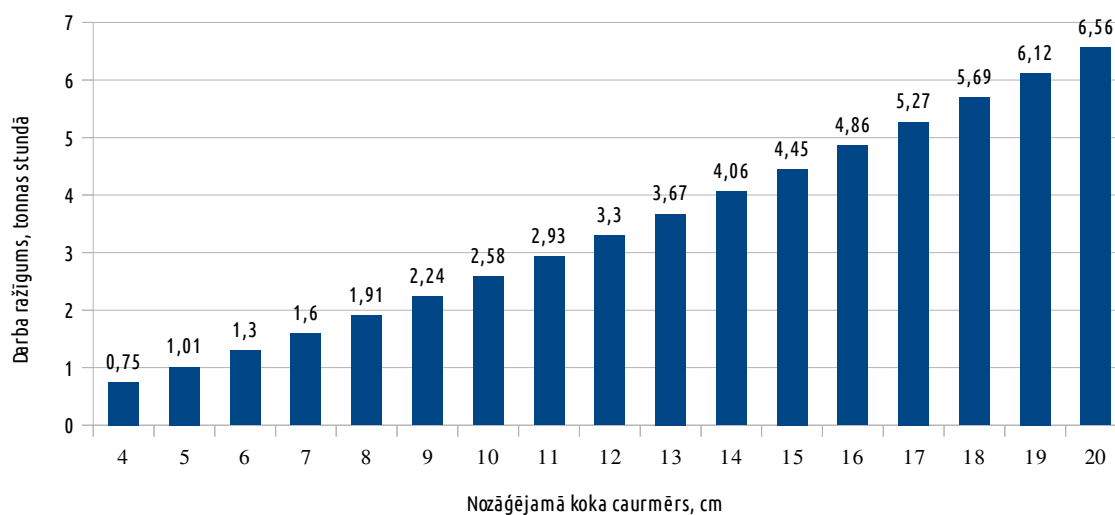


Att. 29: Timbear harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 2.darba metodi.

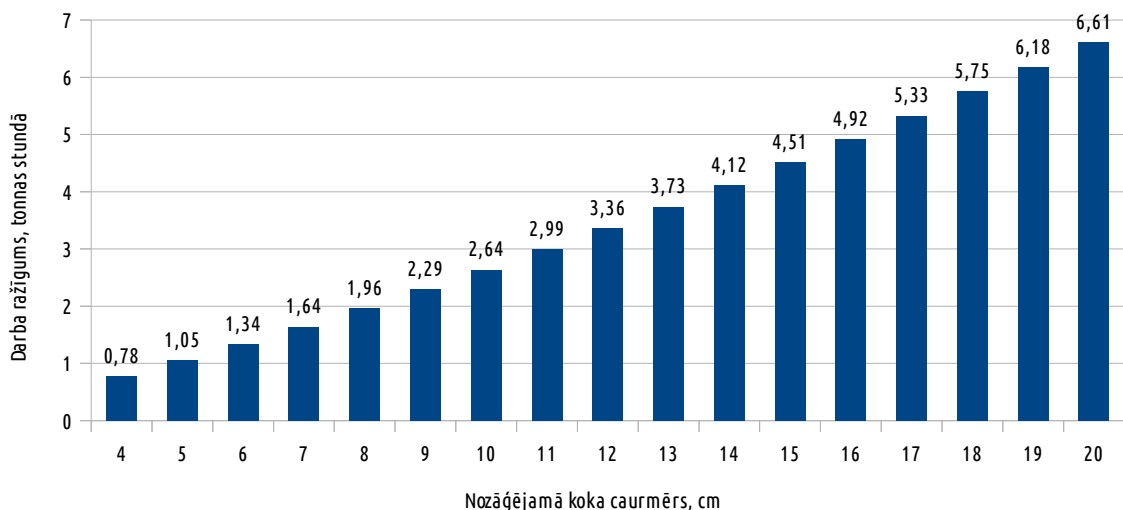


Att. 30: Timbear harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 3.darba metodi.

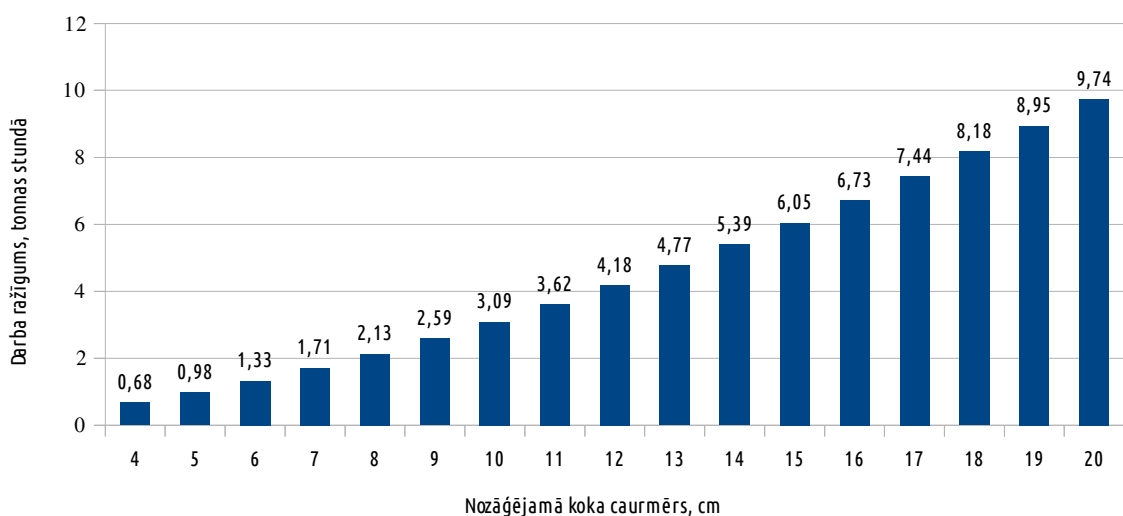
John Deere 1070 E harvesteram strādājot ar 1. darba metodi, darba ražīgums pie kokiem, kuru caurmērs ir robežās no 6 -14 cm, ir 1,3-4,1 tonnas dabiski mitras biomasas produktīvajā darba stundā (Att. 31). Strādājot ar 2. darba metodi, darba ražīgums, līdzīgi kā 1. darba metodei, ir 1,3-4,1 tonnas dabiski mitras biomasas produktīvajā darba stundā (Att. 33), bet 3. darba metodei darba ražīgums pie attiecīgajiem koku caurmēriem ir 1,3-5,4 tonnas dabiski mitras biomasas produktīvajā darba stundā. (Att. 32).



Att. 31: John Deere 1070 E harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 1.darba metodi.

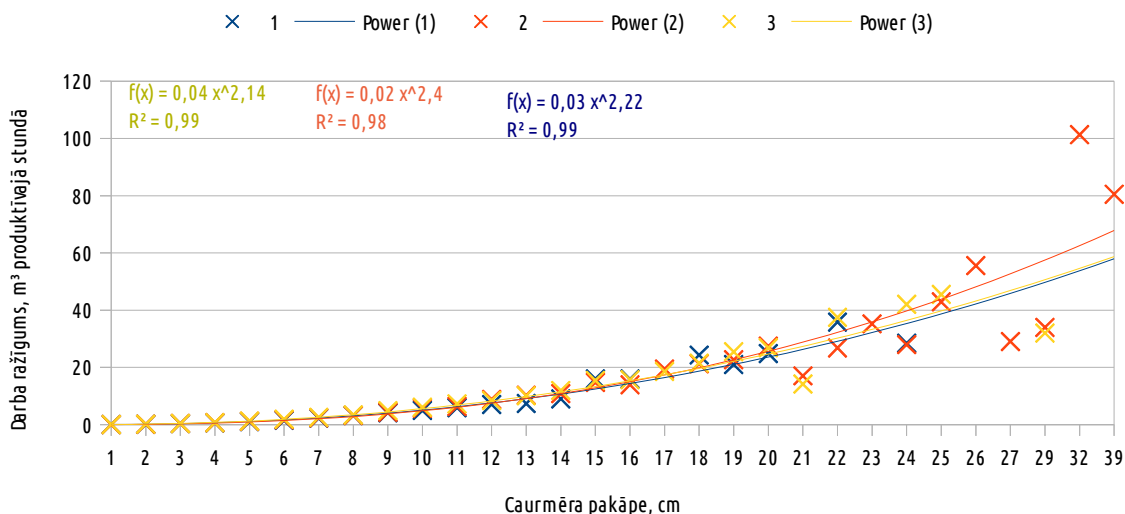


Att. 32: John Deere 1070 E harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 2.darba metodi.



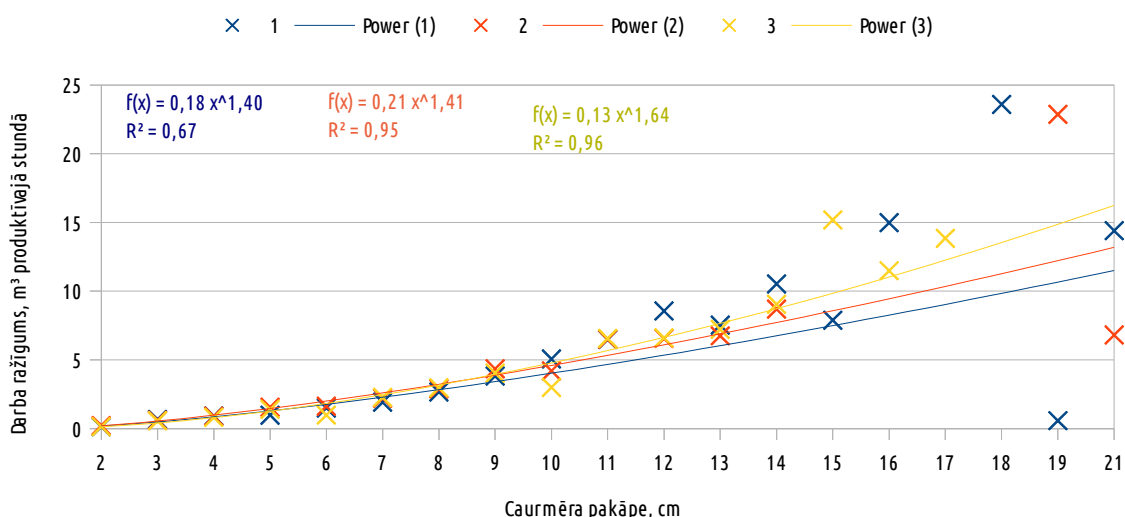
Att. 33: John Deere 1070 E harvestera modelētais ražības rādītājs strādājot ar 3.darba metodi.

Veiktie aprēķini par darba ražīgumu produktīvajā stundā parāda, ka, strādājot ar Timbear harvesteru, produktīvajā stundā nozāgētais apjoms sadalījumā pa darba metodēm būtiski neatšķiras. Nedaudz augstāki darba ražības rādītāji vērojami strādājot ar 2. darba metodi, ja tiek apstrādāti koki, kuru vidējais caurmērs ir virs 18 cm. Tā kā vidējais izzāgējamā koku caurmērs ir vien 6 cm un 50 % no nozāgētajiem kokiem ir koki ar caurmēru līdz 6 cm, tikai 1 % no nozāgētajiem kokiem ir resnāki par 19 cm (Att. 34).



Att. 34: Aprēķinātie Timbear harvestera ražīguma rādītāji.

Salīdzinot ar John Deere 1070 E harvesteru pielietotās darba metodes, jāsecina, ka statistiski būtiskas atšķirības ($p < 0,05$) konstatētas netika. Att. 35 Redzams, ka strādājot ar 3. darba metodi, apstrādājot kokus, kuru caurmērs ir virs 10 cm, vērojams visstraujākais ražīguma pieaugums, salīdzinājumā ar 1. un 2. darba metodi. Vislēnāk darba ražīgums pieaug strādājot ar 1. darba metodi, kas parāda, ka ar šo metodi, kad pirms jaunaudzies kopšanas uzsākšanas pamežs netiek izzāgēts, produktīvajā stundā būs iespējams sagatavot salīdzinoši mazāk koksnes, kā strādājot ar 2. un 3. darba metodi, kad pamežā pirms kopšanas izzāgēti attiecīgi līdz 3 cm un 5 cm resni koki un krūmi.

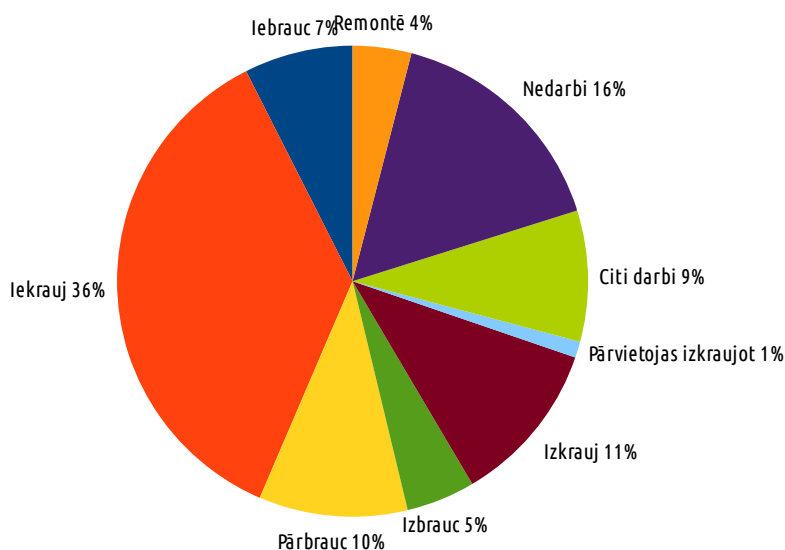


Att. 35: Aprēķinātie John Deere 1070 E harvestera darba ražīguma rādītāji .

Pievešanas darba ražīgums

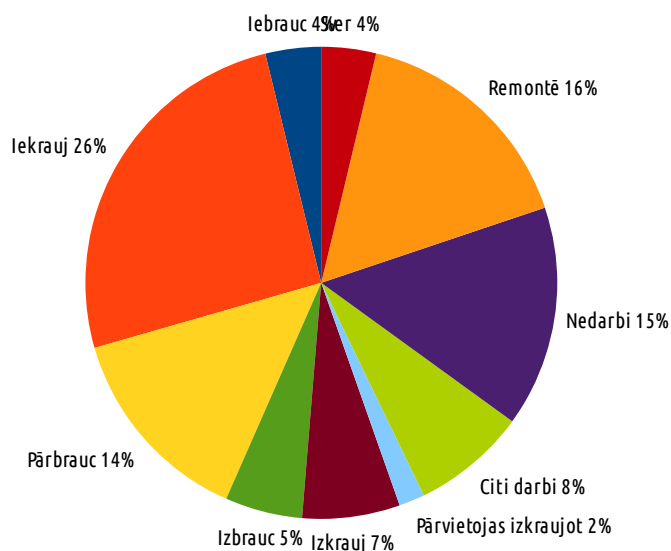
Pievešanas darba laika uzskaitē sastāvēja no 11 atsevišķām darbībām. Vislielāko īpatsvaru no kopējā patērētā darba laika pievešanā veido "iekraušana", kas ietver laiku, kas tiek patērēts

sniedzoties pēc sortimenta, satverot to un ievietojot kravas tilpnē. Pievešanas laikā, strādājot ar Timbear, nebija nepieciešams veikt ceļa ieklāšanu kā arī netika svērts pievestais materiāls (Att. 36).



Att. 36: Darba laika sadalījums pievešanā ar Timbear piededējtraktoru.

John Deere 810 E piededējtraktora darba laika uzskaitē parādā, ka, tāpat kā Timbear, visvairāk laika tērēts sortimentu kravas veidošanai, kam seko remontiem un ar darbu nesaistītām operācijām tērētais laiks, salīdzinoši liels ir arī ar pārbraucieniem saistītais darba laika īpatsvars.



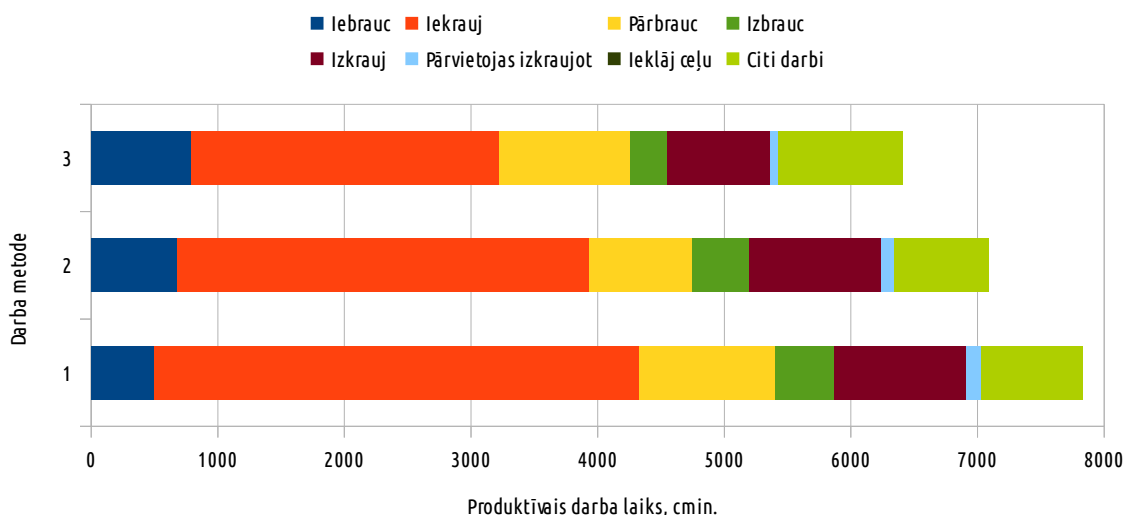
Att. 37: Darba laika sadalījums pievešanā ar John Deere 810 E piededējtraktoru.

Kopumā no ar Timbera piededējtraktoru no izmēģinājumā iekļautajām audzēm pievestas 45 kravas, vidējās kravas masa 5,1 tonnas dabiski mitra materiāla. Vidēji 1 kravas pievešanai nepieciešama 71 minūte produktīvā darba laika. Vidēji 1 tonnas dabiski mitra materiāla pievešanai patērē 14 minūtes produktīvā darba laika. Slejās, kurās pamežs saglabāts,

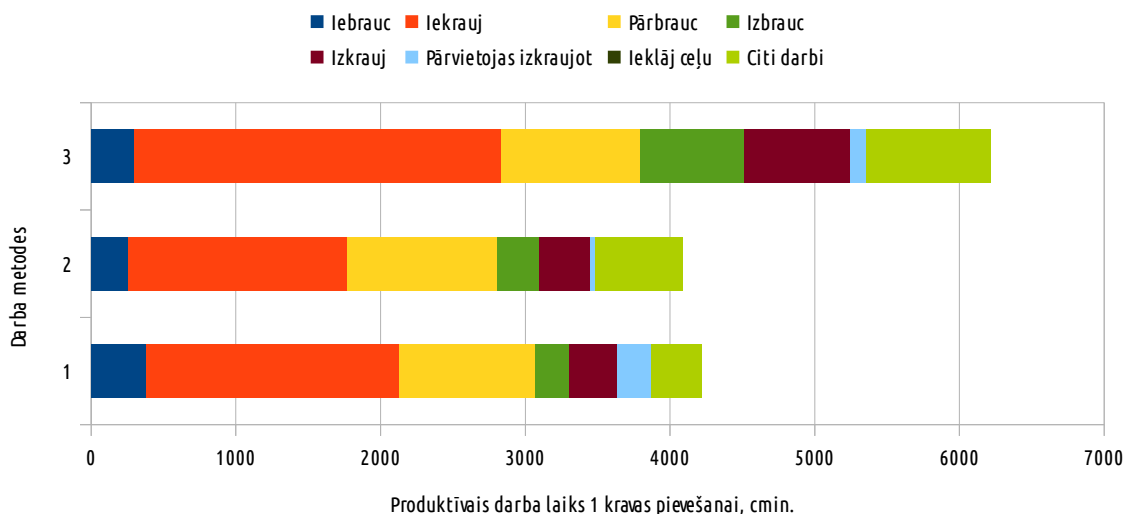
sagatavoto sortimentu pievešana aizņēmusi mazāk produktīvā darba laika, kā sortimentu pievešana no slejām, kurās izzāgēts pamežs līdz 3 un 5 cm krūšaugstuma caurmērā (Att. 38). Statistiski būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības pievešanai patērētajā darba laikā atkarībā no jaunaudzū kopšanā pielietotās darba metodes konstatētas netika. Timbear pievedējtraktoram vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais produktīvā darba laiks bija 43 minūtes, bet izkraušanai attiecīgi 9 minūtes. Vidējais braukšanas ātrums pievedējtraktoram ar kravu bija vidēji 28 m min.⁻¹, bez kravas – 46 m min.⁻¹.

John Deere 810 E pievedējtraktors izmēģinājuma laikā pieveda 15 kravas, bet, tā kā atsevišķām kravām nebija iespējams identificēt, no kura tehnoloģiskā koridora kravas pievestas, līdz ar to, kura darba metode izmantota apaļo kokmateriālu sortimentu sagatavošanā, tālākos aprēķinos izmantoti dati par 12 pievestajām kravām. Vidējā pievestās kravas masa bija 6 tonnas dabiski mitra materiāla. Vidēji vienas kravas pievešanai nepieciešams 48 minūtes produktīvā darba laika. Vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais darba laiks bija 17 min., bet izkraušanai – 4 min. Vidējais braukšanas ātrums pievedējtraktoram ar kravu bija 44 m min.⁻¹, bez kravas – 51 m min.⁻¹.

Vidējie rādītāji par produktīvā darba laika sadalījumu vienas kravas pievešanai Timbear un John Deere 810 E pievedējtraktora parādīti Att. 38 un Att. 39.



Att. 38: Vidējais Timbear pievedējtraktora 1 kravas pievešanas produktīvā darba laika sadalījumā pa darba metodēm.



Att. 39: Vidējais John Deere 810 E 1 kravas pievešanas produktīvā darba laika sadalījumā pa darba metodēm.

Kokvedēji

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

Vidēji produktīvajā stundā var iekraut 1,7 kokvedēja kravas (vienas krava – 31 tonna dabiski mitra materiāla), savukārt izkraut – 3,2 kravas. Produktīvajā 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 produktīvajā 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

Timbear harvesteram vidējais tiešais produktīvais darba laiks 1 koka izstrādei ir 30 sekundes, 1 ha izstrādei – 709 minūtes (12 stundas), 1 m³ sagatavošanai – 58 min. John Deere 1070 E vidējais tiešais produktīvais darba laiks 1 koka izstrādei ir 31 sekundes, 1 ha izstrādei – 625 minūtes (10 stundas), 1 m³ sagatavošanai – 49 min.

Strādājot ar Timbear harvesteru produktīvajā darba stundā sagatavots vidēji 71 koks. John Deere 1070 E harvesters produktīvajā stundā sagatavoja 96 kokus.

Jaunaudžu kopšanā izmantojot John Deere 1070 E harvesteru, strādājot ar 3. darba metodi, kad pirms jaunaudžu kopšanas uzsākšanas pamežā izzāgēti koki un krūmi, kuru caurmērs ir līdz 5 cm, statistiski būtiskas atšķirības ($p = 0,03$), pastāv starp 1. un 3. darba metodi. 3. darba metodi salīdzinoši vairāk tiešā darba laika tiek tērēts koku apstrādei, kuru vidējais caurmērs ir līdz 6 cm.

Kopumā no ar Timbear pievedējtraktoru no izmēģinājumā iekļautajām audzēm pievestas 45 kravas, vidējās kravas masa 5,1 tonnas dabiski mitra materiāla. Vidēji 1 kravas pievešanai nepieciešama 71 minūte produktīvā darba laika. Vidēji 1 tonnas dabiski mitra materiāla pievešanai patērē 14 minūtes produktīvā darba laika.

Timbear pievedējtraktoram vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais produktīvā darba laiks bija 43 minūtes, bet izkraušanai attiecīgi 9 minūtes. Vidējais braukšanas ātrums pievedējtraktoram ar kravu bija vidēji 28 m min.⁻¹, bez kravas – 46 m min.⁻¹.

John Deere 810 E pievedējtraktors izmēģinājuma laikā pieveda 15 kravas. Dati analizēti par 12 pievestajām kravām. Vidējā pievestās kravas masa bija 6 tonnas dabiski mitra materiāla. Vidēji vienas kravas pievešanai nepieciešams 48 minūtes produktīvā darba laika. Vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais darba laiks bija 17 min., bet izkraušanai attiecīgi 4 min. Vidējais braukšanas ātrums pievedējtraktoram ar kravu bija 44 m min.⁻¹, bez kravas – 51 m min.⁻¹.

Izmaksu un ieņēmumu analīze

Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze

Aprēķinos izmantotie izmēģinājumu rezultāti ir kopšanas, pievešanas un ceļu transporta darba ražīgums, pievedējtraktora kravas masa un kokvedēja kravas tilpums.

Vidējā koka caurmērs dažādās darba metodēs noteikts atbilstoši faktiskajam vidējā nozāgētā koka caurmēram izmēģinājumos. Rādītāji, kas raksturo dažādas darba metodes, ir parādīti Tab. 42 un Tab. 43. Nozāgēto koku krāja pieņemta visos izmēģinājumos vienāda – 27,8 m³ ha⁻¹. Šis rādītājs nerada būtisku ietekmi uz aprēķiniem, jo raksturo tikai platību, ko sezonas laikā var izstrādāt vai pievest 1 tehnikas vienība. Audzēs, kurās strādāts ar Timbear harvesteru vidējais pievešanas attālums bija 165 m, bet audzē, kurā strādāts ar John Deere 1070 E harvesteru – 150 m. Ceļu transporta attālums pieņemts vienāds (50 km), atbilstoši vidējiem rādītājiem projektā.

Tab. 42: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī (Timbear)

Rādītājs	Darba metode		
	1.	2.	3.
Vidējā nozāgētā koka caurmērs, cm	6	6	7
Pievedējtraktora kravas tilpums, m ³	5,8	5,8	5,8
Produktīvais darba laiks iekraušanai, min. kravai	43	43	43
Produktīvais darba laiks izkraušanai, min. kravai	9	9	9

Tab. 43: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī (John Deere)

Rādītājs	Darba metode		
	1.	2.	3.
Vidējā nozāgētā koka caurmērs, cm	6	6	6
Pievedējtraktora kravas tilpums, m ³	6,7	6,7	6,7
Produktīvais darba laiks iekraušanai, min. kravai	17	17	17
Produktīvais darba laiks izkraušanai, min. kravai	4	4	4

Timbear harvesteram strādājot ar 1. darba metodi, šķeldu transportēšanas scenārijs paredz pašizmaksas samazinājumu 2,82 EUR m⁻³ jeb 0,92 EUR ber. m⁻³ (Tab. 44), 2. darba metodi šķeldu transportēšanas scenārijs paredz pašizmaksas samazinājumu 2,82 EUR m⁻³ jeb 0,92 EUR ber. m⁻³ (Tab. 45), tāpat, kā strādājot ar 1. darba metodi. Trešajā darba metodei šķeldu transportēšanas scenārijs paredz pašizmaksas samazinājumu 3,14 EUR m⁻³ jeb 1,0 EUR ber. m⁻³ (Tab. 46). Izmaksu aprēķinā 2. un 3. darba metodei ietvertas pameža zāģēšanas izmaksas atbilstoši vidējam pakalpojumu izmaksām.

Tab. 44: Ar Timbear sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 1. darba metodei

Pozīcija	Operācijas izmaksas, EUR gadā						Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakšoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
Investīcijas	€ 110 584	€ 77 063	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	€ 20 175	-
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248	-
Operacionālās izmaksas	€ 82 698	€ 86 817	€ 33 483	€ 159 431	€ 43 100	€ 33 483	-
Plānotā peļņa	€ 12 978	€ 11 011	€ 3 445	€ 11 642	€ 3 927	€ 3 445	-
Kopā, EUR gadā	€ 272 529	€ 231 228	€ 72 351	€ 244 484	€ 82 457	€ 72 351	-
Ražīgums, m ³ E15-h ⁻¹	1,7	5,7	6,4	31,4	9,0	6,1	-
Biokurināmais, EUR m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 34,70	€ 8,05				€ 6,62	€ 49,37
šķeldu scenārijs	€ 34,70	€ 8,05		€ 4,30	€ 5,15		€ 52,20
Biokurināmais, EUR ber m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 11,30	€ 2,62				€ 2,16	€ 16,08
šķeldu scenārijs	€ 11,30	€ 2,62		€ 1,40	€ 1,68		€ 17,00

Tab. 45: Ar Timbear sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 2. darba metodei

Pozīcija	Operācijas izmaksas, EUR gadā						Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakšoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
Investīcijas	€ 110 584	€ 77 063	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	€ 20 175	-
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248	-
Operacionālās izmaksas	€ 135 902	€ 86 817	€ 33 483	€ 159 431	€ 43 100	€ 33 483	-
Plānotā peļņa	€ 15 638	€ 11 011	€ 3 445	€ 11 642	€ 3 927	€ 3 445	-
Kopā, EUR gadā	€ 328 393	€ 231 228	€ 72 351	€ 244 484	€ 82 457	€ 72 351	-
Ražīgums, m ³ E15-h ⁻¹	1,7	5,7	6,4	31,4	9,0	6,1	-
Biokurināmais, EUR m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 40,48	€ 8,05				€ 6,62	€ 55,15
šķeldu scenārijs	€ 40,48	€ 8,05		€ 4,30	€ 5,15		€ 57,97
Biokurināmais, EUR ber m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 13,19	€ 2,62				€ 2,16	€ 17,96
šķeldu scenārijs	€ 13,19	€ 2,62		€ 1,40	€ 1,68		€ 18,88

Tab. 46: Ar Timbear sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 3. darba metodei

Pozīcija	Operācijas izmaksas, EUR gadā						Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakšoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
Investīcijas	€ 110 584	€ 77 063	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	€ 20 175	-
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248	-
Operacionālās izmaksas	€ 133 533	€ 86 817	€ 33 483	€ 159 431	€ 43 100	€ 33 483	-
Plānotā peļņa	€ 15 519	€ 11 011	€ 3 445	€ 11 642	€ 3 927	€ 3 445	-
Kopā, EUR gadā	€ 325 905	€ 231 228	€ 72 351	€ 244 484	€ 82 457	€ 72 351	-
Ražīgums, m ³ E15-h ⁻¹	2,3	5,7	6,7	31,4	9,0	6,4	-
Biokurināmais, EUR m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 30,38	€ 8,05				€ 6,30	€ 44,73

Pozīcija	Operācijas izmaksas, EUR gadā						Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakšoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
Šķeldu scenārijs	€ 30,38	€ 8,05		€ 4,30	€ 5,15		€ 47,87
Biokurināmais, EUR ber m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 9,90	€ 2,62				€ 2,05	€ 14,57
Šķeldu scenārijs	€ 9,90	€ 2,62		€ 1,40	€ 1,68		€ 15,59

Salīdzinot ar Timbear harvesteru sagatavotā biokurināmā pašizmaksas aprēķinus pa darba metodēm, jāsecina, ka vismazākā pašizmaksa ir biokurināmajam, kas sagatavots strādājot ar 3. darba metodi. Visneizdevīgākā ir 2. darba metode

John Deere 1070 E harvesteram strādājot ar 1., 2. un 3. darba metodi, šķeldu transportēšanas scenārijs paredz pašizmaksas samazinājumu 2,82 EUR m⁻³ jeb 0,92 EUR ber. m⁻³ (Tab. 47, Tab. 48 un Tab. 49). 2. un 3. darba metodei 1 ber. m³ pašizmaksai pieskaitāmas pameža zāģēšanas izmaksas 2,29 EUR ber. m³.

Tab. 47: Ar John Deere 1070 E sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 1. darba metodei

Pozīcija	Operācijas izmaksas, EUR gadā						Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakšoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
Investīcijas	€ 91 451	€ 67 854	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	€ 20 175	-
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248	-
Operacionālās izmaksas	€ 82 698	€ 86 919	€ 33 675	€ 159 639	€ 43 292	€ 33 675	-
Plānotā peļņa	€ 12 021	€ 10 556	€ 3 455	€ 11 652	€ 3 936	€ 3 455	-
Kopā, EUR gadā	€ 252 439	€ 221 666	€ 72 553	€ 244 702	€ 82 659	€ 72 553	-
Ražīgums, m ³ E15-h ⁻¹	1,6	14,8	6,4	31,4	9,0	6,1	-
Biokurināmais, EUR m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 32,83	€ 2,97				€ 6,64	€ 42,43
Šķeldu scenārijs	€ 32,83	€ 2,97		€ 4,30	€ 5,16		€ 45,25
Biokurināmais, EUR ber m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 10,69	€ 0,97				€ 2,16	€ 13,82
Šķeldu scenārijs	€ 10,69	€ 0,97		€ 1,40	€ 1,68		€ 14,74

Tab. 48: Ar John Deere 1070 E sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 2. darba metodei

Pozīcija	Operācijas izmaksas, EUR gadā						Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakšoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
Investīcijas	€ 91 451	€ 67 854	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	€ 20 175	-
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248	-
Operacionālās izmaksas	€ 133 662	€ 86 919	€ 33 675	€ 159 639	€ 43 292	€ 33 675	-
Plānotā peļņa	€ 14 569	€ 10 556	€ 3 455	€ 11 652	€ 3 936	€ 3 455	-
Kopā, EUR gadā	€ 305 951	€ 221 666	€ 72 553	€ 244 702	€ 82 659	€ 72 553	-
Ražīgums, m ³ E15-h ⁻¹	1,7	14,8	6,4	31,4	9,0	6,1	-
Biokurināmais, EUR m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 39,37	€ 2,97				€ 6,64	€ 48,97
Šķeldu scenārijs	€ 39,37	€ 2,97		€ 4,30	€ 5,16		€ 51,80
Biokurināmais, EUR ber m⁻³							

Pozīcija	Operācijas izmaksas, EUR gadā						Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
sīkkoku scenārijs	€ 12,82	€ 0,97				€ 2,16	€ 15,95
šķeldu scenārijs	€ 12,82	€ 0,97		€ 1,40	€ 1,68		€ 16,87

Tab. 49: Ar John Deere 1070 E sagatavota biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 3. darba metodei

Pozīcija	Operācijas izmaksas, EUR gadā						Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apakoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
Investīcijas	€ 91 451	€ 67 854	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	€ 20 175	-
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248	-
Operacionālās izmaksas	€ 131 603	€ 86 919	€ 33 675	€ 159 639	€ 43 292	€ 33 675	-
Plānotā peļņa	€ 14 466	€ 10 556	€ 3 455	€ 11 652	€ 3 936	€ 3 455	-
Kopā, EUR gadā	€ 303 789	€ 221 666	€ 72 553	€ 244 702	€ 82 659	€ 72 553	-
Ražīgums, m ³ E15-h ⁻¹	1,6	14,8	6,4	31,4	9,0	6,1	-
Biokurināmais, EUR m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 40,74	€ 2,97				€ 6,64	€ 50,34
šķeldu scenārijs	€ 40,74	€ 2,97		€ 4,30	€ 5,16		€ 53,16
Biokurināmais, EUR ber m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 13,27	€ 0,97				€ 2,16	€ 16,40
šķeldu scenārijs	€ 13,27	€ 0,97		€ 1,40	€ 1,68		€ 17,32

Salīdzinot ar John Deere 1070 E harvesteru sagatavotā biokurināmā pašizmaksas aprēķinus pa darba metodēm, jāsecina, ka vismazākā pašizmaksa ir biokurināmajam, kas sagatavots, strādājot ar 1. darba metodi, lielākā – ar 3. darba metodi.

Sistēmas analīze

Pētījuma rezultāti rāda, ka 1 pievedējtraktors var apkalpot 2 harvesterus vai 30 % no darba laika Timbear izmantojams kā pievedējtraktors un 70 % kā harvesters. Tas ļauj samazināt pievešanas izmaksas, salīdzinot ar lielāku dimensiju koku zāģēšanu, ņemot vērā, ka Timbear ir gandrīz 2 reizes dārgāks par līdzīgas kravnesības pievedējtraktoru uz riteņu bāzes. Lai maksimāli efektīvi izmantotu Timbear priekšrocības, šo mašīnu pirmām kārtām jāizmanto kopšanas cirtēs ar nelielu dimensiju kokiem, kur Timbear lielāko daļu laika strādās kā harvesters. Timbear izmantošana jaunaudžu kopšanas cirtēs ļauj pilnīgāk izmantot koksnes resursus, jo nav nepieciešama zaru iekļāšana ceļos un var izvest gan sīkkokus, gan mežizstrādes atliekas. Viens šķeldotājs var apkalpot līdz 6 Timbear traktoros, kas 30 % darba laika noslogoti kā pievedējtraktori. Biokurināmā piegādi 50 km attālumā no 1 šķeldotāja var nodrošināt 3-4 šķeldu vedēji. Viena pievedējtraktora pievesto sīkkoksnes sortimentu tālāku transportu 50 km attālumā no augšgala krautuves spēj nodrošināt 2-3 sīkkoksnes pārvadājumiem piemēroti kokvedēji.

Viens pievedējtraktors var apkalpot līdz 9 John Deere 1070 E harvesterus jaunaudžu kopšanas cirtēs. Lai apkalpotu 1 pievedējtraktoru, nepieciešami 1-2 šķeldotāji.

Abos sistēmas modeļos biokurināmā piegādi 50 km attālumā no 1 šķeldotāja var nodrošināt 3-4 šķeldu vedēji. Viena pievedējtraktora pievesto sīkkoksnes sortimentu tālāku transportu 50 km attālumā no augšgala krautuves spēj nodrošināt 2-3 sīkkoksnes pārvadājumiem piemēroti kokvedēji.

Abu tehnikas vienību gada ražošanas apjomi doti Tab. 50 un Tab. 51.

Tab. 50: Timbear ražošanas apjoms, m³ gadā⁻¹

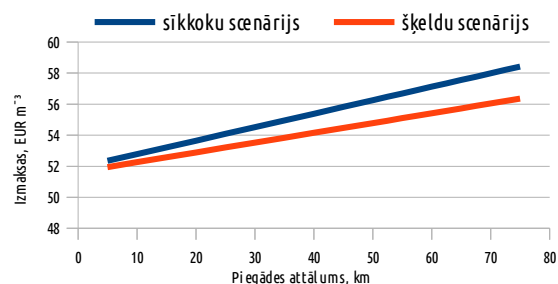
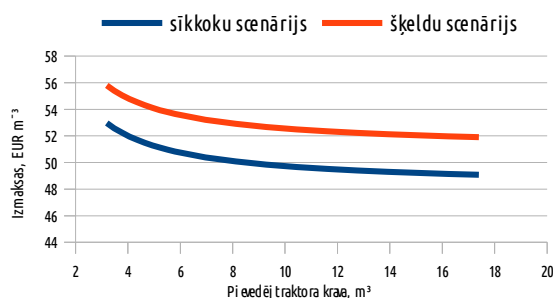
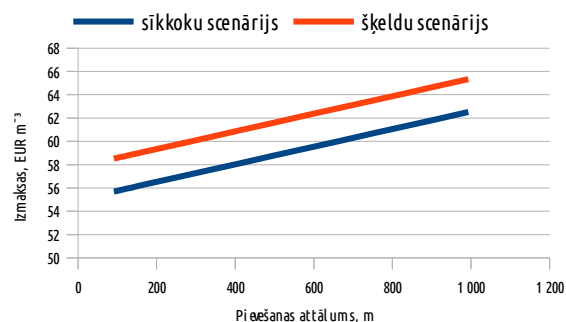
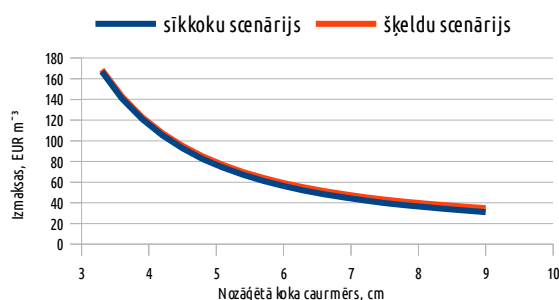
Darba metode	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports
1	7854	28717	11431	56900	16023	10931
2	8112	28717	11431	56900	16023	10931
3	10728	28717	12015	56900	16023	11490

Tab. 51: John Deere 1070 E ražošanas apjoms, m³ gadā⁻¹

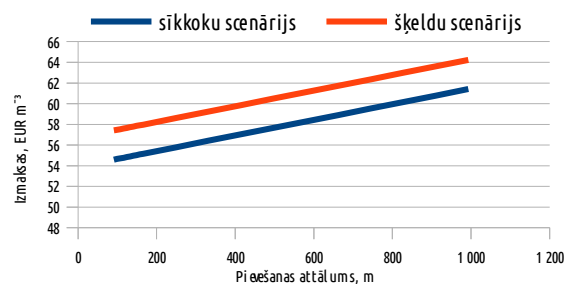
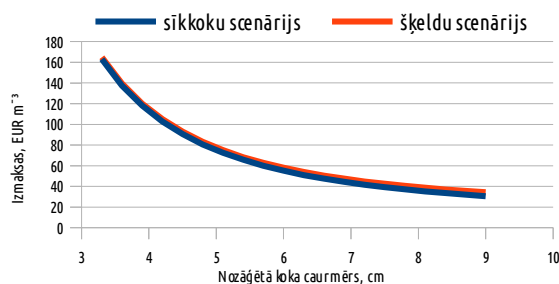
Darba metode	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports
1	7690	74741	11431	56900	16023	10931
2	7771	74741	11431	56900	16023	10931
3	7457	74741	11431	56900	16023	10931

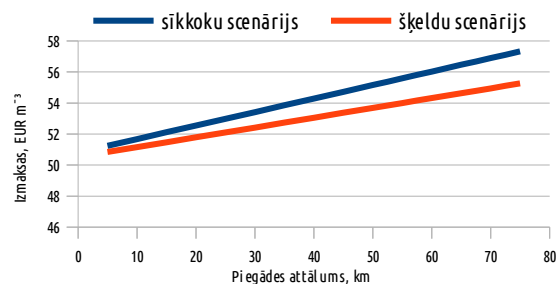
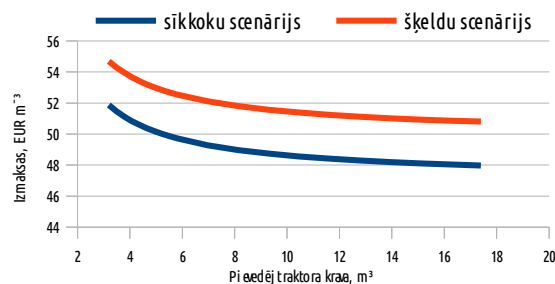
Jutības analīze

Sistēmas jutīguma analīzē redzams, ka lielāko ietekmi uz šķeldu pašizmaksu atstāj šķeldu transportēšanas attālums un vidējā izzāģējamā koka koka caurmēra izmaiņas (Att. 40, Att. 41, Att. 42, Att. 43, Att. 44 un Att. 45).

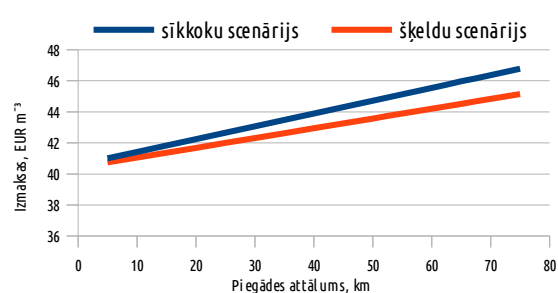
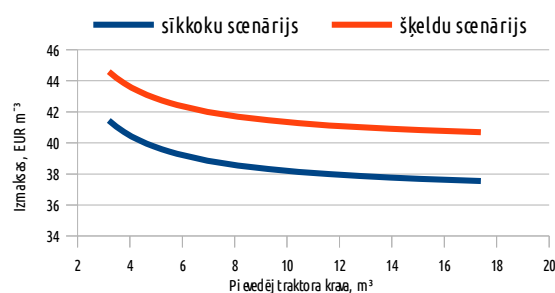
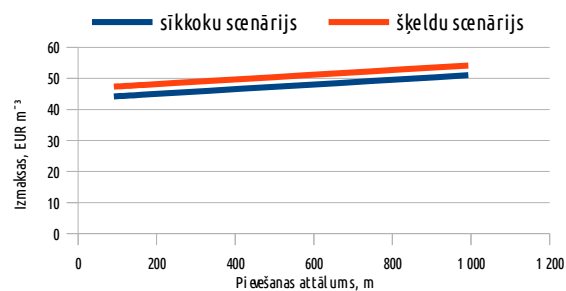
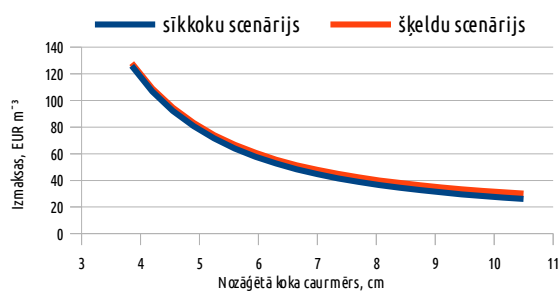


Att. 40: Jutīguma analīze 1.darba metodei kopšanā izmantojot Timbear harvesteru.

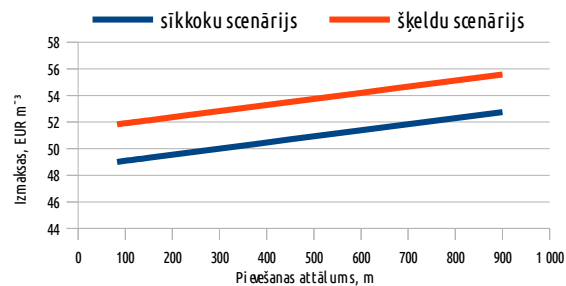
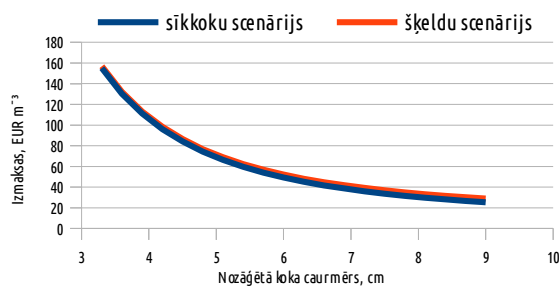


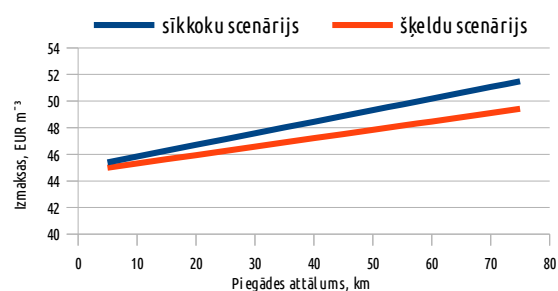
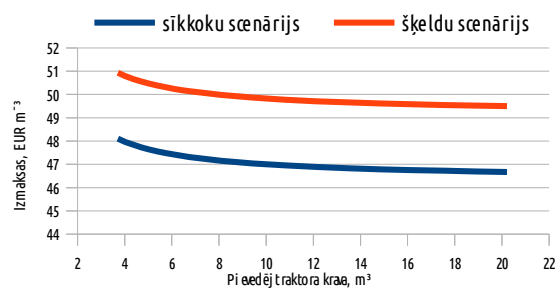


Att. 41: Jūtīguma analīze 2.darba metodei kopšanā izmantojot Timbear harvesteru.

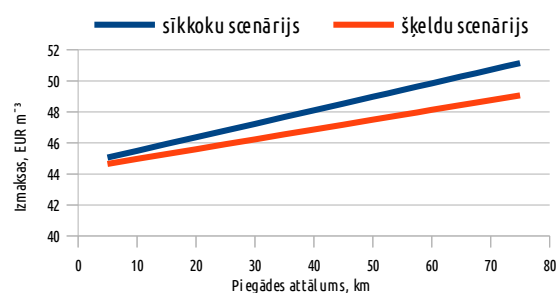
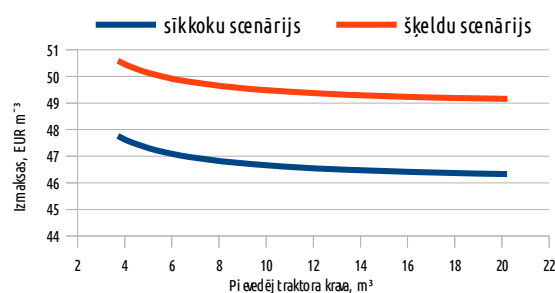
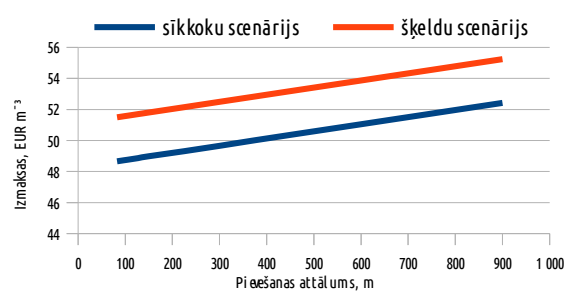
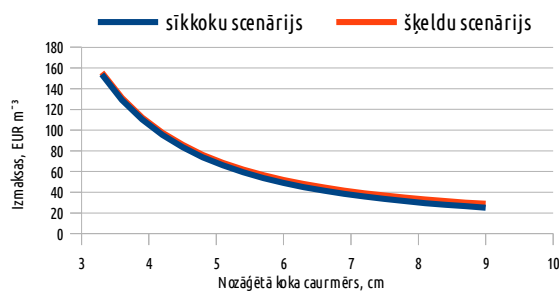


Att. 42: Jūtīguma analīze 3.darba metodei kopšanā izmantojot Timbear harvesteru.

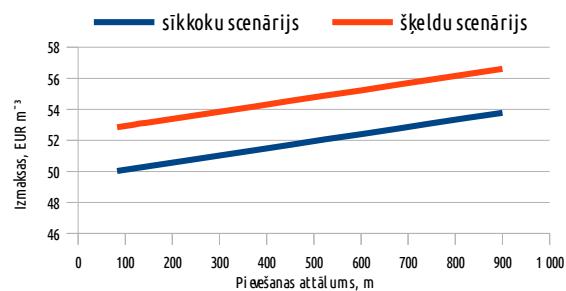
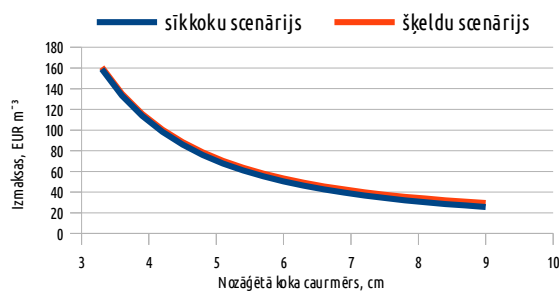


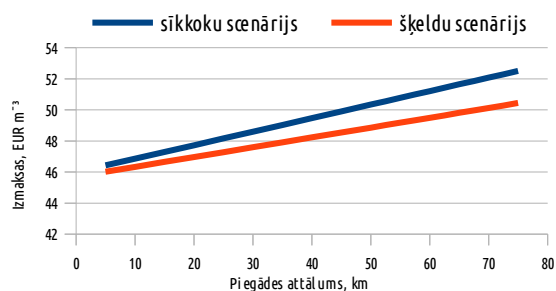
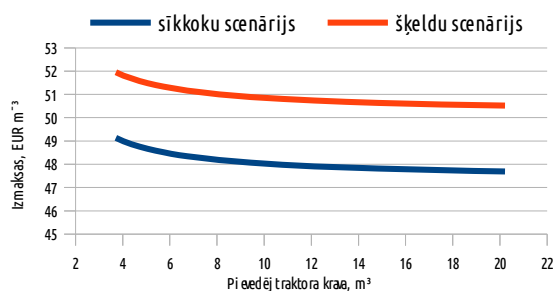


Att. 43: Jutīguma analīze 1. darba metodei kopšanā izmantojot John Deere 1070 E harvesteru.



Att. 44: Jutīguma analīze 2. darba metodei kopšanā izmantojot John Deere 1070 E harvesteru.

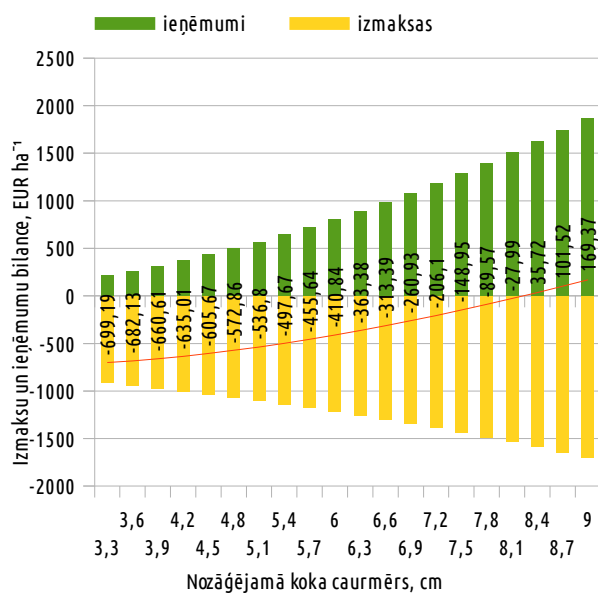
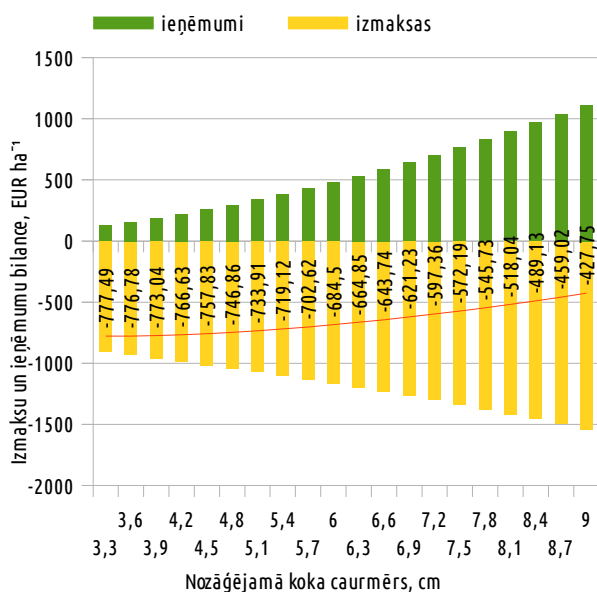




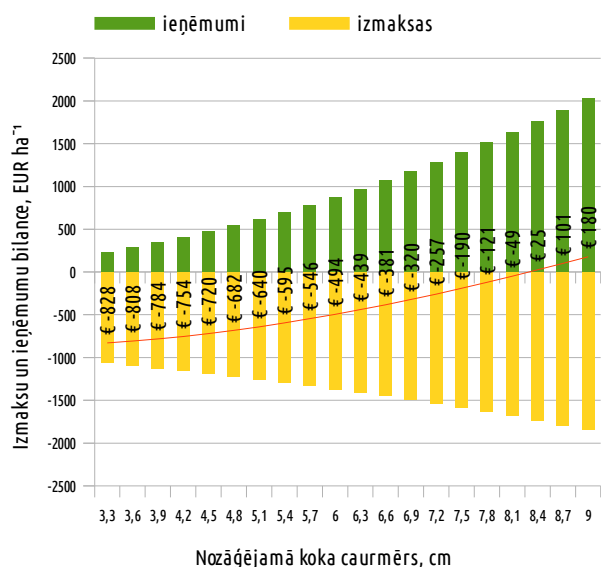
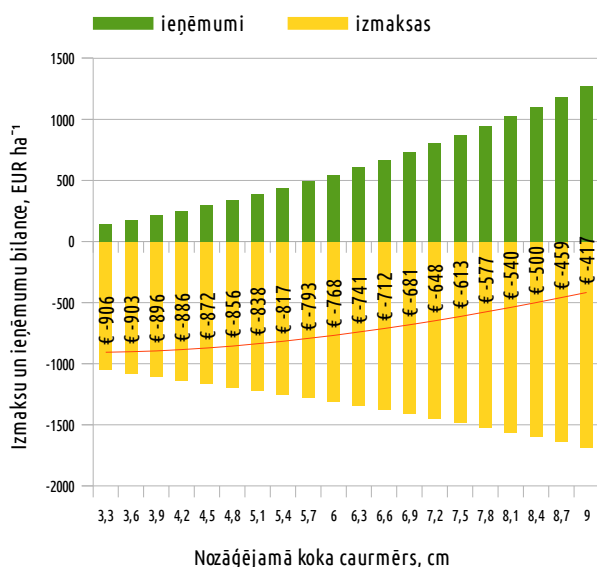
Att. 45: Jūtīguma analīze 3.darba metodei kopšanā izmantojot John Deere 1070 E harvesteru.

Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums

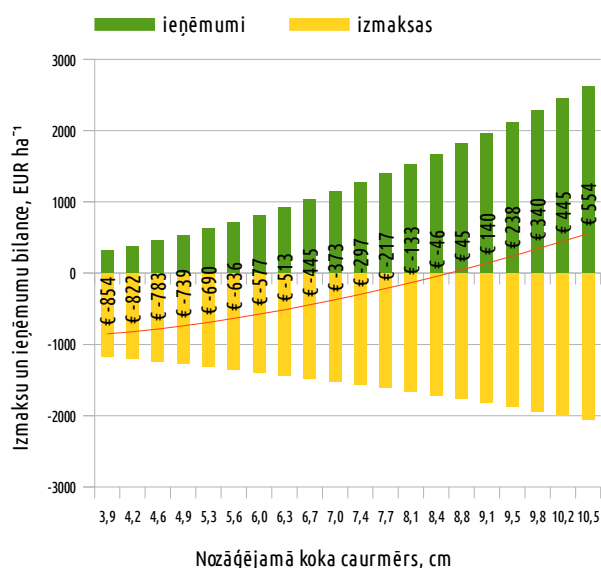
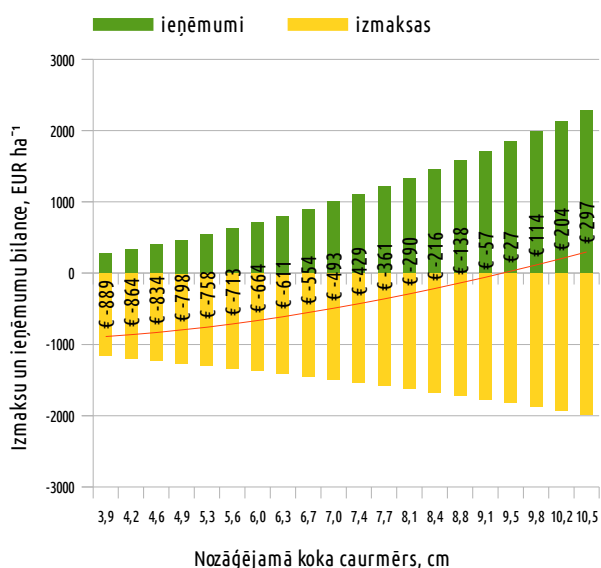
Iegūtie rezultāti parāda, ka, strādājot ar Timbear harvesteru, izmaksu un ieņēmumu bilances nulles punkts 1. darba metodei tiek sasniegts pie nosacījuma, ka tiek izvēlēts šķeldu piegādes scenārijs un vidējā nozāgētā koka caurmērs nav mazāks par 9 cm. Strādājot ar 2. darba metodi, vidējā nozāgētā koka caurmēram jābūt lielākam par 8,4 cm un izvēlētais biokurināmā piegādes scenārijs ir šķeldu piegādes scenārijs. Izmantojot 3. darba metodi, pozitīva bilance iegūstama, arī izmantojot apaļkoku piegādes scenāriju, ja vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir vismaz 9,5 cm, šķeldu piegādes scenārijā - 8,8 cm (Att. 46, Att. 47, Att. 48)



Att. 46: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 1.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (Timbear).



Att. 47: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 2.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (Timbear).

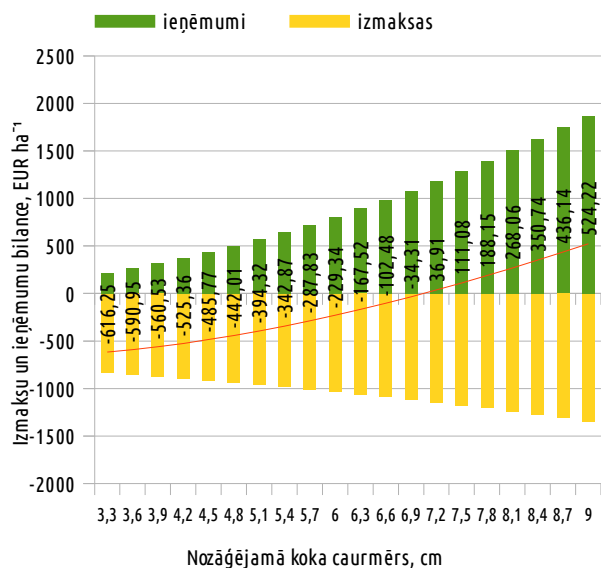
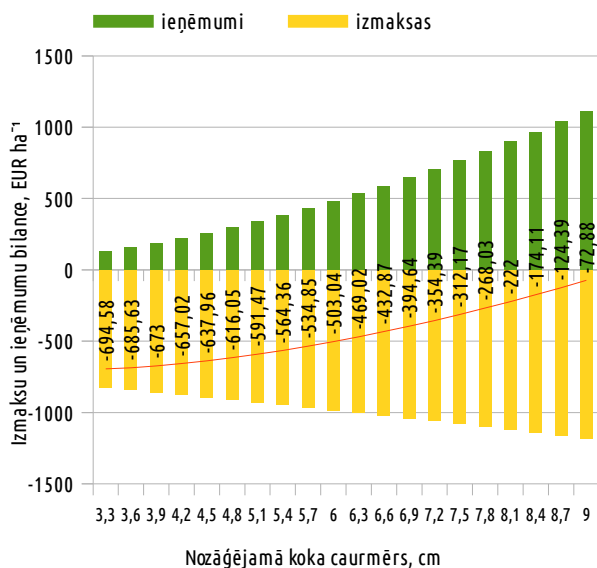


Att. 48: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 3.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (Timbear).

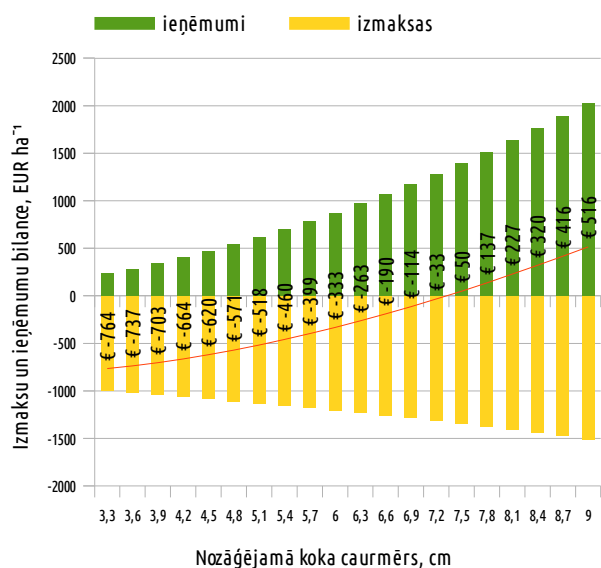
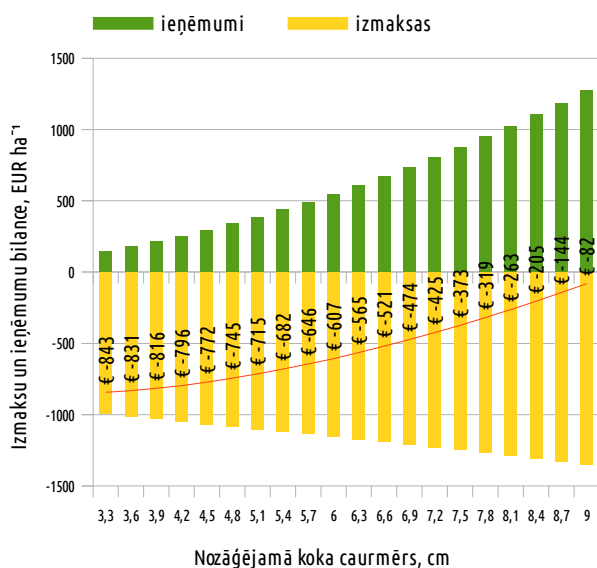
Analizējot iegūtos datus par John Deere harvesteru un salīdzinot darba metodes, pieņemts, ka iegūta sortimentu struktūra ir identiska ar Timbear sagatavoto apaļo kokmateriālu sortimentu struktūrai, strādājot ar konkrēto darba metodi.

Strādājot ar John Deere harvesteru, izmaksu un ieņēmumu bilances nulles punkts 1. darba metodei tiek sasniegts pie nosacījuma, ka izvēlēts šķeldu piegādes scenārijs un vidējā nozāgētā koka caurmērs nav mazāks par 7,2 cm. Strādājot ar 2. darba metodi, vidējā nozāgētā koka caurmēram jābūt lielākam par 7,2 cm un izvēlēts šķeldu piegādes scenārijs. Izmantojot 3. darba metodi, pozitīva bilance iegūstama, arī izmantojot apaļkoku piegādes scenāriju, ja vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir vismaz 8,0 cm, šķeldu piegādes scenārijā – 7,5 cm (Att. 49,

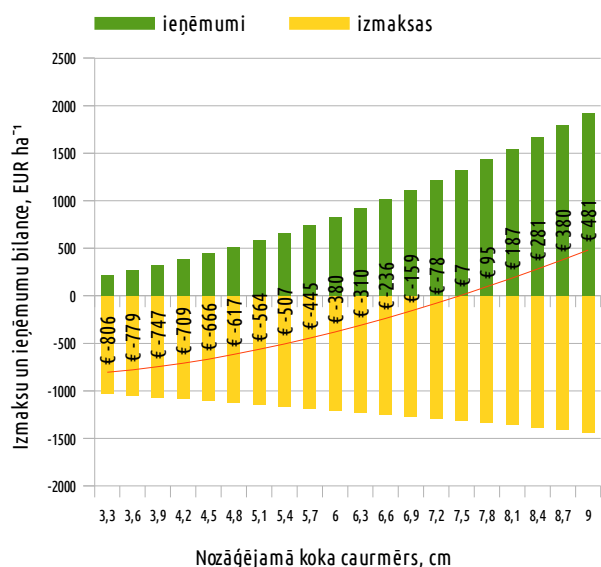
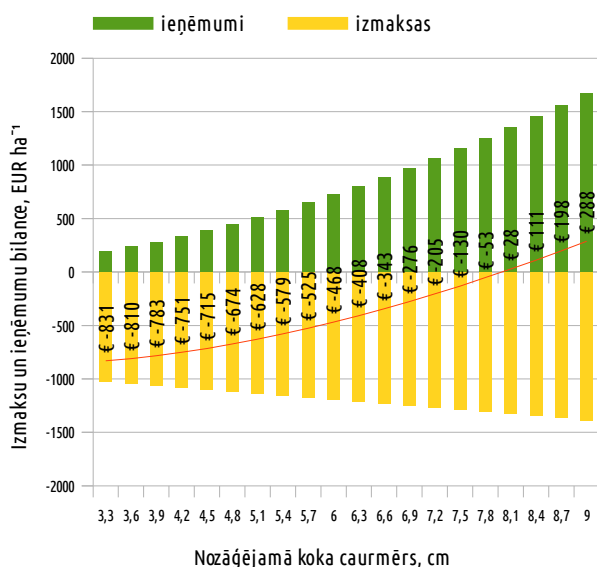
Att. 50 un Att. 51).



Att. 49: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 1.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (John Deere 1070 E).



Att. 50: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 2.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (John Deere 1070 E).



Att. 51: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 3.darba metodei sīkkoku biokurināmā un šķeldu piegādes scenārijā (John Deere 1070 E).

Kopšanas kvalitāte

Paliekošo koku bojājumi

Viens no būtiskākajiem rādītājiem, kas raksturo kopšanas kvalitāti, ir paliekošo koku bojājumi. Paliekošo koku bojājumu kopsavilkums pa darba metodēm dots Tab. 52 un Tab. 53.

Lielākā daļa bojājumu ir stumbra mizas nobrāzumi. Iezāģējumu skaits ir salīdzinoši neliels.

Tab. 52: Paliekošo koku bojājumi ar Timbear koptās audzēs

Darba metode	Bojājuma iemesls	Bojāto koku skaits, gab. ha ⁻¹				
		Bojājums virs 0,5 m	Bojājums zem 0,5 m	Sakņu bojājums	Iezāģējums	Kopā
1.	izstrāde	6	0	0	0	6
	pievešana	1	0	0	0	1
	kopā	7	0	0	0	7
2.	Izstrāde	3	0	0	0	3
	pievešana	1	0	0	0	1
	kopā	4	0	0	0	4
3.	Izstrāde	5	1	1	0	7
	pievešana	1	0	0	0	1
	kopā	6	1	1	0	8
Vidēji	izstrāde	5	0	0	0	5
	pievešana	1	0	0	0	1
	vidēji	6	0	0	0	6

Tab. 53: Paliekošo koku bojājumi ar John Deere koptā audzē

Darba metode	Bojājuma iemesls	Bojāto koku skaits, gab. ha ⁻¹				
		Bojājums virs 0,5 m	Bojājums zem	Sakņu bojājums	Iezāģējums	Kopā

			0,5 m			
1.	izstrāde	5	3	0	1	9
	pievešana	1	0	2	0	3
	kopā	6	3	2	1	12
2.	izstrāde	11	17	1	5	34
	pievešana	3	4	7	0	14
	kopā	14	21	8	5	48
3.	izstrāde	6	5	0	3	14
	pievešana	4	0	1	0	5
	kopā	10	5	1	3	19
Vidēji	izstrāde	7	8	0	3	19
	pievešana	3	1	3	0	7
	vidēji	10	10	4	3	26

Jaunaudzēs, kuras koptas ar Timbear harvesteru, visvairāk bojājumu konstatēti koridoros, kur izmantota 3.darba metode. Kopšanas laikā radītie bojājumi bija galvenokārt stumbra bojājumi virs 0,5 m. Strādājot ar 3.darba metodi, 71 % no konstatētajiem bojājumiem bija stumbra bojājumi virs 0,5 m, 14 % - stumbra bojājumi zem 0,5 m un 14 % sakņu bojājumi.

Pēc pievešanas konstatētie bojājumi bija tikai stumbra bojājumi virs 0,5 m.

Jaunaudzē, kura kopta ar John Deere 1070 E harvesteru, visvairāk bojājumu konstatēti kopšanā izmantojot 2.darba metodi. Strādājot ar 1. darba metodi, 56 % no konstatētajiem bojājumiem bija stumbra bojājumi virs 0,5 m, 33 % - stumbra bojājumi zem 0,5 m, bet 11 % - iezāgējumi. 2. darba metodes izmantošana radījusi visvairāk paliekošo koku bojājumus, 32 % no bojājumiem bija stumbra bojājumi virs 0,5 m, 50 % - stumbra bojājumi zem 0,5 m, 3 % - sakņu bojājumi un 15 % - iezāgējumi. Strādājot ar 3.darba metodi, paliekošo koku stumbra bojājumi virs 0,5 m konstatēti 43 % no bojātajiem kokiem, stumbra bojājumi zem 0,5 m- 36 % no bojātajiem kokiem un iezāgējumi - 21 % no bojātajiem kokiem.

Pēc pievešanas konstatētie bojājumi visvairāk bija tehnoloģiskajos koridoros, kuri izkopti ar 2. darba metodi. 33 % no paliekošo koku bojājumiem pēc pievešanas bija stumbra bojājumi virs 0,5 m bet 67 % no bojātajiem kokiem konstatēti sakņu bojājumi. Pievestajos koridoros, kuri izkopti izmantojot 2. darba metodi, 21 % no bojātajiem kokiem bija koki ar stumbra bojājumiem virs 0,5 m, 29 % - stumbra bojājumiem zem 0,5 m, 50 % - sakņu bojājumiem. Pievedot ar 3.darba metodi izkoptās platības, 80 % no bojātajiem kokiem konstatēti stumbra bojājumi virs 0,5 m, bet 20 % - sakņu bojājumi.

Kopumā ar Timbear izkoptās un pievestās audzēs konstatēti mazāk paliekošo koku bojājumi, nekā ar John Deere izkoptajā un pievestajā audzē. Bojājumu uzskaites datu analīze parāda, ka paliekošo koku bojājumi gan pēc kopšanas gan pievešanas konstatēti mazāk tajās platībās, kurās pamežs pirms jaunaudžu kopšanas uzsākšanas saglabāts. Būtiska darba metodes ietekme uz paliekošo koku bojājumiem vērojama audzē, kurā strādāja John Deere harvesters un pievedējtraktors.

IETEIKUMI PRAKSEI UN SECINĀJUMI

1. Jaunaudžu kopšanā ar Timbear harvardera vidējais produktīvais darba laiks ir 64 % no kopējā darba laika, savukārt, tiešais darba laiks ir vidēji 91 % no produktīvā darba laika, John Deere 1070 E attiecīgi produktīvais darba laiks ir 78 % no kopēja darba laika, bet tiešais darba laiks ir vidēji 97 % no produktīvā darba laika. Iegūtie rezultāti parāda, ka John Deere 1070 E darba efektivitāte ir augstāka, nekā Timbear, kas var būt saistīts ar tehniskām nepilnībām pašā mašīnā un griezējgalvā. Ignorējot neveiksmīgos darba ciklus, abu hatvesteru ražīguma rādītāji ir līdzīgi.
2. Timbear harvesteram vidējais tiešais darba laiks 1 koka apstrādei ir 30 sekundes, John Deere 1070 E – 31 sek. Jaunaudžu kopšanā izmantojot Timbear harvesteru, statistiski būtiskas atšķirības ($p < 0,05$) tiešā darba laika patēriņā 1 koka apstrādei atkarībā no izvēlētajā darba metodes konstatētas netika, bet, izmantojot John Deere 1070 E harvesteru, statistiski būtiskas atšķirības ($p = 0,03$) konstatētas starp 1. un 3. darba metodi (pamežs saglabāts un nozāgēti visi kociņi un krūmi, kas nav resnāki par 5 cm). Trešajā darba metodē salīdzinoši mazāk darba laika tērēts apstrādājot kokus, kuru caurmērs ir virs 7 cm. Pētījuma rezultāti liecina, ka būtisku pameža izzāgēšanas ietekmi uz ražīgumu novēro mazāku dimensiju koku audzēs, kur pameža kategorijā iekļūst lielā daļa kopšanā nozāgējamo valdaudzes koku. Būtisku ražīguma palielinājumu var panākt, palielinot vidējā nozāgējamā koka caurmēru, t.i. strādājot lielāku dimensiju koku audzēs. Timbear harvesteram ieteicams veikt izmēģinājumus ar citām griezējgalvām, lai noskaidrotu bāzes mašīnas un griezējgalvas ietekmi uz ražīguma rādītājiem.
3. Izmēģinājuma ietvaros ar Timbear pievedējtraktoru pievestas 45 kravas, ar John Deere 810 E – 15 kravas. Timbear pievedējtraktora vidējā kravas masa bija 5,1 tonnas dabiski mitra materiāla. John Deere 810 E pievedējtraktoram – 6 tonnas dabiski mitra materiāla. Timebear pievedējtraktoram vidēji 1 kravas pievešanai tērētas 71 minūte produktīvā darba laika, tajā skaitā 1 kravas iekraušanai patērētais produktīvā darba laiks bija 43 minūtes, bet izkraušanai 9 minūtes. John Deere 810 E pievedējtraktoram vienas kravas pievešana aizņēmusi 48 minūtes produktīvā darba laika, vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais produktīvais darba laiks bija 17 min., bet izkraušanai attiecīgi 4 min. Vidējie darba ražīguma rādītāji John Deere 810 E pievedējtraktoram ir labāki, nekā Timbear pievedējtraktoram, kas saistīts ar lielāku kravas apjomu un labākiem ražīguma rādītājiem.
4. Salīdzinot divus biokurināmā piegādes scenārijus un pieņemot, ka pie vienām un tām pašām darba metodēm abu kopšanas tehnikas vienību sagatavoto sortimentu struktūra ir vienāda, kā ekonomiski pamatotāks piegādes scenārijs 1. un 2. darba metodei ir šķeldu piegādes scenārijs. Timbear harvesteram strādājot ar 1. un 2. darba metodi, šķeldu piegādes scenārijā ekonomiskais izdevīgums tiek nodrošināts pie nosacījuma, ka vidējā nozāgētā koka caurmērs ir lielāks par 8,4 un 9 cm, John Deere 1070 E harvesteram, attiecīgi – 7,2 un 7,8 cm. Izmantojot 3. darba metodi un jaunaudžu kopšanu veicot ar Timbear harvesteru, ekonomiski pamatots šķeldu piegādes scenārijs iespējams, ja vidējā nozāgētā koka caurmērs nav mazāks 8,8 cm, bet sīkkoksnes sortimentu piegādes scenārijs, ja vidējā nozāgētā koka caurmērs ir virs 9,5 cm. John Deere 1070 E harvesteram, sagatavojot sortimentus ar 3. darba metodi šķeldu piegādes scenārijs ir ekonomiski pamatots, ja vidējā nozāgētā koka caurmērs ir 7,5 cm, bet, ja vidējā nozāgētā koka caurmērs pārsniedz 8,0 cm, par ekonomiski pamatotu var uzskatīt arī sīkkoksnes piegādes scenāriju.
5. Kopumā ar Timbear izkoptās un pievestās audzēs konstatēti mazāk paliekošo koku bojājumi, nekā ar John Deere izkoptajā audzē. Bojājumu uzskaites datu analīze parāda, ka paliekošo koku bojājumi, gan pēc kopšanas gan pievešanas, mazāk konstatēti tajās platībās, kurās pamežs pirms jaunaudžu kopšanas uzsākšanas saglabāts. Būtiska darba metodes ietekme uz paliekošo koku bojājumiem vērojama audzē, kurā strādāja John Deere harvesters un pievedējtraktors.
6. Pētījuma rezultāti neliecina par pameža zāgēšanas būtisku pozitīvu ietekmi uz ieņēmumu un izdevumu bilanci, attiecīgi, lēmums par pameža zāgēšanu jāpieņem pakalpojumu sniedzējam, rēķinoties ar operatoru kvalifikāciju, laika apstākļiem (sezonu, valdošo sugu) un darba apstākļiem (valdaudzes biezums, darba uzdevums kokmateriālu gatavošanai). Jāņem vērā arī tas, ka harvesteru operators var nozāgēt un iekļāt pameža kociņus ceļos, bet, ja tas jau ir izdarīts ar rokas motor-instrumentiem, pameža kociņu uzslasīšana no zemes var būt laikietilpīgāka.

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. Liepa, I. (1996). *Pieauguma mācība*. Jelgava: LLU.
3. Skogforsk (2011). *Efficient forest fuel supply systems Composite report from a four year R&D programme 2007-2010*. Uppsala Science Park, S-751 83 Uppsala. (978-91-977649-4-0).

LVMi Silava
Rīgas ielā 111, Salaspils, LV-2169