



PIRMĀ ETAPA STARPATSKAITE

PAR PĒTĪJUMU PROGRAMMAS

MEŽA DARBU MEHANIZĀCIJAS UN MEŽA BOKURINĀMĀ
PĒTĪJUMU PROGRAMMA

DARBA UZDEVUMU IZPILDI

Līguma Nr. 5-5.9 003v 101 16 47

Ziņojuma Nr. 2016_02

Ziņojuma veids Etapa starpatskaite

Izpildes termiņš 01.09.2016 - 01.12.2016

Izpildītājs Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir izstrādāt, aprobēt un ieviest praksē inovatīvas tehnoloģijas un darbu plānošanas instrumentus meža tehnikas ietekmes uz vidi mazināšanai, jaunaudžu mašinizētas kopšanas ciršu un galvenās cirtes efektivitātes un ražīguma, koksnes resursu tehniskās un ekonomiskās pieejamības, kā arī meža vērtības palielināšanai. Pētījumu jomas ir:

- i. Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju;
- ii. Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas cirtēs un apauguma novākšanas cirtēs;
- iii. Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas darba metodes kopšanas cirtēs;
- iv. Risinājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos;
- v. Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai;
- vi. Priekšlikumi meža mašīnu operatoru apmācības pilnveidošanai darbam kopšanas cirtēs;
- vii. Mežaudžu augšanas gaitas monitorings 2012.-2015. gados izkoptajās I un II vecumklases audzēs.

Sagaidāmie rezultāti:

- i. Risinājumi konkurētspējīgai mežizstrādei mežos uz augsnēm ar mazu nestspēju;
- ii. Risinājumi mežizstrādes izmaksu un audzes bojājumu samazināšanai jaunaudžu kopšanas cirtēs un meža infrastruktūras objektu apauguma novākšanas cirtēs;
- iii. Degvielas patēriņa samazinājums mežizstrādē un biokurināmā sagatavošanā;
- iv. Ieteikumi meža apsaimniekošanas darbu plānošanas, t.sk. mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas uzlabošanai un kopšanas ciršu izmaksu samazināšanai;
- v. Kopšanas cirtēs nodarbināto meža mašīnu operatoru zināšanu novērtējums un priekšlikumi meža mašīnu operatoru apmācības pilnveidošanai;
- vi. Priekšlikumi jaunaudžu kopšanas ciršu vadlīniju pilnveidošanai;
- vii. Semināri LVM darbiniekiem un pakalpojumu sniedzējiem par pētījumu rezultātiem un atziņām.

Pētījumu programmas izpildes termiņš: 2016. gada 8. marts – 2020. gada 1. decembris.

2016. gadā izveidots risu dziļuma mērīšanas un pievedējtraktora telemetrisko parametru uzskaites iekārtas prototips, kā arī pilnveidota griezes pretestības mērīšanas iekārta tehnoloģisko koridoru un maģistrālo pievešanas ceļu grunts nestspējas novērtēšanai uz organiskām augsnēm. Izmēģinājumi ar šīm iekārtām veikti 2016. gada 2. pusgadā, vienlaicīgi novērtējot arī kravas lieluma ietekmi uz augsnes bojājumiem. Datu ievākšanu plānots pabeigt 2017. gadā, veicot izmēģinājumus sliktos vai ekstremālos pievešanas apstākļos uz organiskām augsnēm. 2016. gadā veikti jaunaudžu kopšanas izmēģinājumi ar mazgabarīta harvesteru Vimek 404T5, kā arī pievedējtraktoriem Kranman Bison 10000, Logbear F4000 un jaunu ProSilva pievedējtraktora prototipu. Izmēģinājumos secināts, ka Vimek harvestera ražīgums,

zāģējot līdz 20 cm resnus kokus, neatpaliek no vidējās klases harvestera ražīguma; attiecīgi, jaunaudžu un 1. krājas kopšanas cirtē Vimek harvesters ir pietiekoši efektīvs un ekonomiski izdevīgs, lai to izmantotu praksē. Kranman pievedējtraktors spēj pievest tik daudz koksnes, cik kopšanas cirtē saražo 3 – 4 strādnieki ar ķēdes zāģiem. Mazā pievedējtraktora galvenās priekšrocības ir mobilitāte, mazais degvielas patēriņš (*zem 2 L stundā*) un salīdzinoši lielā kravnesība (*2,5 tonnas*). Šāda veida pievedējtraktori izmantojami nelielās cirtēs, sanitārajās cirtēs un atsevišķu koku zāģēšanā, kur darbu veic ar ķēdes zāģiem. ProSilva pievedējtraktors izmēģinājumos demonstrēja labus ražīguma rādītājus un minimālu ietekmi uz augsni, taču, ņemot vērā traktora cenu, šādas tehnikas izmantošana var būt efektīva tikai tad, ja to noslogo vismaz 2000 stundas gadā. Logbear F4000 izmēģinājumus plānots pabeigt 2017. gadā, jo, pasliktinoties laika apstākļiem, mežizstrādes darbi eksperimentālajās platībās pārtraukti. Sākotnējie rezultāti apstiprina ka Logbear F4000 ir pietiekoši ražīgs, lai veiktu kokmateriālu pievešanu kopšanas cirtēs ekstremālos apstākļos, taču nepieciešami konstruktīvi uzlabojumi, lai palielinātu traktora tehniskās pieejamības rādītājus. Traktora ražīgumu būtiski samazina gari pievešanas ceļi, tāpēc viens no iespējamajiem uzlabojumiem ir kāpurķēžu piekabes izgatavošana maksimālā kravas apjoma palielināšanai. ProSilva un Logbear F4000 izmēģinājumos konstatēts, ka lielāka uzmanība jāpievērš mežizstrādes atlieku novietošanai uz ceļiem (*paralēli nevis perpendikulāri ceļa garenasij vietās, kur nepieciešama grunts nostiprināšana*), lai samazinātu risu veidošanās risku.

Pētījumā konstatēts, ka saudzīgo padeves veltņu izmantošana būtiski samazina kokmateriālu mehāniskos bojājumus, taču var negatīvi ietekmēt arī mežizstrādes ražīgumu. AS "Latvijas Finieris" visvairāk bojājumu defektu konstatēts uz ārējām finiera loksnēm, kas gatavotas no tievāko dimensiju kokiem. SIA "ASP pluss" konstatēts, ka, veicot mežizstrādi ar saudzīgajiem padeves veltņiem, 1. plūsmā bojāti brākēti 8,2 %, bet 2. plūsmā – 5,2 % mietu. Izmantojot standarta padeves veltņus, 1. plūsmā brākēti 26,7 % mietu, 2. plūsmā – 43,7%. SIA „Rettenmeier Baltic Timber” un SIA „IKEA Industry Latvia Ltd” konstatēts, ka saudzīgo padeves veltņu izmantošana ļauj gandrīz uz pusi samazināt nepieciešamību veikt kvalitātes korekciju.

Pētījumā salīdzināti jaunaudžu taksācijas rādītāji un 2016. gadā pabeigta kritēriju atlase mašīnizētai kopšanai piemēroto jaunaudžu atlasei. Kvalitatīvāku rekomendāciju izstrādāšanai 2017. gadā plānots pārbaudīt publiski pieejamo datu kopu (*Sentinel I un Sentinel II*) pielietošanas iespējas mežizstrādes apstākļu un taksācijas rādītāju precizēšanai, veicot meža audžu atlasī mašīnizētai jaunaudžu kopšanai. Vērtējot augsnes gatavotāju sekošanas datus, izstrādātas sākotnējās rekomendācijas augsnes gatavotāju braukšanas virziena plānošanai, ņemot vērā nogabala formu un reljefu. Rekomendāciju pilnveidošanai turpmākajos gados plānots iegūt empīriskos datus, kas raksturo ūdens filtrāciju atšķirīga granulometriskā sastāva augsnēs, un novērtēt alternatīvu metožu (*sateces vietu analīze*) pielietošanas iespējas augsnes gatavošanas un mežizstrādes plānošanai. Pētījumā salīdzinātas vairākas pārmitro vietu (*ieplaku*) identificēšanas metodes, kā arī veikta eksperimentālo teritoriju analīze ar *fill sink* algoritmu, kuras laikā salīdzinātas teorētiski un empīriski izdalītās ieplakas. Pētījumā izstrādātas metodes algoritmu pielietošanai, kā arī darba uzdevums pētījuma turpmākajiem etapiem, lai uzlabotu rezultātu precizitāti un izstrādātu risinājumus iegūto zināšanu pielietošanai dažādos meža apsaimniekošanas etapos.

Pētījums veikts Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava" (*LVMI Silava*) sadarbībā ar aģentūru "Meža pētīšanas stacija", SIA "Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts" u.c. uzņēmumiem. Empīrisko datu iegūvi, analīzi un starpziņojuma sagatavošanu nodrošināja LVMI Silava darbinieki I. Sietiņa, M. Okmanis, G. Spalva, K. Polmanis, G. Rozītis, D. Lazdiņa, G. Petaja, A. Butlers, G. Saule, L. Saule, Z. Saule, D. Purviņa, U. Skola, A. Zvirgzdiņš, Z. A. Zvaigzne, A. Lazdiņš.

SUMMARY

The aim of the research is elaboration, approbation and practical implementation of innovative technologies and work planning instruments to decrease environmental impact of forest machinery and to improve efficiency of mechanized thinning of young stands, as well as the final felling; to increase productivity, technical and economic accessibility of wood resources and forest value. Research areas:

- i. Mechanization of forest operations on soils with low load capacity;
- ii. Small and non-standard logging machines in thinnings and plant cover removal stands;
- iii. Work preparation methods of biofuel and roundwood in thinning;
- iv. Solutions for decreasing fuel consumption in forest operations;
- v. Suggestions for improvement of preparation of technological logging maps;
- vi. Suggestions to improve education for forest machine operators, who work in thinning;
- vii. Forest stand growth monitoring of age classes I and II, thinned during the period 2012-2015.

The expected research results:

- i. Solutions for competitive logging in forests on soils with low load capacity;
- ii. Solutions to reduce logging costs and stand damages;
- iii. Decrease of fuel consumption in logging and preparation of biofuel;
- iv. Suggestions for improvement of forest management planning, including preparation of technological logging maps, and decreasing thinning costs;
- v. Knowledge assessment of forestry machine operators, who work in thinning, and suggestions for improvement of education for forestry machine operators;
- vi. Suggestions for improvement of guidelines of new stand thinning;
- vii. Workshops for staff of the Joint stock company "Latvia's State forests" and service providers about research results and conclusions.

The programme duration: March 8, 2016 – December 1, 2020.

There were several activities implemented during 2006. In cooperation with the company "Mītavas roboti" the prototype of ultrasonic equipment for measurement and monitoring of formation of rut depth and telemetry of forwarders was elaborated. The earlier developed equipment for measurement of tension (*bearing capacity of strip roads*) was improved and patented so that the equipment can be used on slash roads and results are comparable with the study results in Finland. Both sets of equipment are tested in November, 2016 in conjunction with forwarder load impact studies. It is planned to complete the study in 2017 by obtaining data in forest stands with bad or extreme forwarding conditions. Several studies with small and non-conventional forest machines were implemented in 2016. From February to August productivity of Vimek 404T5 harvester were studied in different types of early thinning,

in parallel to these studies productivity and durability of Kranman Bison 10000 forwarder was evaluated in long term (*700 hours*) trials, and productivity of Logbear F4000 and semi-tracked ProSilva forwarders were evaluated in short term trials. The time studies approved that Vimek harvester isn't behind medium size harvesters in terms of productivity while processing up to 20 cm thick trees. Respectively, it is the most efficient and economically feasible machine in early and the 1st commercial thinning, when compared to other concepts evaluated within the scope of the research programme since 2013. It is recommend to use this machine in practice in thinnings. Productivity of Kranman forwarder corresponds to productivity of 3-4 workers with chainsaws in thinning. The main benefits of the small forwarder are mobility (*it can be transported with ordinary car on trolley*), small fuel consumption (*below 2 L hour⁻¹*) and comparably high load capacity (*2,5 tonnes*). This kind of forwarders is suitable for small felling sites, sanitary fellings, felling of single trees and all other types of fellings where chainsaws are used. Long transport distances are not suitable for Kranman forwarder. New ProSilva forwarder demonstrated good productivity figures and minimal impact on soil; however, considering price of forwarder, it should be continuously employed to be efficient (*at least 2000 productive hours per year*). The initial results approve that Logbear F4000 forwarder is suitable for extraction of roundwood from stands with extreme forwarding conditions; however, improvements are necessary in construction of the machine to increase the technical accessibility. Efficiency of this machine is considerably reduced by long forwarding distances, where tracked trailer would be beneficial addition. It is found in ProSilva and Logbear trials that additional attention should be paid to arrangement of harvesting residues on strip roads (*should be in parallel to a longitudinal axis*) to avoid formation of ruts.

According to the study results utilization of feed rollers with adapting plates significantly reduces damages of the timber materials, but they can also lead to reduction of productivity of the harvesting. In "Latvijas Finieris" company significant reduction of damages due to use of the adapting plate feed rollers were found on the sheets produced from small dimension logs. In "ASP pluss" company it is found that harvesting with the adapting plate feed rollers, share of defective poles after 1st processing is 8,2 % and after 2nd processing – 5,2 %. Using standard feed rollers the numbers are, respectively, 26,7 % and 43,7%. In „Rettenmeier Baltic Timber” and „IKEA Industry Latvia Ltd” it was found that the application of the adapting plate feed rollers lead to 50 % reduction of the use of quality corrections due to stem damage.

The criteria for selection of young stands suitable for mechanized thinning were evaluated during the study and it is planned to complete the proposal for the updated criteria in 2017 by use of auxiliary data (*Sentinel I and Sentinel II*) to increase accuracy of selection of the stands. Following to results of evaluation of tracking data from soil scarification units the recommendations for planning of the driving direction during soil scarification and commercial thinning was elaborated considering shape and terrain of the compartment. It is planned to obtain measurement data on soil water filtration speed and to evaluate other planning tools (*outflow analysis*) during following project stages. Several methods of identification of wet soils (*depressions*) at a compartment or a block level are evaluated during the study. The wet soil maps are elaborated for several compartments using *fill sink* method to compare modeled and actual location of the wet areas. The guidelines for application of the evaluated methods were

elaborated, as well as the development roadmap for the further project stages to implement obtained results in practice and to increase accuracy of the modeling.

Research is conducted in Latvian State forest research institute "Silava" (*LSFRI Silava*) in a collaboration with agency "Forest research station", Limited liability company "Forest and Wood Products Research and Development Institute", Joint stock company "Latvia's State Forests" and other companies. Empirical data collection, analysis and preparation of interim report were provided by LVMI Silava staff I. Sietiņa, M. Okmanis, G. Spalva, K. Polmanis, G. Rozītis, D. Lazdiņa, G. Petaja, A. Butlers, G. Saule, L. Saule, Z. Saule, D. Purviņa, U. Skola, A. Zvirgzdiņš, Z. A. Zvaigzne, A. Lazdiņš.

Saturs

Kopsavilkums	2
Summary	5
2016. gada darba uzdevumi	11
Darba uzdevumu izpildes gaita 2016. gadā	14
Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju	14
Aprīkojuma prototipa izgatavošana ietekmes uz augsni un citu harvesteru un pievedējtraktora parametru mērīšanai tiešsaistes režīmā	14
Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas cirtēs un apauguma novākšanā	17
Pievedējtraktora Kranman Bison 10000 6WD izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā uz augsnēm ar mazu nestspēju	17
Jaunā ProSilva pievedējtraktora prototipa izmēģinājumi kopšanas cirtēs Somijā uz augsnēm ar mazu nestspēju.....	29
Pievedējtraktora Logbear F4000 izmēģinājumi uz augsnēm ar mazu nestspēju.....	33
Harvesteru Vimek 404 T6 izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā	36
Risīnājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos	50
Padeves veltņu ietekmes uz ražīgumu, degvielas patēriņu un kokmateriālu kvalitāti novērtējums	50
Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai	54
Audžu atlases kritēriju izvērtēšana mašīnizētai jaunaudzju kopšanai.....	54
Augsnes sagatavošanas iekārtu ģeogrāfiskās informācijas sistēmu datu analīze.....	58
Metodikas aprobācija pārmitro platību identificēšanai izmantojot aero lāzerskenēšanas datus	59
Priekšlikumi turpmākajos gados pētījumu programmā iekļaujamajiem uzdevumiem	67
Literatūra	73

Attēli

Att. 1: Vadības programmas saskarsmes logs, kas parāda visu sensoru stāvokli.	15
Att. 2: Iekārtas ultraskaņas sensoru bloks pirms un pēc uzstādīšanas uz traktora kuleņiem.....	16
Att. 3: GPS sekošanas un vibrācijas mērījumu datu piemērs.....	16
Att. 4: Manuāli apstrādāti dati 100 m garā tehnoloģiskā koridora posmam, pa kuru pievestas 5 kravas.....	17
Att. 5: Kranman Bison 10000 pievedējtraktors.	18
Att. 6: Strādnieku ar ķēdes zāģi darba ražīgums, zāģējot skujkokus.	21
Att. 7: Strādnieku ar ķēdes zāģi darba ražīgums, zāģējot lapkokus.....	22
Att. 8: Strādnieka ar ķēdes zāģi darba laika sadalījums, gāžot skujkokus.....	22
Att. 9: Mežizstrādes ar Vimek harvesteru ražīgums, zāģējot skujkokus.....	24
Att. 10: Mežizstrādes ar Vimek harvesteru ražīgums, zāģējot lapkokus.....	24
Att. 11: Ar harvesteru nozāģēto koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs.....	25
Att. 12: Bojāto koku īpatsvars, strādājot ar ķēdes zāģi un harvesteru.....	26
Att. 13: Bojāto koku īpatsvara un tehnoloģisko koridoru blīvuma sakarība.....	27
Att. 14: Bojāto koku īpatsvars atkarībā no saglabājamo koku skaita.....	27
Att. 15: Pievešanas attāluma ietekme uz kokmateriālu pašizmaksu.....	28
Att. 16: Kranman Bison 10000 pievedējtraktors sīkkoku pievešanā.....	29
Att. 17: ProSilva pievedējtraktors.....	30

Att. 18: ProSilva konstrukcijas priekšrocības.....	30
Att. 19: Tehnikas noslodzes ietekme uz kokmateriālu pievešanas pašizmaksu.....	31
Att. 20: Zaru ieklāšana ceļos – problēma arī Somijā.....	32
Att. 21: Logbear piededējtraktors.....	33
Att. 22: Pievešanas pašizmaksa atkarībā no pievešanas attāluma.....	34
Att. 23: Logbear kravu svēršana.....	35
Att. 24: Logbear piekare nevar nodrošināt vienmērīgu slodzes sadalījumu uz visām asīm.....	35
Att. 25: Zaru ieklāšana ceļos.....	36
Att. 26: Vimek 404T5 harvesteri.....	37
Att. 27: Vimek 404T5 harvestera griezējgalva.....	37
Att. 28: Nozāģēto koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs visās audzēs.....	38
Att. 29: Vidējie ražīguma rādītāji atkarībā no zāģējamo koku caurmēra.....	39
Att. 30: Vidējie ražīguma rādītāji, pārrēķinot uz stumbra tilpumu.....	39
Att. 31: Darba ražīgums, zāģējot lapkoku un skujkoku audzes.....	40
Att. 32: Darba ražīgums pavasara un vasaras izmēģinājumos skujkoku audzēs.....	41
Att. 33: Pameža ietekme uz ražīgumu.....	41
Att. 34: Meža atjaunošanas veida ietekme uz ražīgumu.....	42
Att. 35: Darba ražīgums, zāģējot dažādu sugu kokus.....	42
Att. 36: “Spoku ceļu” skaita ietekme uz ražīgumu.....	43
Att. 37: Darba ražīguma salīdzinājums dažādos izmēģinājumos.....	43
Att. 38: Harvestera un strādnieku ar ķēdes zāģi darba ražīguma salīdzinājums.....	44
Att. 39: Darba ražīguma salīdzinājums bērza plantācijās un skujkoku audzēs.....	44
Att. 40: Darba laika elementu sadalījums, atkarībā no zāģējamā koka caurmēra.....	45
Att. 41: Darba ražīguma rezultātu salīdzinājums ar citām mežizstrādes mašīnām.....	46
Att. 42: Kokmateriālu pašizmaksa atkarībā no mežizstrādē izmantotās tehnikas.....	46
Att. 43: Ar ķēdes zāģi un vidējās klases harvesteru izkoptas mežaudzes salīdzinājums satelītuizvējumā.....	47
Att. 44: Zāģējamo koku dimensiju ietekme uz kokmateriālu pašizmaksu.....	48
Att. 45: Tehnikas noslodzes ietekme uz kokmateriālu pašizmaksu.....	48
Att. 46: Ievērojumu un izdevumu analīze, zāģējot dažādu dimensiju kokus.....	49
Att. 47: Saudzīgā padeves veltņi.....	51
Att. 48: Padeves veltņu darbības laiks 1 koka apstrādei atkarībā no koka caurmēra.....	51
Att. 49: Vidējie ražīguma rādītāji atkarībā no koka caurmēra.....	52
Att. 50: Harvestera padeves veltņu radītie bojājumi.....	53
Att. 51: Koku augstuma un mežaudžu vecuma salīdzinājums egļu audzēs.....	56
Att. 52: Koku caurmēra un mežaudžu vecuma salīdzinājums egļu audzēs.....	56
Att. 53: Koku skaita un mežaudžu vecuma salīdzinājums egļu audzēs.....	57
Att. 54: Krājas un mežaudžu vecuma salīdzinājums egļu audzēs.....	57
Att. 55: Sākotnējie augsnes apstrādes kustības plānošanas ieteikumi.....	59
Att. 56: DTW kartēšanas principi.....	61
Att. 57: DTW kartes piemērs.....	62
Att. 58: Parauglaukumu izvietojums.....	63
Att. 59: Raksturīgs ar fill sink metodi izdalītu iepakņu piemērs.....	64
Att. 60: Koku augstuma atšķirības kontroles parauglaukumos un laukumos, kas ierīkoti iepakņās.....	65
Att. 61: Valdošās sugas kontroles parauglaukumos un laukumos, kas ierīkoti iepakņās.....	65
Att. 62: Ar fill sink metodi izdalītas teritorijas, kur lietderīgi veidot ievalkas.....	66
Att. 63: Potenciāli problemātiska teritorija, kur iepakņu izdalīta platība, kas robežojas ar meliorācijas grāvi.....	66

Tabulas

Tab. 1: Darba uzdevumi 2016. gadā.....	11
Tab. 2: Risu veidošanās un tehnikas telemetrisko parametru monitoringa iekārtas specifikācija.....	14
Tab. 3: Izmēģinājumos izkoptās audzes – raksturojums pirms mežizstrādes	18
Tab. 4: Izmēģinājumos izkoptās audzes, kurās veikta darba laika uzskaitē – raksturojums pēc mežizstrādes	18
Tab. 5: Strādnieku ar ķēdes zāģiem darba ražīgums dažādās audzēs (laiks min. m-3).....	19
Tab. 6: Izstrādātā apjoma un koku dimensiju raksturojums dažādās audzēs.....	19
Tab. 7: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums mežaudžu griezumā	20
Tab. 8: Dažādu operatoru ražīguma rādītāju kopsavilkums	20
Tab. 9: Darba ražīguma salīdzinājums, zāģējot dažādu sugu kokus ar ķēdes zāģiem (min. m-3)	20
Tab. 10: Izstrādātā apjoma un koku dimensiju raksturojums koku sugu griezumā.....	21
Tab. 11: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums koku sugu griezumā.....	21
Tab. 12: Darba ražīguma salīdzinājums dažādās audzēs, strādājot ar harvesteru (min. m-3).....	23
Tab. 13: Izstrādātā apjoma un koku dimensiju raksturojums mežaudžu griezumā	23
Tab. 14: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums mežaudžu griezumā	23
Tab. 15: Pievedējtraktora ražīguma rādītāju kopsavilkums mežizstrādes paņēmieni griezumā (laiks, min. kravai).....	25
Tab. 16: Pievedējtraktora ražīguma rādītāju kopsavilkums	25
Tab. 17: Pievešanas ražīguma rādītāji	31
Tab. 18: Izmēģinājumos izkopto audžu raksturojums	39
Tab. 19: Ražīguma rādītāju kopsavilkums	51
Tab. 20: Mežaudžu atlases kritēriji	54
Tab. 21: Biokurināmā resursi jaunaudžu kopšanas cirtēs atbilstoši Valsts meža fonda datiem	54
Tab. 22: Biokurināmā resursi jaunaudžu kopšanas cirtēs dažādos atlases variantos	55
Tab. 23: Apsekotās mežaudzes.....	62
Tab. 24: Priekšlikumi turpmāko gadu izpētes programmai	68

2016. GADA DARBA UZDEVUMI

2016. gada darba uzdevumi apkopoti Tab. 1. 2016. gadā īstenotas darbības visās pētījumu programmas prioritārajās jomās, izņemot apmācības aktivitātes, lai gan ārējo pakalpojumu sniedzēju piesaistīšana nodrošināja to, ka izmēģinājumos piedalījās mežizstrādes mašīnu instruktori, kas iegūto pieredzi izmantos citu operatoru apmācības procesā. Mežizstrādes mašīnu instruktoru iesaistīšana izmēģinājumos īpaši svarīga tajās aktivitātēs, kur notiek mazās un nestandarta tehnikas testēšana, kas līdz šim Latvijā nebija pieejama.

Kopumā darba uzdevumi izpildīti atbilstoši pētījumu programmas laika grafikam, taču atsevišķu aktivitāšu izpildē aizkavēja tehnikas pieejamība vai nepiemēroti laika apstākļi.

Tab. 1: Darba uzdevumi 2016. gadā

Darba uzdevums	Veicamās darbības un darba apjoms	Nodevumi	Izmaiņas un to pamatojums
Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju:			
Aprīkojuma prototipa izgatavošana ietekmes uz augsni un citu harvesteru un pievedējtraktora parametru mērīšanai tiešsaistes režīmā	Izveidot ultraskaņas sensoru sistēmas prototipu, kas mēra attālumu starp sensoru un zemi, parādot risu veidošanās dinamiku telpā un laikā. Iekārtas konstrukcijas pamatā izmantot somu mežzinātnieku institūtā Luke izstrādāto risu dziļuma mērīšanas koncepciju	Prototips aprīkojumam, ar ko tiešsaistes režīmā mērīt harvesteru un pievedējtraktora radīto ietekmi uz augsni un citus parametrus	Darba uzdevums izpildīts atbilstoši plānam
	Pilnveidot vērpes pretestības noteikšanas iekārtu, papildinot to ar dinamometrisko atsļēgu, kas mēra ne tikai spēku, bet arī pagrieziena leņķi	Pilnveidota iekārta vērpes pretestības mērīšanai	Darba uzdevums izpildīts atbilstoši plānam
	Veikt izmēģinājumus ar izgatavotajām iekārtām atsevišķās eksperimentālās platībās, nosakot risu veidošanās gaitu, kā arī augsnes vērpes un penetrācijas pretestību, kā arī augsnes mitrumu un risu dziļumu pēc kokmateriālu pievešanas	Ziņojums par izmēģinājumu rezultātiem. Prezentācija AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem	Darba uzdevums izpildīts atbilstoši plānam, lietderīgi organizēt prezentāciju arī lauka apstākļos, parādot telemetrisko datu nolasīšanu praksē
Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas (vēlīnas sastāva un agrīnas krājas) cirtēs un apauguma novākšanā:			
Pievedējtraktora Kranman Bison 10000 6WD izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā uz augsnēm ar mazu nestspēju	Noskaidrot Kranman Bison 10000 6WD pielietošanas iespējas kopšanas cirtēs mežaudzēs ar optimāliem un sliktiem pievešanas apstākļiem, kā arī atkarībā no meža atjaunošanas paņēmienu, tajā skaitā noteikt ražīgumu, vidējo kravu, kustības ātrumu, kā arī ražošanas izmaksas. Izmēģinājumus veikt Meža pētīšanas stacijā, veicot kopšanas cirtes ar rokas motorinstrumentiem (gatavojamo kokmateriālu veidu skaits samazināts līdz 3 – biokurināmais, papīrmalka un tara vai sīkbaļķi).	Ziņojums par izmēģinājuma rezultātiem, tajā skaitā tehnisko risinājumu un darba metožu izpētes rezultātu ziņojums. Ieteikumi pētījuma rezultātu ieviešanai praksē. Prezentācija AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem.	Darba uzdevums izpildīts atbilstoši plānam, noslēguma ziņojums ir sagatavojams stadijā
Jaunā ProSilva pievedējtraktora prototipa izmēģinājumi kopšanas cirtēs Somijā uz augsnēm ar mazu nestspēju	Notestēt vidējās klases ProSilva pievedējtraktora prototipu, kura priekšējās kāpurķēdes aizstātas ar lielām riepām, nodrošinot tikpat lielu saskares virsmas laukumu, lielāku mobilitāti un būtiski mazāku mašīnas masu, tajā skaitā noteikt ražīgumu un ražošanas izmaksas, balstoties uz mežizstrādātāju un mašīnu ražotāju sniegto informāciju par iegādes un uzturēšanas izmaksām. Izmēģinājumi veicami Somijā, 5 dienas, paralēli fiksējot augsnes nestspēju un bojājumus, lai iegūtie dati būtu salīdzināmi ar Latvijā veikto pētījumu rezultātiem.	Ziņojums par izmēģinājuma rezultātiem, t.sk. ieteikumi pētījuma rezultātu ieviešanai praksē	Darba uzdevums izpildīts atbilstoši plānam
Pievedējtraktora Logbear F4000 izmēģinājumi uz augsnēm ar mazu nestspēju	Izmēģināt pievedējtraktoru Logbear F4000, lai noskaidrotu ar kāpurķēdēm aprīkotu pievedējtraktoru pielietošanas iespējas kopšanas cirtēs mežaudzēs ar sliktiem un ekstremāliem pievešanas apstākļiem (<i>Kp un Ks, Dms vai Mrs un Grs meža tipi</i>), tajā skaitā noteikt ražīgumu, degvielas patēriņu, vidējo kravu, kustības ātrumu, kā arī ražošanas izmaksas, balstoties uz mežizstrādātāju un mašīnu ražotāju sniegtajai informācijai par izmaksām. 2016. gadā izmēģinājumus veikt ziemā un vasarā.	Ziņojums par izmēģinājuma rezultātiem, t.sk. ieteikumi pētījuma rezultātu ieviešanai praksē. Prezentācija AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem.	Darba uzdevums ir izpildes stadijā. Aizkavēšanās saistīta ar laika apstākļu pasliktināšanos, kas liedza savlaicīgi uzsākt mašīnizēto mežizstrādi izmēģinājumu objektos. Darba uzdevumu plānots pabeigt 2017. gadā.

Darba uzdevums	Veicamās darbības un darba apjoms	Nodevumi	Izmaigas un to pamatojums
Harvestera Vimek 404 T6 izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā	Novērtēt mazās klases harvestera Vimek 404 T6 piemērotību darbam kopšanas cirtēs Latvijas apstākļos, tajā skaitā noteikt ražīgumu un ražošanas izmaksas, balstoties uz mežizstrādātāju un mašīnu ražotāju sniegtajai informācijai par izmaksām. Izmēģinājumos plānots gatavot ierobežotu skaitu kokmateriālu veidu. Izmēģinājumus veicami kopšanas cirtēs uz augsnēm ar optimālu un sliktu nestspēju, t.sk. stādītās, sētās un dabiski atjaunotās mežaudzēs. Izmēģinājumu ilgums – vismaz 3 mēneši, tajā skaitā 1 mēnesis – adaptācijas periods operatoriem, kura laikā 2-4 dienas veicama darba laika uzskaitē.	Ziņojums par izmēģinājuma rezultātiem, t.sk. ieteikumi pētījuma rezultātu ieviešanai praksē. Prezentācija AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem.	Darba uzdevums izpildīts atbilstoši plānam, noslēguma ziņojums ir sagatavošanas stadijā, papildinot aprēķinus ar informāciju, kas nepieciešama ražošanas plānošanai
Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas metodes kopšanas cirtēs:			
Kravu lieluma ietekme uz pievešanas ražīgumu un augsnes bojājumiem kopšanas cirtēs	Noskaidrot kravu lieluma ietekmi uz ražīgumu pievešanā sliktos un ekstremālos apstākļos, tajā skaitā novērtēt ražīgumu, degvielas patēriņu, kravas lielumu, kā arī iegūt sākotnējo informāciju par ietekmi uz augsni atkarībā no darba metodes. Izmēģinājumos salīdzināt 2 darba metodes – maksimāli lielu kravu veidošana (<i>ņemot vērā ķēžu masu</i>) un kravas, kuras veido atbilstoši esošajai ražošanas praksei. Izmēģinājuma kopējais apjoms – vismaz 600 m ³ (300 m ³ katrā variantā). Izmēģinājumus veikt galvenajā cirtē, imitējot kopšanas cirtes tehnoloģisko koridoru izvietojumu un darba metodi. Pētījumā ievākt informāciju par augsnes nestspēju: <ul style="list-style-type: none"> a) "sliktākās" vietas nestspēja – sakņu noturība un zaru seguma kvalitāte problemātiskajās vietās; b) tehnikas slodze uz augsni (<i>kravas lielums, mašīnas pašmasa, riteņu vai ķēžu virsmas laukums, nogāzes slīpums, iegrieme un slodzes sadalījums starp riteņiem</i>). 	Ziņojums par izmēģinājuma rezultātiem, ieteikumi pētījuma rezultātu ieviešanai praksē, Prezentācija AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem	Darba uzdevums ir izpildes stadijā. Pētījumam piedāvātā audze ir uz minerālaugšnes ar labu nestspēju, tāpēc risē neveidojas vai ir seklas, tāpēc nevar pārbaudīt kravas lieluma ietekmi uz risu veidošanos smagos pievešanas apstākļos. Izmēģinājums jāatkārto 2017. gadā nogabalā ar sliktu augsnes nestspēju (<i>uz organiskas augsnes</i>)
Risinājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos:			
Automatizētās degvielas patēriņa uzskaites sistēmu monitorings 3 tehnikas komplektiem	Vismaz 3 mēnešus veikt degvielas patēriņa uzskaiti ar automatizēto degvielas patēriņa uzskaites sistēmu 3 tehnikas komplektiem (<i>harvesters un pievedējtraktors</i>) ar atšķirīgu dzinēju jaudu, apkopojot datus par mežizstrādes apstākļiem, sagatavotajiem kokmateriāliem, nozāģēto koku taksācijas rādītājiem (<i>šo informāciju sniedz AS "Latvijas valsts meži"</i>) un degvielas patēriņu. Apkopot datus par degvielas patēriņu no izmēģinājumiem citās pētījumu programmas jomās.	Ziņojums par degvielas uzskaites izmēģinājumu rezultātiem, tajā skaitā kopsakarību analīze un priekšlikumi turpmākajos etapos veicamajiem izmēģinājumiem degvielas patēriņa samazināšanas iespēju izvērtēšanai	Darba uzdevuma izpilde uzsākta, iznomājot degvielas uzskaites iekārtu projekta vajadzībā un izmantojot LVMI Silava jau pieejamās iekārtas. Darba uzdevuma izpildi aizkavē uzņēmēju nepietiekošā motivācija dalīties ar datiem, kā arī tirgū pieejamo degvielas patēriņa datu uzkrāšanas servisu nepiemērotība pētnieciskām vajadzībām. Jautājumu plānots risināt, izgatavojot datu logerus, kas atradīsies tehnikā, nodrošinot visu nepieciešamo informāciju gan par tehnikas atrašanās vietu, gan par degvielas patēriņu
Padeves veltņu ietekmes uz ražīgumu, degvielas patēriņu un kokmateriālu kvalitāti novērtējums	Mežizstrādes darba laika uzskaitē pasūtītāja izraudzītās audzēs vismaz 3 padeves veltņu tipiem (<i>darba laika uzskaitē ietverama vismaz 140-150 m³ kokmateriālu sagatavošana katrā variantā</i>), tajā skaitā ražīguma, produktīvā darba laika īpatsvara un degvielas patēriņa novērtējums	Ziņojums par izmēģinājumu rezultātiem, tajā skaitā padeves veltņu tipa, ražīguma un degvielas patēriņa kopsakarību analīze	Darba uzdevums izpildīts atbilstoši plānam
Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai:			
Audzū atlasē kritēriju izvērtēšana mašīnizētai jaunaudzū kopšanai	Pilnveidot mežaudzū atlasē kritērijus, kurus pašreiz izmanto AS "Latvijas valsts meži" mašīnizētai biokurināmā sagatavošanai jaunaudzū kopšanas cirtēs, tajā skaitā: <ul style="list-style-type: none"> katrā LVM mezsaimniecībā izveidot 3 sarakstus ar atšķirīgu sākotnējā audzes biežuma kritēriju (<i>vismaz 2500 koki ha⁻¹, vismaz 2000 un vismaz 1700 koki ha⁻¹</i>); no sagatavotajiem sarakstiem izveidot pietiekoši reprezentablas nejauši izraudzītu mežaudžu paraugkopas un tās apsekot (<i>noteikt faktiskās taksācijas rādītājus un novērtēt biokurināmā sagatavošanas iespējas, veicot mašīnizētu mežizstrādi</i>); sagatavot priekšlikumus par mašīnizēto kopšanu (<i>kur</i> 	Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā pilnveidoti audzū atlasē kritēriji un mežaudzes informatīvu semināru organizēšanai 2017. gadā	Darba uzdevums izpildīts atbilstoši plānam, audzū atlasē kritērijus plānots pabeigt 2017. gadā iegūstot papildus datus par reljefa modeļu, koku augstuma un radara (SAR) datu kopsakarībām precīzāki koku augstuma raksturošanai

Darba uzdevums	Veicamās darbības un darba apjoms	Nodevumi	Izmaiņas un to pamatojums
	<p>var, kur nevar, plānotais kokmateriālu iznākums), kā arī izvēlēties raksturīgākās audzes kopīga semināra organizēšanai par audžu atlasī un par darba uzdevumiem kopšanā.</p>		
<p>Augsnes sagatavošanas iekārtu ģeogrāfiskās informācijas sistēmu datu analīze</p>	<p>Identificēt raksturīgākās augsnes gatavošanas shēmas (<i>augšnes gatavošanas virziens, manevru skaits atkarībā no nogabala konfigurācijas un meža tipa un manevrēšanas joslas platums</i>); novērtēt ražīgumu atkarībā no augšanas apstākļiem (<i>ja augsnes sagatavošanas ģeogrāfiskā informācija satur laika atzīmes</i>); izveidot optimālas kopšanas cirtes tehnoloģisko koridoru kartes nejauši atlasītai atjaunoto platību paraugkopai (<i>60 objekti – uz māla un smilšmāla augsnēm Gr, Vr un Ap meža tipos un mālsmilts augsnēm Dm, Ln un As meža tipos</i>) ar augsnes sagatavošanas ģeogrāfisko informāciju, izmantojot augsnes gatavotāja uzkrātos reljefa datus (<i>ja pieejami</i>) vai veidojot vienkāršotu reljefa modeli uz esošo topogrāfisko karšu (<i>1:10000 vai 1:25000</i>) bāzes vai aero lāzerskenēšanas datus; pilnveidot augsnes sagatavošanas shēmu iepriekš atlasītajā meža atjaunošanas objektu paraugkopā atbilstoši kopšanas cirtņu tehnoloģisko koridoru shēmai un papildus novērtēt manevru skaita un kopējā nobraucamā attāluma izmaiņas.</p>	<p>Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā augsnes gatavotāja manevrēšanas ietekmes uz ražīgumu un papildus darba laika patēriņa novērtējums, optimizējot augsnes gatavošanas shēmu</p>	<p>Darba uzdevums izpildīts atbilstoši plānam</p>
<p>Metodikas aprobācija pārmitro platību identificēšanai izmantojot aero lāzerskenēšanas datus</p>	<p>Izraudzīties meža atjaunošanas objektus (<i>8-10 gadus vecas egles jaunaudzes, kopā līdz 30 ha, auglīgos slapjajņos un āreņos, kur veikta mērķtiecīga meža atjaunošana stādīt un kurām ir pieejami aero lāzerskenēšanas dati</i>) reljefa un meža atjaunošanas rezultātu kopsakarību novērtēšanai un pārmitro vietu identificēšanas algoritmu pārbaudei; sadarboties ar Zviedrijas mežu institūta Skogforsk un Zviedrijas Lauksaimniecības universitātes zinātniekiem, aprobēt pārmitru teritoriju identificēšanas algoritmus, ko pēc tam pārbaudīt dabā, novērtējot sugu sastāvu un meža atjaunošanas rezultātus potenciāli pārmitrajās vietās.</p>	<p>Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā koku taksācijas rādītāju un reljefa analīzes kopsakarību izvērtējums, kā arī priekšlikumi attālas izpētes metožu pilnveidošana vai ieviešanai praksē</p>	<p>Darba uzdevums izpildīts atbilstoši plānam</p>

DARBA UZDEVUMU IZPILDES GAITA 2016. GADĀ

Meža darbu mehanizācija uz augsni ar mazu nestspēju

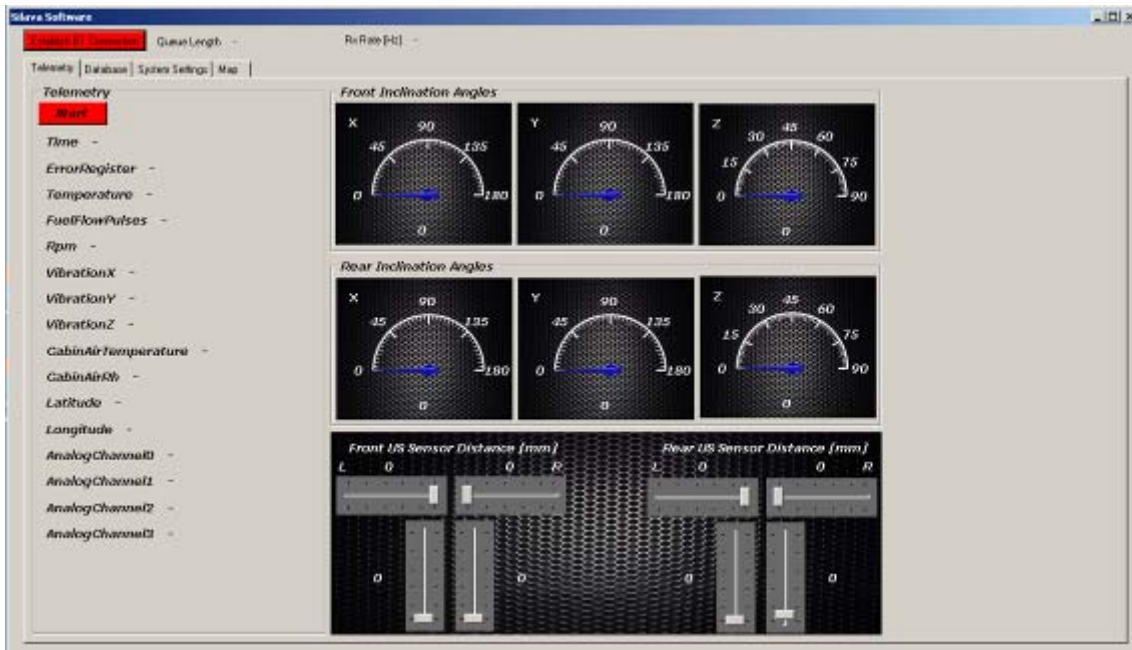
Aprīkojuma prototipa izgatavošana ietekmes uz augsni un citu harvesteru un pievedējtraktora parametru mērīšanai tiešsaistes režīmā

Balstoties uz noslēgto ārpakalpojuma līgumu, SIA "Mītavas roboti" izgatavoja un uzstādīja uz pievedējtraktora ultraskaņas sensoru sistēmu attāluma starp sensoru un zemi mērīšanai, kā arī mežizstrādes mašīnu telemetrisko parametrus fiksēšanai izmēģinājumu gaitā. Iekārtas specifikācija dota Tab. 2.

Tab. 2: Risu veidošanās un tehnikas telemetrisko parametru monitoringa iekārtas specifikācija

Nr.	Parametri	Prasības
1.	Iekārtas pielietojums	Sistēma sastāv no trim komponentu grupām. Pirmā komponentu grupa paredzēta mežizstrādes mašīnu tehnisko parametru noteikšanai un datu uzkrāšanai, izmantojot tehnikai jau uzstādītu sensoru sistēmu, tajā skaitā temperatūras, degvielas patēriņu u.c. Otra komponentu grupa paredz datu iegūvi un uzkrāšanu, uzstādot papildus sensorus, tajā skaitā nosakot pievedējtraktora dzinēja apgriezienus, operatora sēdekļa vibrāciju, gaisa temperatūru un relatīvo mitrumu. Trešā komponentu grupa paredz sensoru mērījumu datu uzkrāšanu risu dziļuma un mašīnas novietojuma slīpuma noteikšanai.
2.	Iekārtas komponenti	Centrālais bloks; GNSS antena (<i>izmanto GPS un GLONASS satelītus</i>); motora apgriezienu skaitītājs; vibrācijas, gaisa temperatūras, relatīvā mitruma satura mērīšanas bloks; ultraskaņas sensoru bloks risu veidošanās procesa monitoringam, tajā skaitā iekārtas saskāruma mērījumu sensors
3.	Prasības centrālajam blokam	Centrālais bloks nolasa un uzkrāj datus no visiem sensoriem. Pēc apkopošanas dati tiek glabāti lokāli centrālajā blokā, paredzot iespēju nosūtīt datus uz serveri arī attālināti, izmantojot mobilo tīklu. Paredzamais datu nepārtrauktas uzkrāšanas ilgums ir 6 mēneši, ja datu saglabāšanu veic ar 10 sekunžu intervālu. Dati tiek glabāti standarta SD kartē. Saglabātos datus var nolasīt no kartes CSV formāta datnēm datu analīzei citos datu apstrādes rīkos.
4.	Prasības GNSS uztvērējam	GNSS uztvērējs nodrošina ģeogrāfisko koordinātu iegūšanu ar nenoteiktību, kas labas uztveramības apstākļos nepārsniedz 1 metru.
5.	Prasības sensoru blokam	Sensoru bloks sastāv no ultraskaņas sensoriem (<i>HRXL-MaxSonar vai ekvivalenti</i>) un "IMU 10" kompleksās kustību noteikšanas platformas vai to ekvivalentiem. Kopā iekārtā jāpārdzē 8 sensori, kas sadalīti 3 komplektējošajos blokos. Pirmais bloks sastāv no 4 sensoriem, kur divi vērsti uz leju un divi uz sāniem. Otrais un trešais bloks katrs sastāv no 2 sensoriem, kur viens ir vērsti uz leju un sāna sensori katrs uz savu pusi. Uzstādot uz meža pievedējtraktora uz leju vērstajiem sensoriem jāatrodas virs riepu atstātajām slīdēm, nolasot attālumu starp sensoru un zemes virsu, bet uz sāniem vērstajiem sensoriem jānolasa attālums starp sensoru un zemes virsmu 0,5 m attālumā no riepas ārpus tehnoloģiskā koridora (<i>mašīnai stāvēt horizontālā stāvoklī</i>). Saskāruma sensors jāuzstāda vienā no sensoru blokiem.
6.	Barošana	Iekārta pieslēdzama pievedējtraktora elektrosistēmai (12/24 V), elektroenerģijas padeves pārtraukuma gadījumā iekārta pēc pārstāšanās automātiski jāatsāk mērījumu datu uzkrāšana
7.	Citas prasības	Centrālajam blokam papildus jāpārdzē iespēja pieslēgties pie reāllaika diagnostika moduļa, kur ar datora palīdzību var aplūkot reālā laika sensoru mērījumus. Iekārtai jāpievieno instrukcija ISO 19005-3 vai ISO 19005-2 standartiem atbilstošā digitālā formātā. Iekārtai jābūt universālai, t.i. to var uzstādīt uz dažādu modeļu pievedējtraktoriem un pārņemt no viena traktora uz citu, neveicot konstruktīvas izmaiņas.
8.	Piegāde un uzstādīšana	Iekārtas prototips izmēģinājumu veikšanai jāuzstāda John Deere 1010 pievedējtraktoram, saskaņojot uzstādīšanas laiku ar LVMI Silava kontaktpersonu

Datu konvertēšanai un iestatījumu uzstādīšanai izveidota vadības programma ar Windows savietojamai operētājsistēmai. Programmas galvenajā logā "Telemetry" (Att. 1) var izveidot savienojumu ar ierīci un pārbaudīt visu sensoru uzkrāto informāciju tiešraidē. Programmas logā "Database" var sinhronizēt datus ar ierīci, izvēlēties un eksportēt telemetriju datus par konkrētu periodu vai dienu, kā arī eksportēt *.csv formātā datus no datnēm, ko uzkrāj iekārtas vadības bloks. Sistēmas uzstādījumu logā "System settings" var noskaidrot un izmainīt datu uzkrāšanas parametrus. Logā "Map" var redzēt tehnikas faktisko atrašanās vietu. Kartes pamatne ir *Open Street Map* ģeogrāfiskā karte.



Att. 1: Vadības programmas saskarsmes logs, kas parāda visu sensoru stāvokli.

Telemetrijas datu ievākšanas iekārtas apraksts pieejams internetā¹.

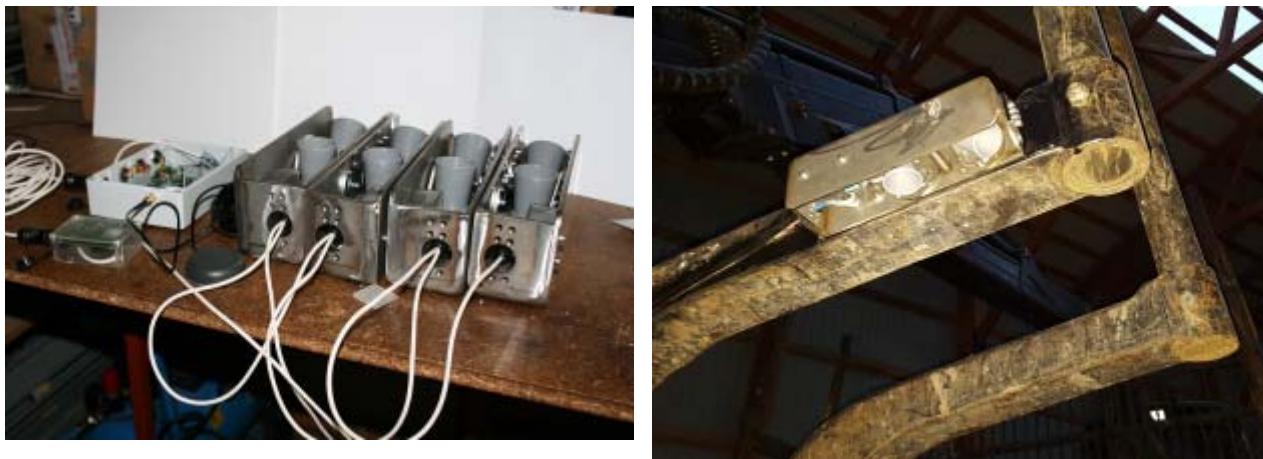
Iekārta uzstādīta John Deere 810 piededjtraktoram, ko izdienā izmanto krājas kopšanas cirtēs. Pētījumā piededjtraktors veica pievešanu no galvenās cirtes, imitējot dažāda piepildījuma kravu pievešanu.

Iekārtas ultraskaņas sensori pirms un pēc uzstādīšanas redzami Att. 2. Izmēģinājumos konstatēts, ka aizmugurējie sensori ir īpaši pakļauti bojājumu riskam un iekārtas testēšanas gaitā vismaz 2 reizes pārrauti vadi, kas savieno aizmugurējos sensorus ar vadības bloku. Šādos brīžos datu uzkrāšanas iekārta pārtrauca reģistrēt arī funkcionējošo sensoru datus, tāpēc darba gaitā sagatavots vadības programmas atjauninājums, kas ļāva uzkrāt atsevišķu sensoru datus, neatkarīgi no pārējo sensoru darbības. Iespējams, ka nākotnē nāksies pilnībā atteikties no aizmugurējiem ultraskaņas sensoriem un izmantot tikai priekšējos.

Viena sensoru pāra izmantošana pieļaujama arī tāpēc, ka GPS sekošanas ierīce, kas izmantota iekārtā, nodrošina pietiekoši labu izšķirtspēju – punktu izkliede sākotnējos mērījumos kopšanas cirtēs (Att. 3) nepārsniedza 3 m perpendikulāri tehnoloģiskā koridora garenasij; attiecīgi, pieņemot, ka traktors brauc pa vienu un to pašu trajektoriju, iespējamā datu nobīde ir līdz 1,5 m.

¹

https://drive.google.com/open?id=0Bxv4jQ_04jXZOGVZTWw2VVVjWfK



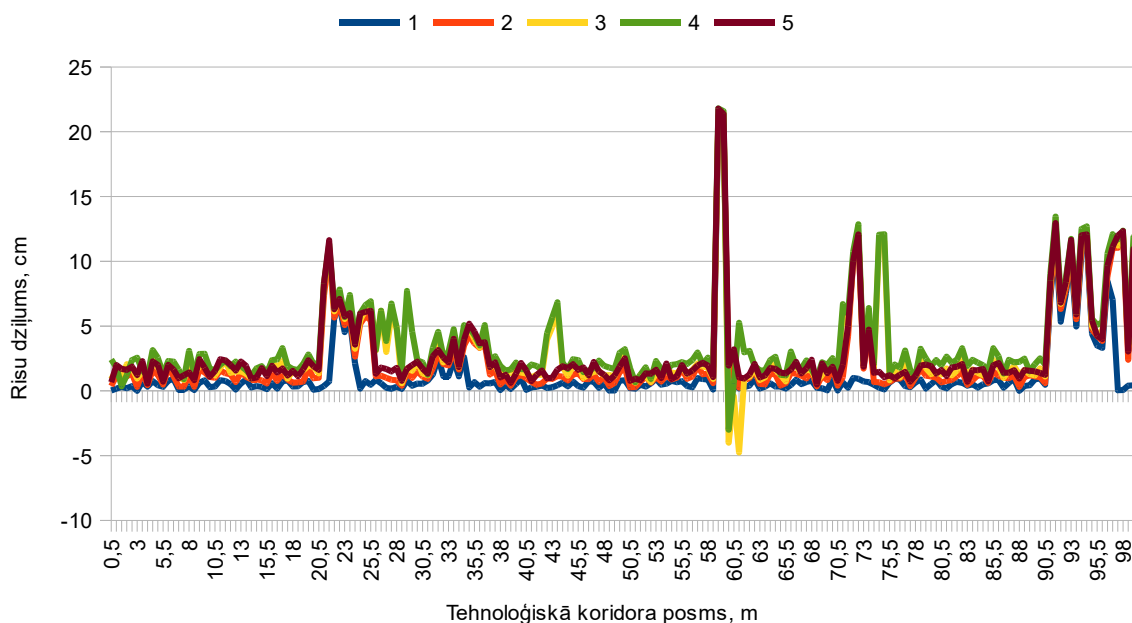
Att. 2: Iekārtas ultraskaņas sensoru bloks pirms un pēc uzstādīšanas uz traktora kūleņiem.



Att. 3: GPS sekošanas un vibrācijas mērījumu datu piemērs.

Pateiz turpinās programmas aprobācija un datu apstrādes automatizācijas rīku izstrādāšana. Att. 4 parādīts manuāls datu apstrādes piemērs 100 m garam tehnoloģiskā koridora posmam pēc 5 pārbraucieniem. Datu kopā atsijātas visas ekstrēmās vērtības un izrēķināta vidējā vērtība katriem 0,5 m. Grafikā redzams, ka iegūtie dati ļauj identificēt iespaidumus augsnē, kā arī risu veidošanās dinamiku.

2017. gadā plānots automatizēt datu apstrādi, izmantojot QGIS programmas vektordatu kalkulatoru. Tāpat, ir plānots automatizēt vairākas datu kopu apvienošanu, lai vienlaicīgi analizētu visus vienā nogabalā iegūtos mērījumus.



Att. 4: Manuāli apstrādāti dati 100 m garam tehnoloģiskā koridora posmam, pa kuru pievestas 5 kravas.

Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas cirtēs un apauguma novākšanā

Pievedējtraktora Kranman Bison 10000 6WD izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā uz augsnēm ar mazu nestspēju

Aktivitātes uzdevums ir noskaidrot Kranman Bison 10000 6WD pievedējtraktora (Att. 5) pielietojšanas iespējas kopšanas cirtēs mežaudzēs ar optimāliem un sliktiem pievešanas apstākļiem, kā arī atkarībā no meža atjaunošanas paņēmiena, tajā skaitā noteikt ražīgumu, vidējo kravu, kustības ātrumu, kā arī ražošanas izmaksas. Izmēģinājumi veikti aģentūras “Meža pētīšanas stacija” apsaimniekotajos mežos.

Kranman Bison 10000 pievedējtraktors izmantots izmēģinājumos ar Vimek harvesteru, kā arī veicot mežizstrādi kopšanas cirtēs ar ķēdes zāģi. Ziņojumā par pievedējtraktora izmantošanu uz augsnēm ar mazu nestspēju izmantoti dati, kas iegūti MPS apsaimniekotajās platībās Jelgavas mežu novadā. Mežaudžu raksturojums pirms kopšanas cirtes dots Tab. 3, pēc kopšanas cirtes – Tab. 4. Paralēli darba laika uzskaites datiem vērtēta arī tehnikas izturība, tāpēc detalizēta darba laika uzskaitē nav veikta visās audzēs. Vienlaicīgi ar pievedējtraktora ražīgumu vērtēts arī harvestera un strādnieka ar ķēdes zāģi darba ražīgums, lai iegūtu priekšstatu par abu tehnikas komplektu (*mazais harvesters vai ķēdes zāģi un Kranman pievedējtraktors*).

Harvestera un strādnieka ar ķēdes zāģi darba uzdevums izmēģinājumos bija izkopt audzi līdz minimālajam šķērslaukumam, atbilstoši faktiskajam koku augstumam pēc kopšanas cirtes. Katrā nogabalā sagatavoja ne vairāk kā 4 kokmateriālu veidus, kuru garums nepārsniedza 4,2 m. Strādājot ar ķēdes zāģi, tehnoloģiskos koridorus ierīkoja ik pēc 20 m, zarus ieklājot ceļos, bet, strādājot ar harvesteru, attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem bija no 10 līdz 20 m, ierīkojot 1-2 “spoku ceļus” starp tehnoloģiskajiem koridoriem.



Att. 5: Kranman Bison 10000 pievedējtraktors2.

Tab. 3: Izmēģinājumos izkoptās audzes – raksturojums pirms mežizstrādes

Objekts	Meža tips	Valdošā suga	Platība, ha	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	H vald., m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Pameža sikkoku skaits, gab. ha ⁻¹	Pameža sikkoku augstums, m	Pameža sikkoku caurmērs, cm
21-10-4	Dm	E	4,5	2 050	10,4	13,6	14,5	20	56	169	183	2,00	3,00
21-14-1	Dms	P	0,7	1 400	12,1	13,9	14,4	18	56	133	1 300	0,87	1,92
21-14-4,5	As, Ks	P	3,3	1 554	12,6	14,1	14,6	22	73	170	369	1,50	2,50
21-14-6	Dms	P	0,7	1 345	12,2	16,8	17,4	18	67	164	236	1,00	2,00
21-14-7	Dms	P	0,9	1 440	11,4	13,8	13,7	17	59	146	240	3,00	3,00
21-14-8	Dm	B	2,7	1 314	11,9	13,4	13,5	18	50	151	200	1,57	2,17
21-22-1	As	B	0,2	1 733	12,4	15,6	15,9	24	74	216	133	6,0	4,00
21-22-2	Dm	E	1,1	1 000	15,3	16,1	16,5	20	77	175	95	2,00	1,00
21-22-3	Dm	Ma	1,5	974	14,7	16,2	16,4	19	67	174	35	2,17	1,17
21-22-4	Dm	P	2,0	1 164	13,6	14,4	15,0	19	62	141	-	-	-
21-31-10	Dm	E	3,2	2 400	9,3	14,3	17,8	20	58	196	1 300	3,95	2,55
21-31-18	Dm	P	0,8	2 180	9,2	12,1	11,7	17	50	119	6 060	3,50	1,40
21-31-21	As	E	0,5	1 480	11,5	14,2	15,4	18	61	151	860	1,20	2,30
21-31-4	As	P	1,8	1 964	10,5	12,2	12,3	19	54	130	3 436	2,23	0,95
21-31-5	Dms	P	4,2	1 215	15,3	17,3	17,9	25	93	236	-	-	-
21-34-1	As	P	0,9	1 460	15,6	19,7	20,8	33	111	387	60	15,00	6,0
21-34-2	Dm	P	1,8	1 043	14,5	15,0	15,4	18	65	143	971	1,94	3,19
21-34-3	As	P	0,4	1 667	11,8	16,8	17,3	20	65	174	267	2,50	4,00
21-34-4	As	E	2,0	1 840	9,8	13,8	15,4	16	63	137	1 320	2,45	3,80
21-37-20	As	P	1,5	1 014	12,2	11,6	11,7	13	41	82	4 686	1,19	2,96
21-70-2	Dm	Ma	1,3	1 473	8,6	15,1	15,3	9	30	72	3 255	1,01	2,20
21-9-2	Dm	B	1,4	1 471	9,9	12,4	13,3	14	49	100	929	2,23	3,82

Tab. 4: Izmēģinājumos izkoptās audzes, kurās veikta darba laika uzskaitē – raksturojums pēc mežizstrādes

Objekts	Meža tips	Valdošā suga	Platība, ha	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	H vald., m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
---------	-----------	--------------	-------------	------------------------------------	-------	------	------------	------------------------------------	--	--

Objekts	Meža tips	Valdošā suga	Platība, ha	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	H vald., m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
21-10-4	Dm	P	4,5	757	14,8	16,6	17,5	14	56	126
21-14-4	As	P	1,4	693	16,9	16,4	17,0	17	63	138
21-14-5	Ks	P	1,9	853	15,1	15,6	16,1	16	61	130
21-14-7	Dms	E	0,9	813	13,7	15,5	16,7	13	41	112
21-14-8	Dm	E	2,7	768	14,9	15,6	17,1	15	33	131
21-22-1	As	E	0,2	980	14,4	16,3	17,8	18	45	162
21-22-2	Dm	E	1,1	480	21,0	19,7	20,8	18	61	177
21-22-3	Dm	E	1,5	627	18,0	17,7	18,4	17	59	153
21-31-5	Dms	P	4,2	770	16,3	18,3	18,4	18	73	164
21-34-2	Dm	P	1,8	650	17,1	15,5	15,9	15	61	119
21-34-3	As	Ma	0,4	760	14,7	18,3	18,9	13	50	122
21-34-4	As	B	2,0	835	13,7	17,3	18,7	13	52	119
21-6-21	As	P	3,2	797	14,6	17,0	17,5	14	58	123

Darba laika patēriņa kopsavilkums audzēs, kur veikta izstrāde ar ķēdes zāģi, atsevišķu audžu griezumā dots Tab. 5, sagatavoto kokmateriālu raksturojums - Tab. 6, bet ražīguma rādītāju kopsavilkums - Tab. 7. Vidēji 1 m³ sagatavošanai patērētas 37 min. produktīvā darba laika vai 52 min. strādnieku darba laika. Dažādās audzēs šie rādītāji atšķiras vairāk nekā 2 reizes, kas saistīts gan ar nevienādu strādnieku pieredzi, gan ar atšķirīgiem darba apstākļiem. Dominējošā ietekme ir atšķirībām strādnieku ražīgumā. Katrā audzē veikta 2-3 strādnieku pilnas maiņas darba laika uzskaitē.

Detalizēti dati ievākti par 76 m³ sagatavošanu ar ķēdes zāģi. Vidējā nozāģētā koka stumbra tilpums ar mizu – 0,06 m³. Lielākā daļa nozāģēto koku ir skujkoki.

Tab. 5: Strādnieku ar ķēdes zāģiem darba ražīgums dažādās audzēs (laiks min. m⁻³)

Ciršma	Iet	Zāģē	Nogāž	Pārzāģē	Veik kaudzēs	Atzaro	Zāģē pamežu	Citas operācijas	Remonts	Apkope	Partraukums	Produktīvais laiks	Kopējais laiks
21-10-4	2,042	0,824	1,392	15,019	0,035	0,000	1,200	0,832	0,000	0,521	11,308	20,666	31,975
21-14-5,6,7,8	4,166	1,647	2,010	15,168	8,253	2,122	2,546	5,400	0,002	1,098	14,375	39,868	54,243
21-22-1,2,3	1,391	1,795	2,427	14,242	6,631	0,000	1,488	0,304	0,000	0,000	7,912	26,790	34,703
21-31-5	2,582	0,738	2,167	14,779	0,129	0,000	4,871	0,164	0,000	0,989	8,970	21,546	30,516
21-34-2	11,284	1,432	1,393	18,296	16,480	0,000	4,969	13,556	0,000	1,361	28,534	63,802	92,336
21-34-4	10,482	1,615	1,932	12,662	16,195	0,000	3,854	12,982	0,006	1,526	23,567	57,399	80,966
Visi izmēģinājumi	4,560	1,405	1,862	14,962	7,218	1,092	2,618	5,135	0,002	0,979	14,863	37,214	52,077

Tab. 6: Izstrādātā apjoma un koku dimensiju raksturojums dažādās audzēs

Ciršma	Koku skaits	Vidējā nozāģētā koka caurums, cm	Vidējā nozāģētā koka augstums, m	Koku krāja, m ³	Vidējā nozāģētā koka krāja, m ³	Nozāģēto koku stumbra biomasa, tonnas	Vidējā nozāģētā koka stumbra biomasa, kg	Priedes	Egļes	Lapkoki	Iekāršies koki
21-10-4	203	11	10	17	0,082	6	29,343	49,26%	13,30%	37,44%	5,91%

Cirsmā	Koku skaits	Vidējā nozāģētā koka caurums, cm	Vidējā nozāģētā koka augstums, m	Koku krāja, m ³	Vidējā nozāģētā koka krāja, m ³	Nozāģēto koku stumbra biomasas, tonnas	Vidējā nozāģētā koka stumbra biomasas, kg	Priedes	Egles	Lapkoki	Iekārtu koki
21-14-5,6,7,8	628	10	11	39	0,063	13	20,510	47,61%	29,94%	22,45%	14,33%
21-22-1,2,3	27	13	14	3	0,125	1	54,739	29,63%	48,15%	22,22%	22,22%
21-31-5	91	9	4	5	0,050	2	17,913	0,00%	0,00%	100,00%	20,88%
21-34-2	71	10	5	4	0,057	1	20,061	4,23%	1,41%	94,37%	19,72%
21-34-4	232	8	11	8	0,036	3	12,939	35,34%	51,29%	13,36%	9,48%
Visi izmēģinājumi	1252	9	10	76	0,061	26	21,063	39,30%	27,80%	32,91%	13,02%

Tab. 7: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums mežaudžu griezumā

Cirsmā	Produktīvajā stundā nozāģēto koku skaits	Produktīvais darba laika no kopējā darba laika	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā
21-10-4	35	64,63%	2,903
21-14-5,6,7,8	24	73,50%	1,505
21-22-1,2,3	18	77,20%	2,240
21-31-5	55	70,61%	2,785
21-34-2	16	69,10%	0,940
21-34-4	29	70,89%	1,045
Visi izmēģinājumi	26	71,46%	1,612

Tab. 8 redzams dažādu strādnieku sniegums, veicot kopšanas cirti ar ķēdes zāģiem. Gan ražīgums, gan produktīvā laika īpatsvars (*laiks, kad strādnieks neatpūšas*) dažādiem strādniekiem būtiski atšķiras. Labākie rezultāti ir strādniekam, kas strādāja 8 stundu maiņu un darba laikā periodiski atpūtās (produktīvais laiks 66 % no darba laika). Viens no sliktākajiem rezultātiem ir strādniekam, kas aktīvi strādāja īsu maiņu (6 stundas izmēģinājumos) un gandrīz nemaz neatpūtās (produktīvais laiks 94 % no darba laika).

Tab. 8: Dažādu operatoru ražīguma rādītāju kopsavilkums

Zāģeris	Produktīvajā stundā nozāģēto koku skaits	Produktīvais darba laika no kopējā darba laika	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā
1	23	72,54%	1,039
2	24	73,59%	1,632
3	17	45,13%	1,585
4	27	94,29%	1,307
5	40	65,88%	2,877
6	32	50,57%	1,930

Tab. 9, 10 un 11 redzams, ka zāģējamo koku suga būtiski neietekmē ražīgumu, tomēr, zāģējot priedes, nozāģēto koku iekāršanās zaros konstatēta divreiz biežāk nekā, zāģējot citu sugu kokus. Izmēģinājumos ar ķēdes zāģi vidējais ražīgums bija 1,6 m³ produktīvajā stundā, t.i., 1,15 m³ darba stundā.

Tab. 9: Darba ražīguma salīdzinājums, zāģējot dažādu sugu kokus ar ķēdes zāģiem (*min. m³*)

Suga	let	Zāģē	Nogāz	Parzāģē	Veik kaudzēs	Atzaro	Zāģē pamežu	Citas operācijas	Remonts	Apkope	Pātraukums	Produktīvais laiks	Kopējais laiks
Egle	3,978	1,391	1,587	18,025	6,768	0,759	2,151	5,180	0,002	0,883	7,920	38,574	46,493
Lapkoks	5,597	1,609	2,023	9,153	7,988	0,520	2,733	4,799	0,004	0,629	8,523	32,323	40,846
Priede	3,862	1,246	2,033	15,071	6,386	1,845	2,867	3,221	0,000	0,587	13,963	34,251	48,213

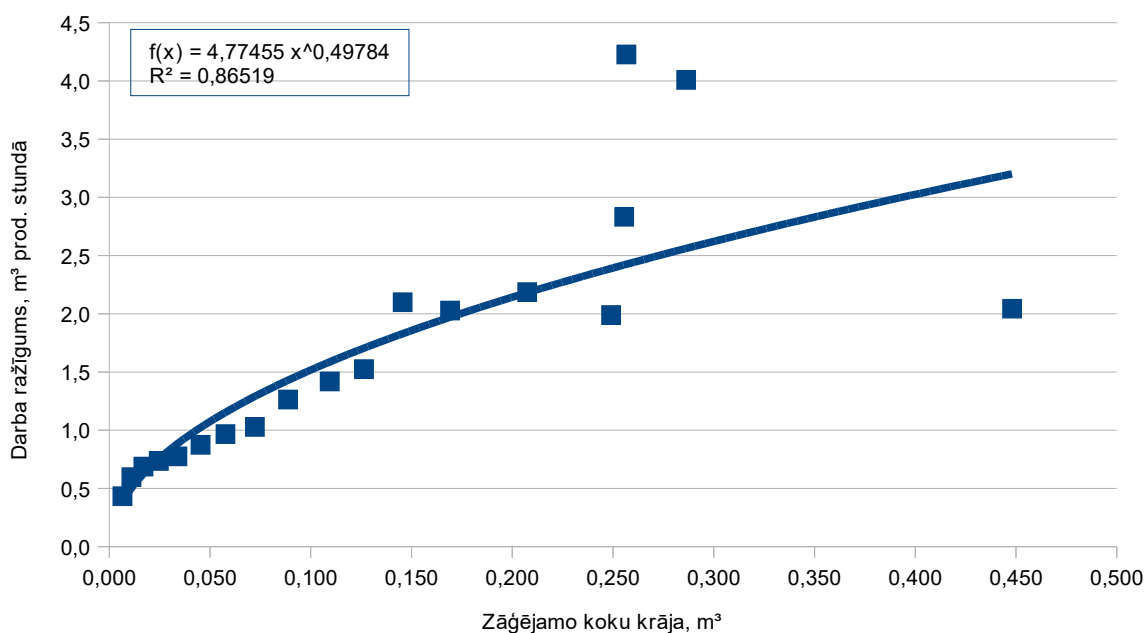
Tab. 10: Izstrādātā apjoma un koku dimensiju raksturojums koku sugu griezumā

Suga	Koku skaits	Koku krāja, m ³	Vidējā nozāģēta koka krāja, m ³	Nozāģēto koku stumbra biomasa, tonnas	Vidējā nozāģēta koka stumbra biomasa, kg	Degvielas patēriņš, L m ³	Iekārušies koki
Egle	465	31	0,066	7	15,664	0,271	9,46%
Lapkoks	327	18	0,056	9	26,551	0,171	9,79%
Priede	401	27	0,069	10	25,948	0,303	20,95%

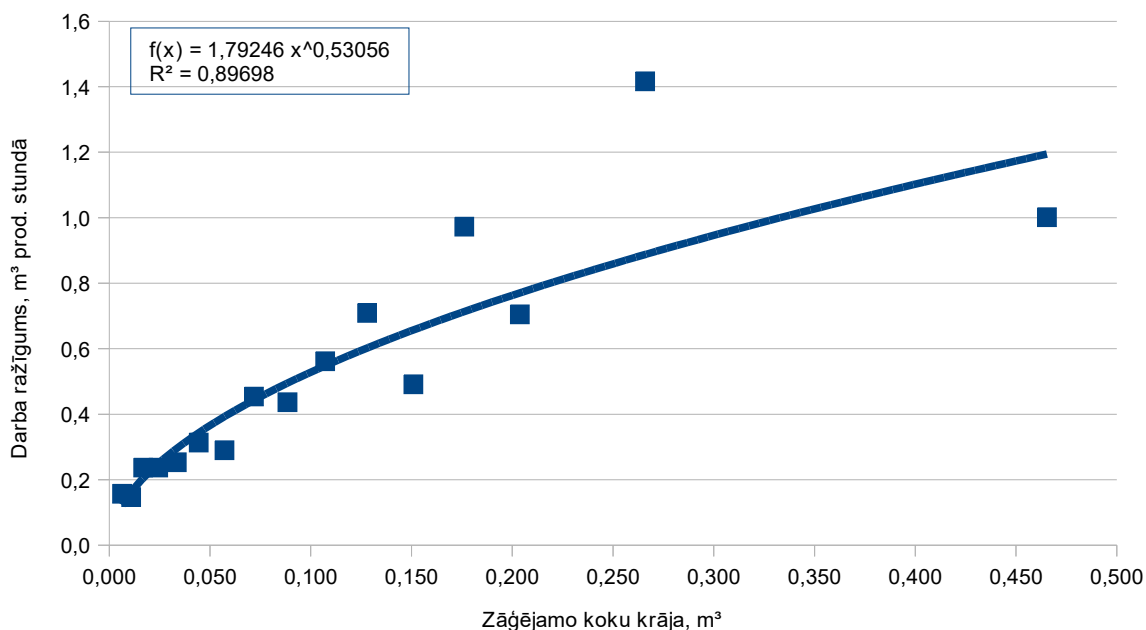
Tab. 11: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums koku sugu griezumā

Suga	Produktīvajā stundā nozāģēto koku skaits	Produktīvais darba laiks no kopējā darba laika	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā
Egle	24	82,97%	1,555
Lapkoks	33	79,13%	1,856
Priede	26	71,04%	1,752

Darba ražīguma līkne, zāģējot dažādu dimensiju skujkokus, parādīta Att. 6, savukārt ražīguma izmaiņas, zāģējot dažādu dimensiju lapkokus, redzamas Att. 7. Zāģējot lapkokus, ražīgums ir būtiski mazāks, taču, pateicoties atšķirīgajam nozāģēto koku caurmēra sadalījumam, atšķirības atsevišķu koku zāģēšanā būtiski neietekmē vidējos ražīguma rādītājus sugu griezumā.

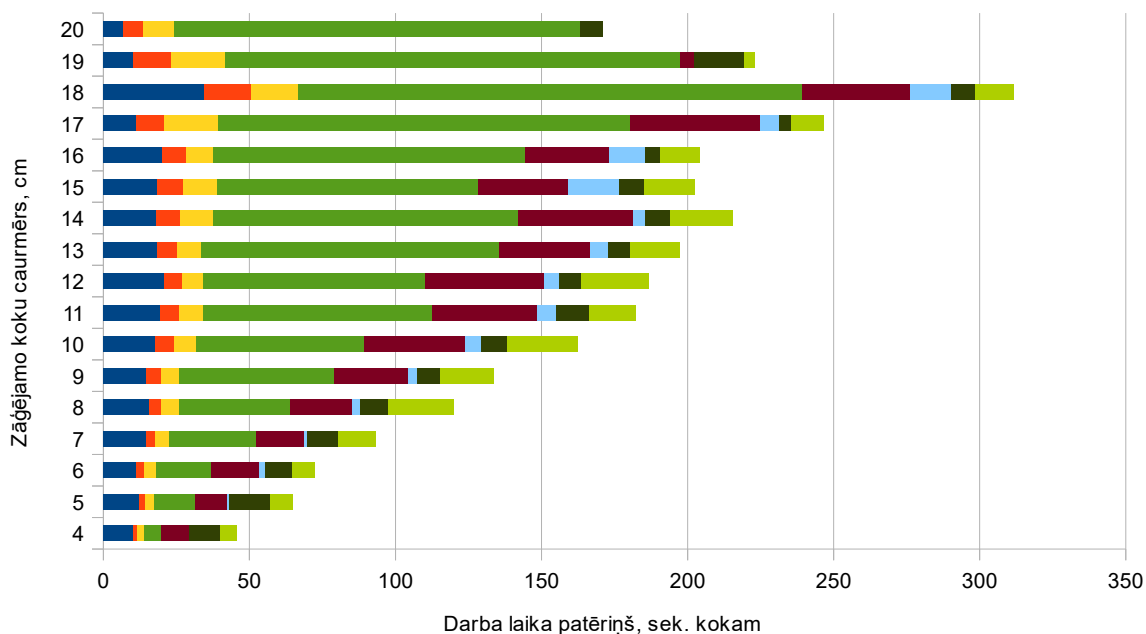


Att. 6: Strādnieku ar ķēdes zāģi darba ražīgums, zāģējot skujkokus.



Att. 7: Strādnieku ar ķēdes zāģi darba ražīgums, zāģējot lapkokus.

Darba laika elementu sadalījums, strādājot ar ķēdes zāģi, parādīts Att. 8. Grafikā redzams, ka, palielinoties zāgējamo koku dimensijām, strauji pieaug atzarošanai un sagarumošanai patērētais laiks, bet dimensiju pieauguma ietekme uz pārējiem darba laika elementiem ir salīdzinoši neliela.



Att. 8: Strādnieka ar ķēdes zāģi darba laika sadalījums, gāžot skujukokus.

Mežizstrādes ražīguma rādītāju kopsavilkums, veicot mežizstrādi ar Vimek harvesteru, mežaudžu griezumā parādīts Tab. 12, 13 un 14. Tab. 12 redzams, ka 1 m³ kokmateriālu ar mizu sagatavošanai vidēji patērētas 6 minūtes produktīvā darba laika, savukārt produktīvā darba laika īpatsvars ir vidēji 87 % no maiņas ilguma (Tab. 14). Vidēji stundā produktīvā darba laika

apstrādāti 106 koki. Būtiski, ka Keto griezējgalva izmēģinājumos darbojās efektīvāk, nekā vairums vidējās klases harvesteru griezējgalvu līdzšinējos izmēģinājumos jaunaudžu kopšanas cirtēs. Atkārtota atzarošana bija nepieciešama tikai atsevišķos gadījumos (Tab. 12).

Tab. 12: Darba ražīguma salīdzinājums dažādās audzēs, strādājot ar harvesteru (min. m³)

Cirsmā	Iebrauc cirsmā	Izbrauc	Sniedzas	Satver	Zāģe	Zari un pamežs	Atzaro	Vidējais atzarošanu skaits uz koku	Noliek	Citas darbības	Brauc cirsmā	Pārtraukums	Produktīvais laiks	Kopējais laiks	Braukšanas laiks kopā	Produktīvais laiks, neskatot braukšanu
21-10-4	0,000	0,216	0,601	0,317	1,126	0,184	2,803	1,077	0,151	0,359	0,840	0,873	6,596	7,469	0,216	6,381
21-14-3	0,023	0,147	0,487	0,223	0,270	0,069	3,017	1,072	0,110	0,125	0,811	0,996	5,282	6,278	0,170	5,112
21-22-2	0,050	0,001	0,396	0,220	0,267	0,071	2,463	1,050	0,637	2,019	0,937	0,341	7,062	7,403	0,051	7,012
21-6-21	0,086	0,080	0,531	0,220	0,278	0,090	3,288	1,050	0,075	0,072	0,864	1,176	5,584	6,760	0,166	5,418
Visi izmēģinājumi	0,048	0,102	0,505	0,240	0,440	0,100	2,946	1,051	0,227	0,589	0,865	0,886	6,061	6,947	0,150	5,911

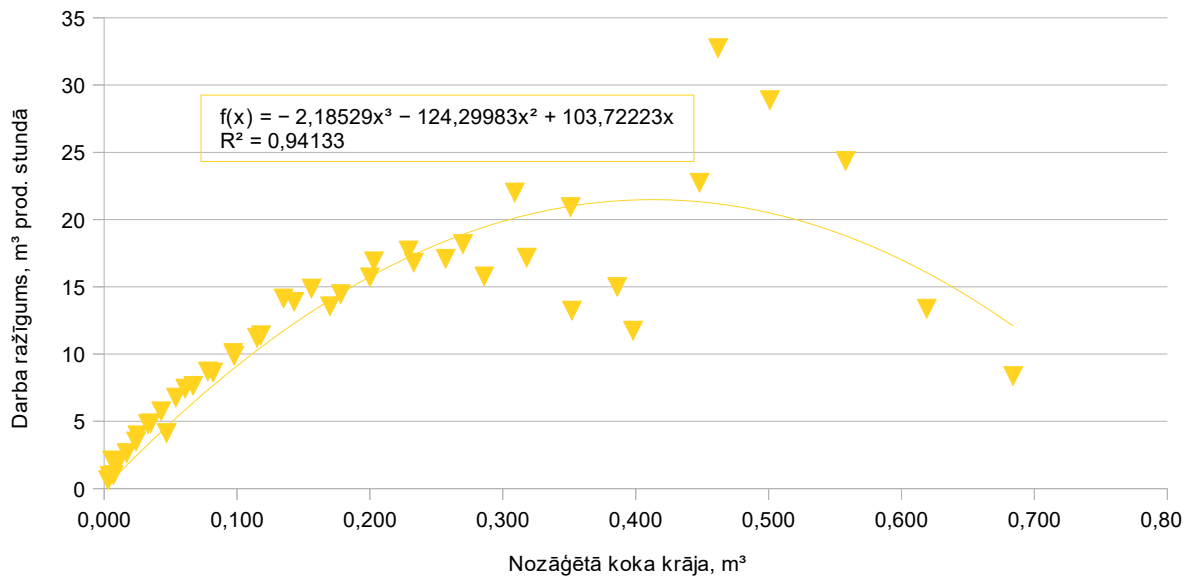
Tab. 13: Izstrādātā apjoma un koku dimensiju raksturojums mežaudžu griezumā

Cirsmā	Koku skaits	Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	Vidējā nozāģētā koka augstums, m	Koku krāja, m ³	Vidējā nozāģētā koka krāja, m ³	Nozāģēto koku stumbra biomasa, tonnas	Vidējā nozāģētā koka stumbra biomasa, kg	Priedes	Egļes	Lapkoki
21-10-4	933	10	7	65	0,070	23	25	29,15%	61,74%	9,11%
21-14-3	642	13	7	70	0,109	29	45	12,62%	80,06%	7,32%
21-22-2	672	12	8	77	0,115	28	41	37,35%	58,04%	4,61%
21-6-21	1344	11	7	122	0,090	45	33	24,70%	71,28%	4,02%
Visi izmēģinājumi	3591	11	7	334	0,093	125	35	26,07%	67,89%	6,04%

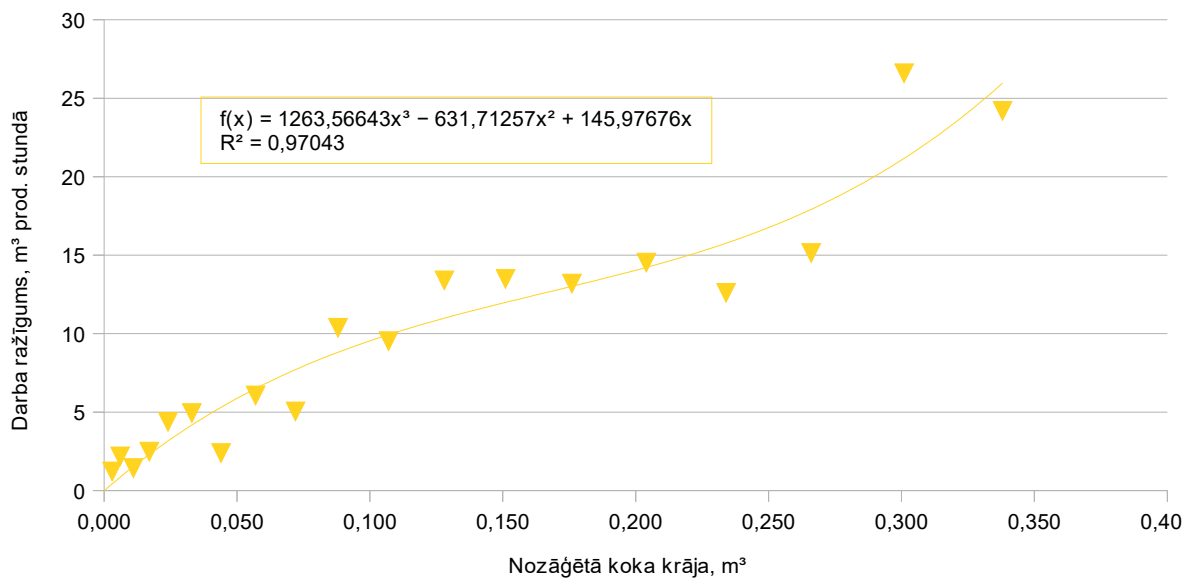
Tab. 14: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums mežaudžu griezumā

Cirsmā	Produktīvajā stundā nozāģēto koku skaits	Produktīvais darba laiks no kopējā darba laika	Iebraukšana un izbraukšana no audzes no produktīvā darba laika	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā, neskatot braukšanu	Koeficients ražīguma grafiku aprēķiniem
21-10-4	130	88,31%	3,27%	9,096	9,403	93,17%
21-14-3	105	84,13%	3,22%	11,359	11,736	99,12%
21-22-2	74	95,40%	0,72%	8,496	8,557	88,24%
21-6-21	119	82,61%	2,98%	10,744	11,074	88,24%
Visi izmēģinājumi	106	87,25%	2,47%	9,899	10,150	95,06%

Darba ražīguma izmaiņas, pieaugot zāģējamo koku dimensijām, parādītas Att. 9 un 10, attiecīgi, zāģējot skujkokus un lapkokus. Zāģējamo koku caurmēram pieaugot līdz 20-25 cm, ražīgums vairs nepalielinās vai pat samazinās, norādot uz maksimālo caurmēra robežu Vimek harvesteru pielietošanai. Harvesteru ražīgumu raksturo polinomu vienādojumi, kas skujkokiem pielietojami līdz 0,5 m³ lielu koku zāģēšanas raksturošanai, bet lapkokiem – līdz 0,25 m³ lielu koku zāģēšanai.

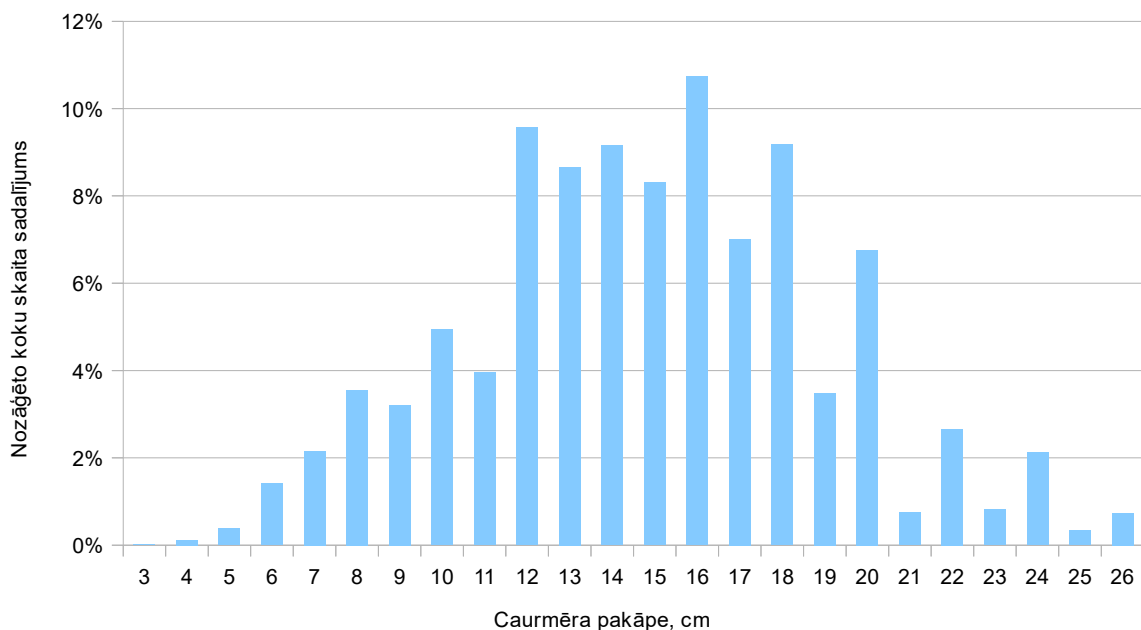


Att. 9: Mežizstrādes ar Vimek harvesteru ražīgums, zāģējot skujkokus.



Att. 10: Mežizstrādes ar Vimek harvesteru ražīgums, zāģējot lapkokus.

Viens no galvenajiem iemesliem labiem ražīguma rādītājiem bija iepriekšējos izmēģinājumos pārbaudītā darba metode – par 8 cm tievākos kociņus harvesters vai nu nezāģē vispār vai pēc nozāģēšanas neatzaro, ja atzarošanu nevar veikt vairākiem stumbriem vienlaicīgi. Rezultātā par 8 cm tievāko harvestera apstrādāto kociņu īpatsvars ir mazāks par 5 % no kopējā nozāģēto kociņu skaita.



Att. 11: Ar harvesteru nozāģēto koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs.

Darba laika patēriņa sadalījums, veicot pievešanu ar ķēdes zāģi un harvesteru izstrādātās platībās kopšanas cirtēs, parādīts Tab. 15. Vidējā krava bija nedaudz lielāka ar harvesteru izkoptās platībās, taču atšķirība nav statistiski būtiska. Kopējais darba laika patēriņš kravas pievešanai ir mazāks par 10 %, veicot pievešanu no platībām, kas izkoptas ar ķēdes zāģi, taču atšķirība ir neliela, salīdzinot ar citos izmēģinājumos iegūtajiem rezultātiem.

Vidēji darba stundā Kranman Bison 10000 pieveda 1,8 kravas no platībām, kas izkoptas ar ķēdes zāģi, un 1,6 kravas no platībām, kas izkoptas ar harvesteru.

Tab. 15: Pievedējtraktora ražīguma rādītāju kopsavilkums mežizstrādes paņēmieni griezumā (laiks, min. kravai)

Mežizstrādes variants	Pievestais daudzums, m ³	Kravu skaits	Vidējā krava, m ³	Iebrauc	Sniegzas	Satver	Ieceļ	Kārtu kravu	Brauc cīsmā	Pako ceļu	Izbrauc	Sniegzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārtu krautuvī	Brauc krautuvē	Citas darbības	Pauze	Kopējais laiks	Produktīvais laiks	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai
Motorzāģis	113	62	1,8	5,5	2,1	1,8	3,8	1,0	3,8	0,1	6,7	1,0	1,0	2,3	0,6	0,6	1,2	1,3	32,8	31,5	13,9	5,5
Vimek harvesteri	327	162	2,0	4,9	2,5	2,7	4,8	1,3	4,4	0,1	5,3	1,1	1,2	2,2	0,6	1,0	2,2	2,3	36,5	34,2	17,8	6,1

Tab. 16: Pievedējtraktora ražīguma rādītāju kopsavilkums

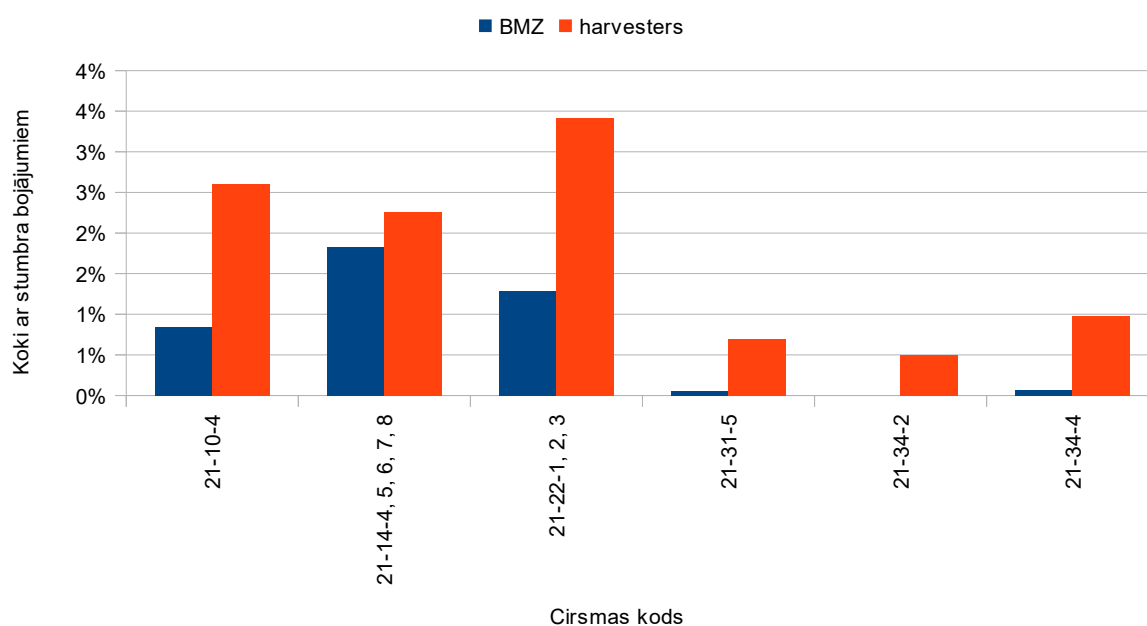
Mežizstrādes variants	Iekraušanas ražīgums, m ³ darba stundā	Izkraušanas ražīgums, m ³ darba stundā	Produktīvā laika īpatsvars	Darba ražīgums, m ³ prod. stundā	Kravas produktīvā laika stundā	Kravas kopējā darba laika stundā
Motorzāģis	8	20	96%	3,464	1,905	1,830
Vimek harvesteri	7	20	94%	3,536	1,754	1,643

Vērtējot pievedējtraktora konstrukciju un kravas apjoma palielināšanas iespējas, konstatēts, ka nelielu apjoma pieaugumu var panākt, izmantojot platākus statņus, taču šāds konstruktīvs

risinājums paaugstinātu smaguma centru un palielinātu kravas kastes apgāšanās risku, tāpēc pētījumā ieteikts to neizmantot. Nevienā no izmēģinājumu platībām, arī uz organiskām augsnēm, nav konstatēti nozīmīgi augsnes bojājumi. Tas nozīmē, ka augsnes nestspēja nav ierobežojošais faktors šīs tehnikas pielietošanai. Tomēr Kranman Bison 10000 pielietojumu uz organiskām augsnēm aprūtina ar sūnām apauguši celmi vai rises, ko grūti pamanīt un kas var izraisīt kravas apgāšanos. Nevienā no platībām nevajadzēja pielietot ķēdes, taču ķēžu izmantošana var būtiski palielināt pievedējtraktora stabilitāti. Ķēžu ietekmi ieteicams vērtēt turpmākajos izmēģinājumos.

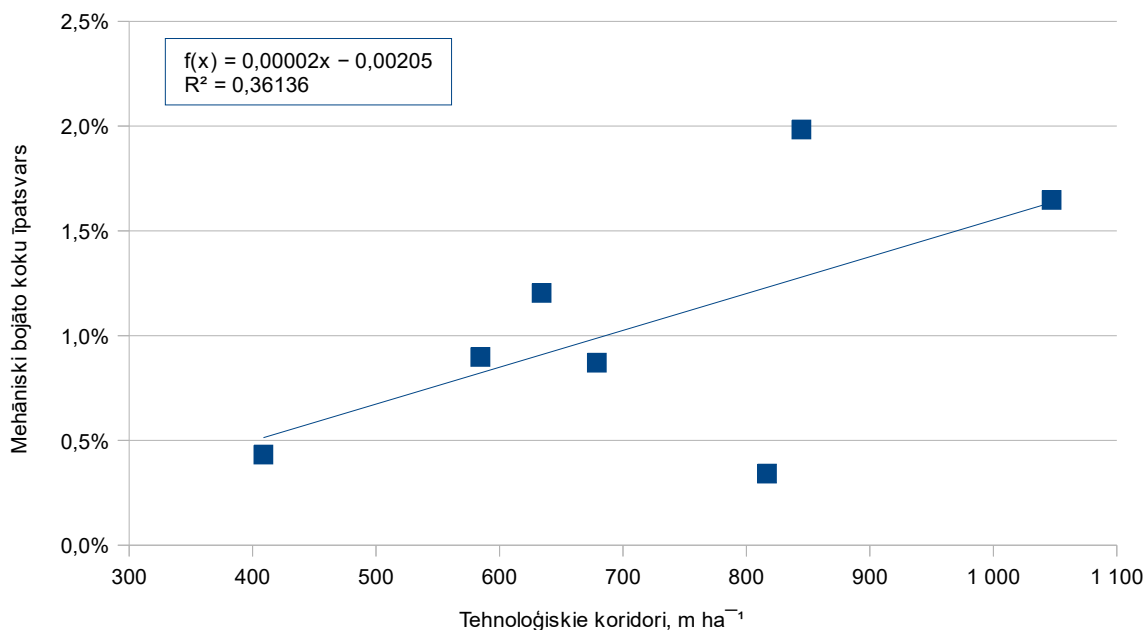
Audzēs, kas izstrādātas ar ķēdes zāģi un harvesteru, salīdzināts paliekošo koku mehānisko bojājumu skaits. Vidēji ar ķēdes zāģi izstrādātajās platībās pēc pievešanas bojāti mazāk par 1 % no paliekošajiem kokiem, bet ar harvesteru izstrādātajās platībās – mazāk par 2 % no paliekošajiem kokiem (Att. 12).

Dažādās audzēs bojāto koku īpatsvars atšķiras (Att. 13), bet visās platībās, kas izstrādātas ar ķēdes zāģi, bojāto koku īpatsvars ir mazāks. Uzskaitē iekļauti gan tehnoloģiskie koridori, gan “spoku ceļi”, kur pārvietojies tikai harvesteri.

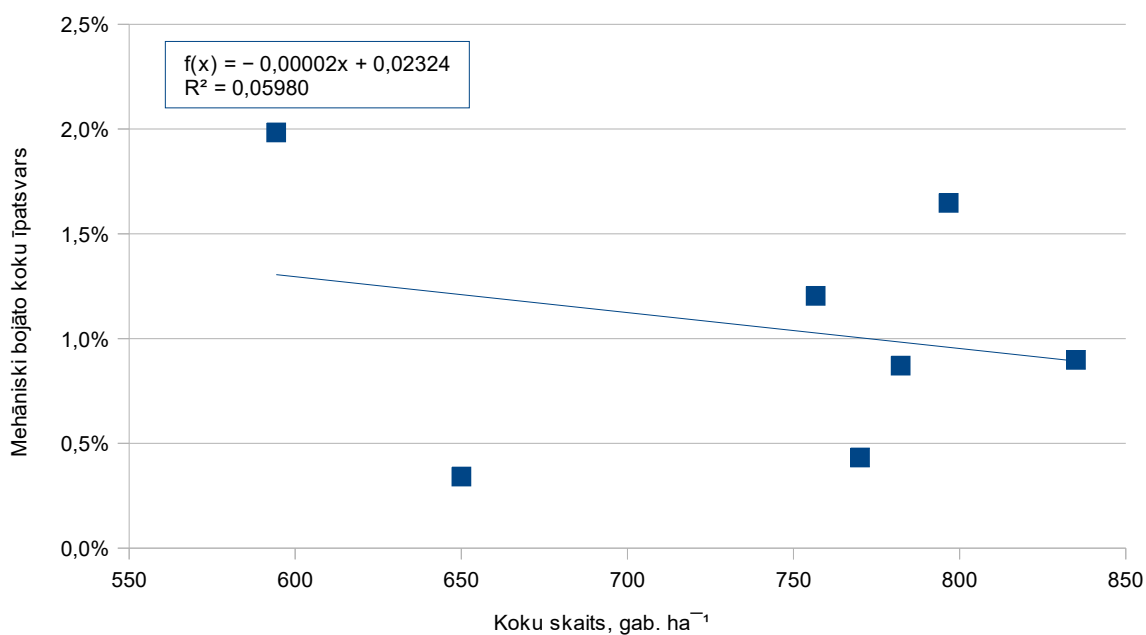


Att. 12: Bojāto koku īpatsvars, strādājot ar ķēdes zāģi un harvesteru.

Att. 14 parāda, ka bojājumu īpatsvaru būtiski ietekmē tehnoloģisko koridoru un “spoku ceļu” blīvums, t.i., jo blīvāk izvietoti harvestera un pievedējtraktora izmantotie ceļi, jo vairāk bojājumu ir sagaidāms. Lai bojāto koku īpatsvars mašīnizētajā mežizstrādē nepārsniegtu 1 %, saskaņā ar izmēģinājumu rezultātiem tehnoloģisko koridoru un “spoku ceļu” kopgarums nedrīkst pārsniegt 700 m ha⁻¹. Pārrēķinot uz audzes platību, tas ir aptuveni 18 % no audzes (ceļa platums ir vidēji 2,5 m). Vidējais attālums starp paliekošajiem kokiem vairumā gadījumu bija lielāks par 3 m, tāpēc harvesteram nevajadzēja zāģēt kokus speciāli koridoru veidošanai. Bojāto koku īpatsvaru izmēģinājumos neietekmēja paliekošo koku skaits (Att. 15).



Att. 13: Bojāto koku īpatsvara un tehnoloģisko koridoru blīvuma sakarība.

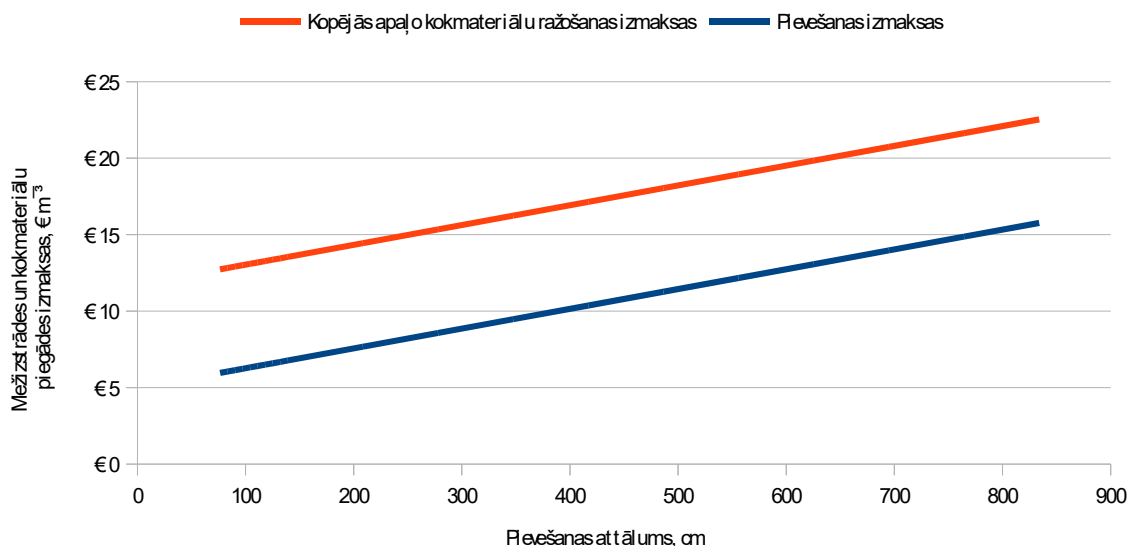


Att. 14: Bojāto koku īpatsvars atkarībā no saglabājamo koku skaita.

Kranman Bison 10000 pievedējtraktora degvielas patēriņš izmēģinājumos bija vidēji 1,8 L stundā ($0,4 \text{ L m}^{-3}$). Salīdzinājumam, John Deere 810 degvielas patēriņš tajās pašās audzēs bija 1,3 L m⁻³. Kranman Bison 10000 pievedējtraktors izmēģinājumos nostrādāja 697 stundas, tajā skaitā Meža pētīšanas stacijas mežos ap 250 stundas. Vidējā krava izmēģinājumos bija 2,2 m³. Kravas lielums noteikts, sverot ar platformas svāriem. Mitruma saturs svaigi zāgētā koksni pieņemts vidēji 50 %

Aprēķinātās darba stundas izmaksas – 25 €. Faktiskās izmaksas, kas saistītas ar tehnikas ekspluatāciju, izmēģinājumos bija būtiski mazākas, taču, izmantojot konservatīvu pieeju, aprēķinos pieņemts, ka tehnikas apkopes izmaksas ir tādas pašas, kā Vimek pievedējtraktoram.

Kokmateriālu pievešanas pašizmaksu visvairāk ietekmē pievešanas attālums (Att. 16). Pārējiem jutības analīzē iekļautajiem parametriem (*degvielas cena, kravas lielums u.c.*) ir salīdzinoši neliela ietekme.



Att. 15: Pievešanas attāluma ietekme uz kokmateriālu pašizmaksu.

Pētījumā secināts, ka Kranman Bison 10000 (Att. 16) izmantojams nelielu cirsmu vai atsevišķu koku pievešanai, ja izstrādi veic ar ķēdes zāģiem. Jāņem vērā, ka Kranman Bison 10000 var pievest līdz 4,5 m garus kokmateriālus. Pievedējtraktors piemērots 3-4 strādnieku brigādei, kur vismaz 2 strādnieki var veikt gan pievešanu, gan izstrādi. Tehnika izmantojama jaunaudžu un krājas kopšanas cirtēs, sanitārajās cirtēs, kā arī, nepieciešamības gadījumā, galvenajā cirtē nelielās cirmsās. Pievedējtraktors var strādāt uz augsnēm ar mazu nestspēju, taču darbu var būtiski apgrūtināt celmi un nelīdzens reljefs.

Optimāls tehnikas izmantošanas scenārijs:

- 4 strādnieki ar 3-4 ķēdes zāģiem;
- Kranman Bison 10000 pievedējtraktors;
- vismaz 2,5 tonnas smags apvidus auto ar piekabi;
- 2-3 strādnieki maiņās (*līdz 4 stundas*) strādā uz pievedējtraktora.

Kranman Bison 10000 izmantošanai piemērotās cirsmas:

- sanitārās kopšanas cirtes ar nelielu izstrādājamo koku krāju vai ja pievešanu jāveic caur blakus esošajām audzēm;
- atsevišķu koku zāģēšana un izvešana (*sēklas koki, bīstamie koki pie elektrolīnijām*);

3 Jāņem vērā apaļo kokmateriālu garuma ierobežojumi (4,2 m, kā arī zāģbaļķu masas ierobežojumi – pilnībā atraujot no zemes, Kranman var iecelt kravā līdz 35 cm resnu zāģbaļķi (450 kg), bet, ceļot aiz viena gala, arī resnākus zāģbaļķus.

- nelielas cirsmas, tajā skaitā mazvērtīgas Ba un vītoli audzes;
- ainavu cirtes, kur nav pieļaujama tehnoloģisko koridoru ierīkošana.



Att. 16: Kranman Bison 10000 pievedējtraktors sīkkoku pievešanā.

Jaunā ProSilva pievedējtraktora prototipa izmēģinājumi kopšanas cirtēs Somijā uz augsnēm ar mazu nestspēju

2015. gadā somu firma ProSilva izgatavoja jaunu pievedējtraktora prototipu, kura priekšējās kāpurķēdes aizstātas ar 2 lielām riepām (Att. 17), nodrošinot lielāku mobilitāti un būtiski mazāku mašīnas masu. Izmēģinājumi ar šo mašīnu veikti Somijā, paralēli fiksējot ražīguma rādītājus, kā arī augsnes nestspēju un bojājumus, lai iegūtie dati būtu salīdzināmi ar Latvijā veikto pētījumu rezultātiem.



Att. 17: ProSilva piedejtraktors5.

ProSilva galvenās priekšrocības, kas izskaidro arī mašīnas lielo cenu, ir tiltu konstrukcija. Visiem tandēmiem un riteņiem nodrošināta asu līmeņošnās, kas ļauj mašīnai pielāgoties teritorijas reljefam un vienmērīgi sadalīt slodzi visos atbalsta punktos (Att. 18).



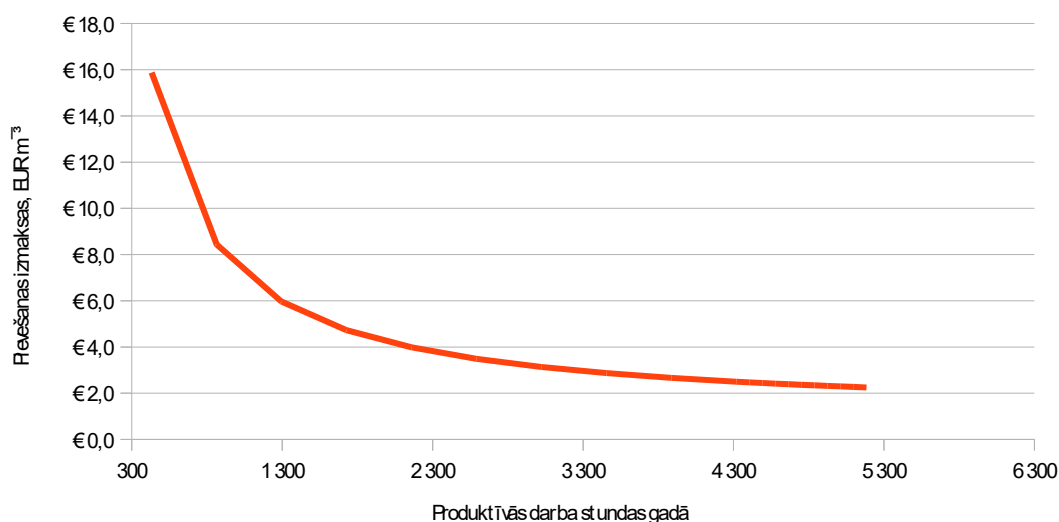
Att. 18: ProSilva konstrukcijas priekšrocības.

Pētījumā konstatēts, ka pievedējtraktora vidējais ražīgums kūdrenī ir 16 m³ stundā (*pievešanas ceļa garums 200 m, braukšanas ātrums 2,8 km h⁻¹, vidējā krava 9,7 m³, Tab. 17*). Darba ražīgumu var palielināt, pareizi veidojot (*fraktējot*) kravas un izmantojot motivējošāku operatoru darba apmaksas sistēmu (*apvienojot stundu samaksu ar piemaksu par pievesto apjomu*). Vēl viens risinājums ražīguma palielināšanai ir kausa aprīkošana ar *tilt* iekārtu, kas būtiski atvieglo kokmateriālu izcelšanu no audzes, kā arī samazinātu paliekošo koku bojājumu risku. Risu garums kūdrenī (56 m ha⁻¹), neskatoties uz ekstremālajiem pievešanas apstākļiem, nepārsniedz Latvijā noteiktos ierobežojumus. Pievedējtraktora darba stundas pašizmaksas aprēķini ir jāprecizē pēc tam, kad ProSilva pievedējtraktori ar riepām uz priekšējām asīm parādīsies pārdošanā un ražotājam vai servisa kompānijām būs pieejami faktiskie apkopes izmaksu dati. Pievešanas pašizmaksu ietekmē pievedējtraktora noslodze, kravas lielums un pievešanas attālums. Noslodzes (*darba stundu gadā*) ietekme uz kokmateriālu pievešanas pašizmaksu parādīta Att. 19. Ja mašīna gada laikā nostrādā mazāk par 2000 stundām, kokmateriālu pievešanas pašizmaksa strauji palielinās.

Tab. 17: Pievešanas ražīguma rādītāji

Variants	Iekraušanas ražīgums, m ³ darba stundā	Izkraušanas ražīgums, m ³ darba stundā	Kopā, m ³ darba stundā	Produktīvā laika īpatsvars	Kravas produktīvā laika stundā	Kravas kopējā darba laika stundā
Akmeņaina platība	11	42	6	82%	0,8	0,6
Kūdrenis	28	82	16	83%	1,7	1,4
Vidēji	21	74	12	77%	1,4	1,1

Plānojot šādas tehnikas izmantošanu Latvijā, ir jāizvērtē tās izmantošanas dažādošanas iespējas, veidojot kompleksus iepirkumus par tehnikas pakalpojumiem, piemēram, pievešana un koksnes pelnu izkliešana, nodrošinot vismaz 2500 stundu noslodzi gadā. Latvijā ieteicams izmantot ProSilva pievedējtraktorus ar pagarinātu rāmi (5 m), kuros var iekraut divas līdz 3 m garu kokmateriālu rindas, lai maksimāli efektīvi izmantotu mašīnas iespējas gan kopšanas, gan galvenajā cirtē.



Att. 19: Tehnikas noslodzes ietekme uz kokmateriālu pievešanas pašizmaksu.

Somijā veikto izmēģinājumu rezultāti apstiprina ProSilva pievedējtraktora prototipa piemērotību un konkurētspēju ekstremālos pievešanas apstākļos, taču pagaidām pietrūkst informācijas par šī pievedējtraktora darba stundas izmaksām un tehnisko gatavību. Ziņojums par pētījuma rezultātiem pieejams projekta dokumentu interneta vietnē⁶.

Izmēģinājumi Somijā parādīja, ka tur, tāpat kā Latvijā, pastāv grūtības ar pareizu mežizstrādes atlieku izvietošanu, izmantojot kāpurķēžu tehniku. Ja harvestera (*ProSilva harvesters uz kāpurķēdēm*) operators izvieto mežizstrādes atliekas paralēli tehnoloģiskā koridora asij nevis perpendikulāri, kā redzams Att. 20, sakņu bojājumu daudzums un risu garums audzē būtiski samazinātos.



Att. 20: Zaru ieklāšana ceļos – problēma arī Somijā.

ProSilva kāpurķēžu pielietošanas iespējas Latvijas mežos:

- ieteicamā komplektācija – līdz 5 m pagarināts rāmis, lai var vest 2 rindas ar 3 m garu papīrmalku;
- pievedējtraktoram piemērotas;
 - visa veida ar rokas motorinstrumentiem vai harvesteru izstrādātas cirsas uz organiskajām vai pushidromorfām augsnēm, kur pieļaujama 3,5-4 m platu tehnoloģisko koridoru ierīkošana,
 - kokmateriālu pievešana no starpkrautuvēm;
- Priekšnosacījumi efektīvam darbam;
 - maksimāla mašīnas kravnesības izmantošana (*tāpēc labāks garais rāmis*),
 - darba organizēšana 2 maiņās, lai samazinātu dīkstāves un palielinātu ražīgumu,

⁶ https://drive.google.com/open?id=0Bxv4jQ_04jXZQ1BkeXJveURTV3M

- pareiza zaru ieklāšana ceļos, veicot mežizstrādi (*paralēli tehnoloģiskā koridora virzienam*).

Pētījuma turpmākajos etapos lietderīgi veikt izmēģinājumus Latvijā, lai iegūtu darba metožu pilnveidošanai un izmaksu novērtējumam trūkstošos datus (*ražīgums atkarībā no kravas lieluma, rāmja pagarināšanas ietekme*).

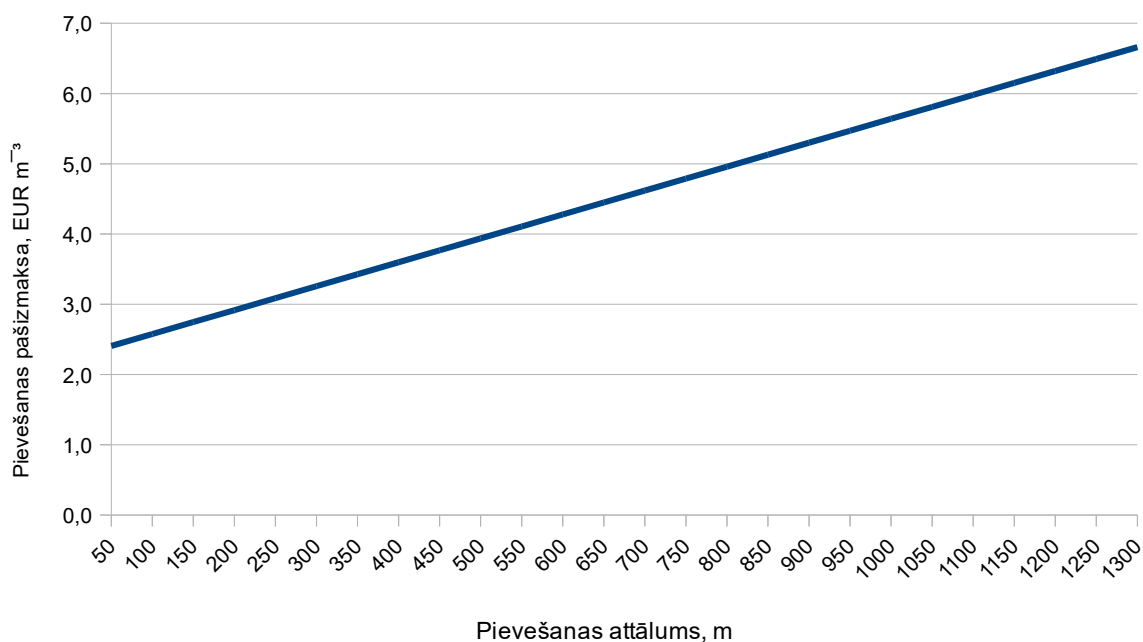
Pievedējtraktora Logbear F4000 izmēģinājumi uz augsnēm ar mazu nestspēju

Izmēģinājumi ar Logbear F4000 pievedējtraktoru (Att. 21) veikti 2016. gada pavasarī un rudenī, taču laika apstākļu pasliktināšanās rezultātā rudenī iepļānotā darba laika uzskaitē ar harvesteru izstrādātās platībās kopšanas cirtēs ir pārtraukta. Pētījuma rezultātā plānots noskaidrot pievedējtraktora Logbear F4000 ražīgumu un piemērotību kokmateriālu pievešanai no cirmsmām uz augsnēm ar mazu nestspēju.



Att. 21: Logbear pievedējtraktors7.

Saskaņā ar sākotnējiem rezultātiem Logbear F4000 pievedējtraktora ražīgums izmēģinājumos ar harvesteru izstrādātās cirmsmās ir 1,2 kravas darba stundā, vidējā krava – 5,5 m³, braukšanas ātrums – 4,7 km stundā. Kravas lielums noteikts, sverot mašīnu ar platformas svāriem, un, pieņemot, ka mitruma saturs svaigi zāgētā koksnē ir 50 %. Pievedējtraktora pakalpojumu izmaksas būtiski ietekmē pievešanas attālums. Pieaugot pievešanas attālumam no 200 m līdz 1300 m, pievešanas pašizmaksa palielinās 2,5 reizes – līdz 6,7 EUR m⁻³ (Att. 22).



Att. 22: Pievešanas pašizmaksa atkarībā no pievešanas attāluma.

Ņemot vērā, ka Logbear F4000 piededējtraktoru nereti izmanto platībās, kur apgrūtināti pievešanas apstākļi ir uz maģistrālajiem ceļiem, nevis pašā audzē, ražotājam ir lietderīgi izvērtēt piekaves izgatavošanas iespējas, lai palielinātu traktora kravnesību un samazinātu pievešanas attāluma ietekmi uz pašizmaksu. Ar piekabi nokomplektēts piededējtraktors izmantojams arī kokmateriālu pievešanai no starpkrautuvēm tajos gadījumos, kad ritenētraktora izmantošanu ierobežo slikti vai ekstremāli pievešanas apstākļi uz maģistrālā ceļa. Traktora dzinēja jauda pieļauj ražīgāka hidrosūkņa uzstādīšanu piekaves piedziņai.

Vērtējot Logbear piededējtraktora tehniskās pilnveidošanas iespējas, secināts, ka tam var uzstādīt vieglāku manipulatoru ar mazāku izlīci, kas ļautu veidot lielākas kravas (150-200 kg), radītu mazāku slodzi uz ritošo daļu, strādājot ar pilnu izlīci, kā arī samazinātu paliekošo koku bojājumus. Piededējtraktoram ir atsevišķas vājas vietas, piemēram, tandēmu dzenošie zobratī un gultņi.

Atšķirībā no ProSilva piededējtraktora, Logbear F4000 nav izveidota līmeņojoša piekare uz visām asīm, tāpēc, traktoram sasveroties, pieaug slodze uz zemāk esošo atbalsta punktu (Att. 23). Šai īpatnībai nav izšķirošas nozīmes, ņemot vērā traktora nelielo masu, taču tā palielina slodzi uz ritošo daļu un veicina to ātrāku nolietošanos.

Kāpurķēžu tehnikas piekares tips ir jāņem vērā, organizējot apaļo kokmateriālu un mežizstrādes atlieku pievešanas pakalpojumu iepirkumus kopšanas cirtēs, un tehnikai ar līmeņojošos piekari jānosaka atšķirīgi masas ierobežojumus, nekā tehnikai, kuras piekare nelīmeņojas. Gatava aprēķinu metode ierobežojumu noteikšanai kāpurķēžu tehnikai nav pieejama, tāpēc turpmākajos pētījuma etapos jāizstrādā vienādojumi masas ierobežojumu noteikšanai dažādiem tehnikas veidiem.



Att. 23: Logbear kravu svēršana⁸.



Att. 24: Logbear piekare nevar nodrošināt vienmērīgu slodzes sadalījumu uz visām asīm.

Apsekojot audzes, kas pievestas ar Logbear F4000 piededjtraktoru, konstatēts, ka nereti tās sākotnēji paredzētas pievešanai ar standarta riteņtraktoriem, taču, pasliktinoties laika apstākļiem, pieņemts lēmums izmantot kāpurķēžu tehniku. Riteņtraktoriem paredzētajās platībās mežizstrādes atliekas ieklātas perpendikulāri ceļa asij (*piemērs Att. 24 labajā pusē*), tāpēc arī šādās audzēs veidojas rīses, neskatoties uz kāpurķēžu tehnikas pielietojumu. Pareizi ieklātas atliekas (*paralēli ceļa garenasij*) parādītas Att. 24 kreisajā pusē.

⁸ Foto: M. Neiceniēks.



Att. 25: Zaru ieklāšana ceļos.

Sākotnējie izmēģinājumu rezultāti parāda, ka Logbear F4000 pievedējtraktors ir piemērots kokmateriālu pievešanai no krājas kopšanas ciršu platībām ar sliktu augsnes nestspēju. Uzlabojumi nepieciešami tehnikas ritošās daļas konstrukcijai, lai uzlabotu mašīnas tehniskās pieejamības rādītājus, kā arī darba organizācijā, savlaicīgi plānojot pievešanu ar kāpurķēžu tehniku un ieklājot mežizstrādes atliekas paralēli ceļa garenasij. Darba ražīguma un izmaksu rādītājus var uzlabot, uzbūvējot kāpurķēžu piekabi ar hidraulisku piedziņu (*ieguvums būs jūtams, izmantojot tehniku starpkrautuvju pievešanai*), kā arī izmantojot vieglāku hidromanipulatoru. Mašīna izmantojama kopšanas cirtēs, taču to var pielietot arī galvenajā cirtē mazvērtīgās lapkoku audzēs uz augsnēm ar mazu nestspēju.

Harvestera Vimek 404 T6 izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā

2016. gadā no marta sākuma līdz augusta beigām veikti mežizstrādes izmēģinājumi ar mazās klases harvesteru Vimek 404 T5 (Att. 25), lai novērtētu tā piemērotību darbam kopšanas cirtēs Latvijas apstākļos, tajā skaitā nosakot ražīgumu un ražošanas izmaksas. Pētījumā izmantotas 2 viena un tā paša ražotāja griezējgalvas – jaunākas un vecākas modifikācijas Keto FORST modeļi (Att. 26).

Pētījuma ietvaros organizēts seminārs, kurā AS “Latvijas valsts meži” darbinieki un citi interesenti iepazīstināti ar sākotnējiem Vimek, Kranman un Logbear tehnikas ražīguma pētījumu rezultātiem.



Att. 26: Vimek 404T5 harvesters9.



Att. 27: Vimek 404T5 harvestera griezējgalva10.

Pētījumā bija iesaistīti profesionāli mežizstrādes mašīnu instruktori no SIA "Latvijas meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūta" (*MeKA*), kas nodrošināja maksimāli lietderīgu tehnikas izmantošanu un nākotnē iegūtās zināšanas varēs pielietot mežizstrādes mašīnu operatoru apmācībā.

Izmēģinājumu laikā notika vairāki harvestera un griezējgalvas remonts, taču visas problēmas bija ātri novēršanas un izmēģinājumu gaitu ietekmēja minimāli. 2016. gada pavasara izmēģinājumos AS "Latvijas valsts meži" apsaimniekotajos mežos operatori saskārās ar

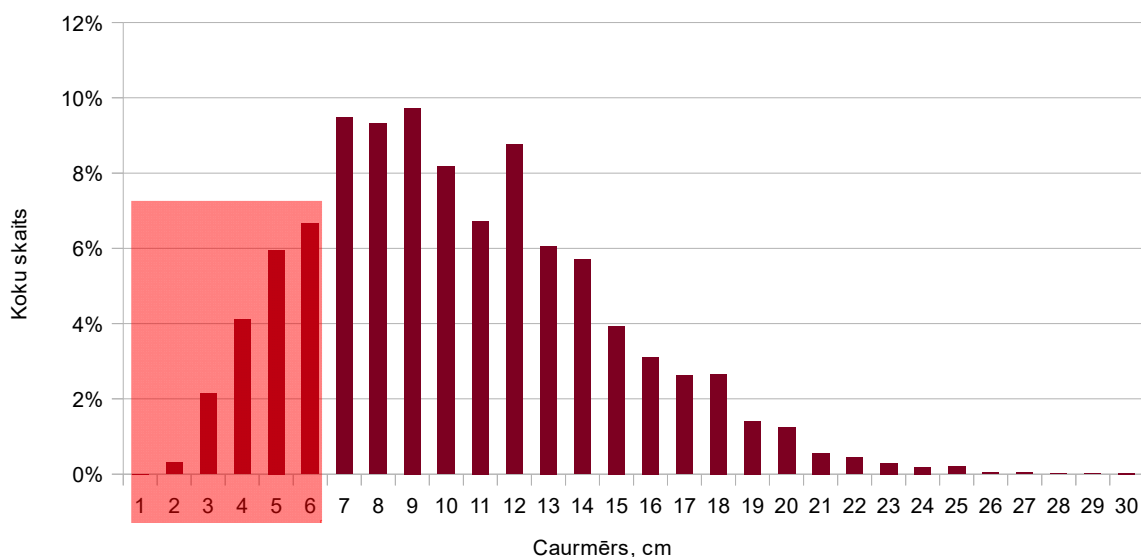
9 Foto: G. Spalva.

10 Foto: G. Spalva.

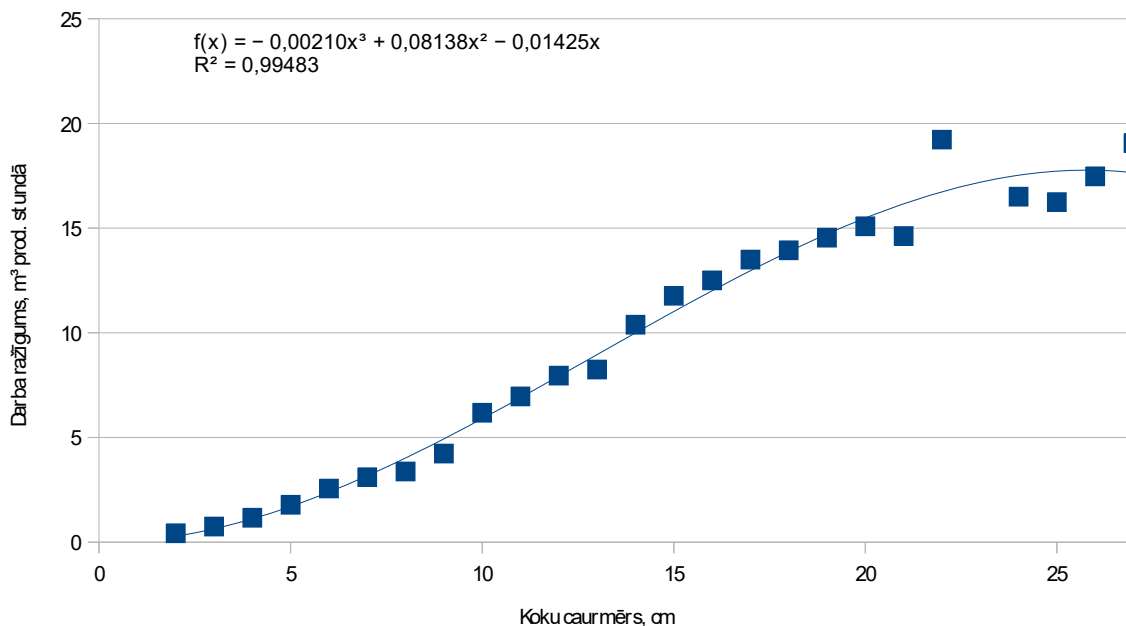
harvestera griezējgalvas mērierīču kalibrēšanas grūtībām, kas saistītas ar konstruktīvām nepilnībām griezējgalvā un harvestera vadības programmā. Jaunākajos harvestera modeļos šīs problēmas ir novērstas, tāpēc kalibrēšanas laiks nav iekļauts ražīguma aprēķinos.

Pētījumā konstatēts, ka augsti kvalificētu operatoru piesaistīšana būtiski uzlabojusi nozāgēto koku caurmēra sadalījumu – pretēji citos izmēģinājumos ierastajai tievo koku ($D < 8\text{ cm}$) domināncei līdzīgos apstākļos, MeKA operatori šos kokus nav zāgējuši vai arī pēc nozāgēšanas uzreiz nolikuši zemē, cenšoties veikt atzarošanu tikai tajos gadījumos, kad vienlaicīgi var apstrādāt vairākus kokus, kā arī tad, ja nesagarumotu koku ir grūti nogāzt zemē. Nozāgēto koku caurmēra sadalījumā dominē 7-12 cm resni koki (Att. 30), kas nodrošina maksimālus ražīguma rādītājus.

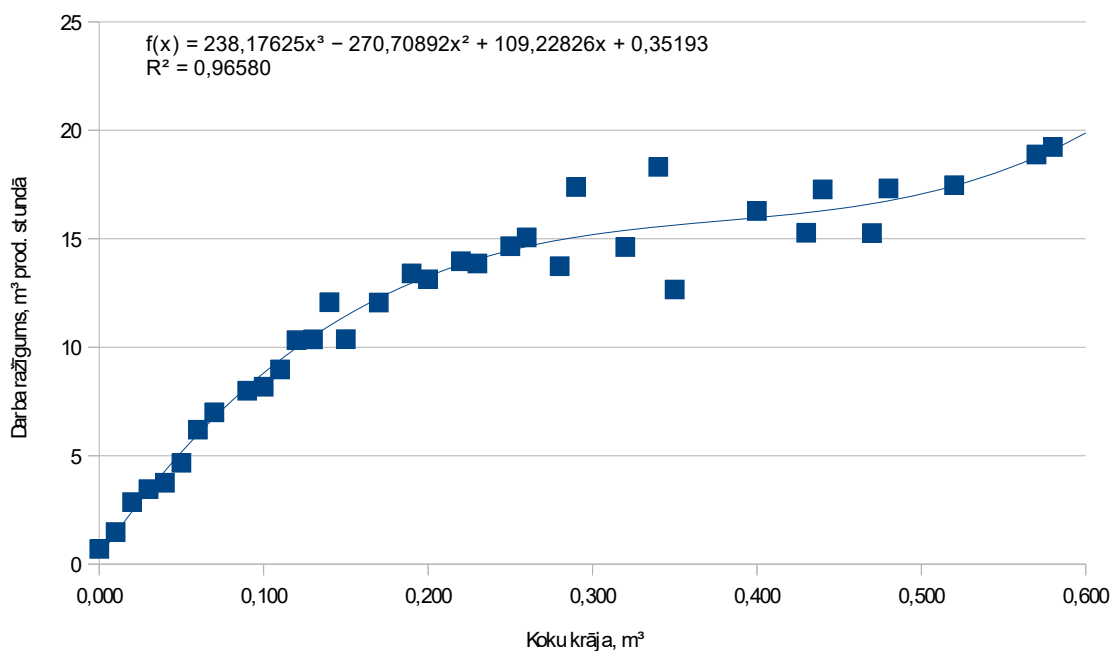
Vimek harvestera vidējos ražīguma rādītājus koku caurmēra pakāpju griezumā vislabāk raksturo 3. pakāpes polinoma vienādojums (Att. 28), kas pielietojams līdz 26 cm resnu koku nozāgēšanas ražīguma raksturošanai. Darba ražīgums turpina strauji kāpt līdz aptuveni 20 cm caurmēra pakāpei, kad tas sasniedz plato līmeni vai pat samazinās. Zāgējot 10 cm resnus kokus, ražīgums ir vidēji $5,3\text{ m}^3$ produktīvajā stundā. Zāgējot 20 cm resnus kokus, ražīgums pieaug līdz 15 m^3 produktīvajā stundā. Vidējo ražīguma rādītāju pārrēķins uz koku tilpumu dots Att. 29. Šajā grafikā redzams, ka ražīguma pieaugums sasniedz plato līmeni, ja zāgējamā koka tilpums ir $0,3\text{ m}^3$.



Att. 28: Nozāgēto koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs visās audzēs.



Att. 29: Vidējie ražīguma rādītāji atkarībā no zāģējamo koku caurmēra.



Att. 30: Vidējie ražīguma rādītāji, pārrēķinot uz stumbra tilpumu¹¹.

Izmēģinājumos sagatavoto kokmateriālu un nozāģēto koku raksturojums dots Tab. 18. Vidējā nozāģētā koka stumbra tilpums ar mizu ir 0,07 m³, bez mizas – 0,06 m³.

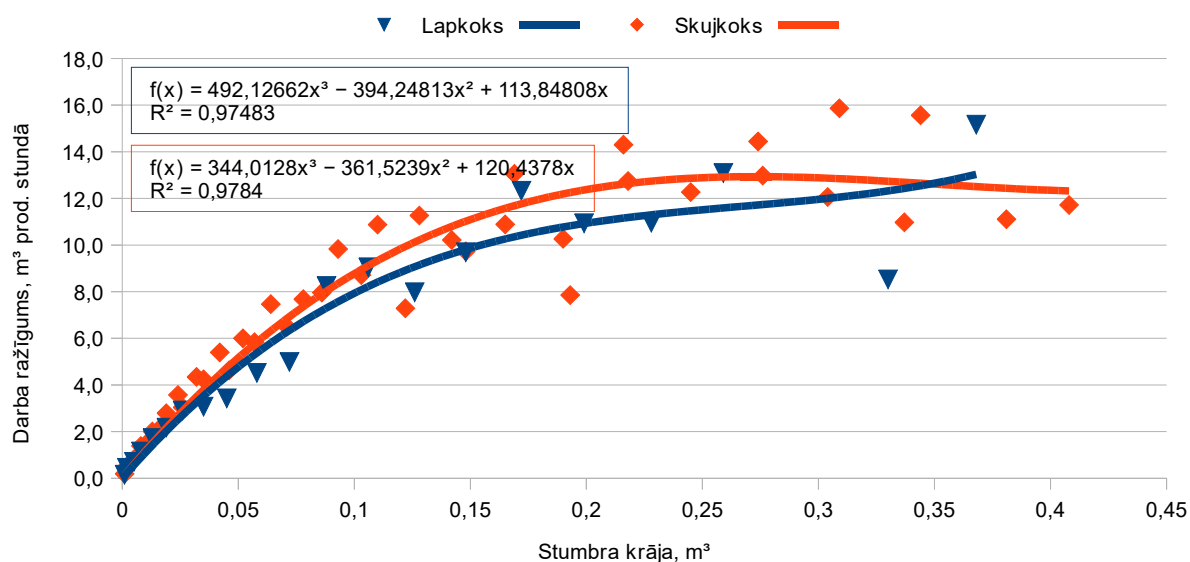
Tab. 18: Izmēģinājumos izkopto audžu raksturojums

Cirsmā	Koku skaits	Vidējā nozāģētā koka D, cm	Vidējā nozāģētā koka H, m	Izkoptā platība, ha	Koku krāja, m ³	Vidējā nozāģētā koka krāja, m ³	Priedes	Egles	Lapkoki
601-186-12	2562	11	13	3,4	190	0,07	96,00%	4,00%	0,00%

¹¹ Pilna sortimentācija, nozāģēts vai rets pamežs, aprēķinā ietverti tikai skujkoki.

Cirsmas	Koku skaits	Vidējā nozāģētā koka D, cm	Vidējā nozāģētā koka H, m	Izskoptā platība, ha	Koku krāja, m ³	Vidējā nozāģētā koka krāja, m ³	Priedes	Egles	Lapkoki
601-186-16	3184	14	15	3,3	475	0,15	89,00%	11,00%	1,00%
602-28-19	1413	10	13	1,9	95	0,07	1,00%	92,00%	7,00%
602-32-8	2275	8	12	1,3	110	0,05	1,00%	43,00%	56,00%
602-46-29	956	11	14	0,7	91	0,1	0,00%	97,00%	3,00%
602-74-7	2012	8	13	2,7	92	0,05	0,00%	1,00%	99,00%
711-358-5	1591	7	11	3,5	56	0,04	1,00%	58,00%	41,00%
712-167-12	1992	11	10	6,1	132	0,07	3,77%	95,88%	0,35%
712-199-9	1318	10	10	3,1	77	0,06	34,00%	62,00%	4,00%
711-332-9	1886	8	8	3,2	59	0,03	82,00%	0,00%	18,00%
712-294-16	1845	6	6	2,8	37	0,02	43,00%	43,00%	14,00%
714-230-15	596	9	9	1,7	26	0,04	39,00%	56,00%	5,00%
714-230-18	142	8	8	0,2	4	0,03	33,00%	32,00%	35,00%
714-244-5	156	9	8	1,6	7	0,04	66,00%	32,00%	2,00%
714-245-2	138	10	10	0,1	8	0,06	57,00%	17,00%	27,00%
21-10-4	933	10	7	4,5	65	0,07	29,15%	61,74%	9,11%
21-14-4	642	13	7	1,4	70	0,11	12,62%	80,06%	7,32%
21-22-2	672	12	8	1,1	77	0,12	37,35%	58,04%	4,61%
21-6-21	1344	11	7	3,2	122	0,09	24,70%	71,28%	4,02%
Visas cirsmas	25657	9,9	10,8	45,8	1793	0,07	45,20%	42,04%	13,03%

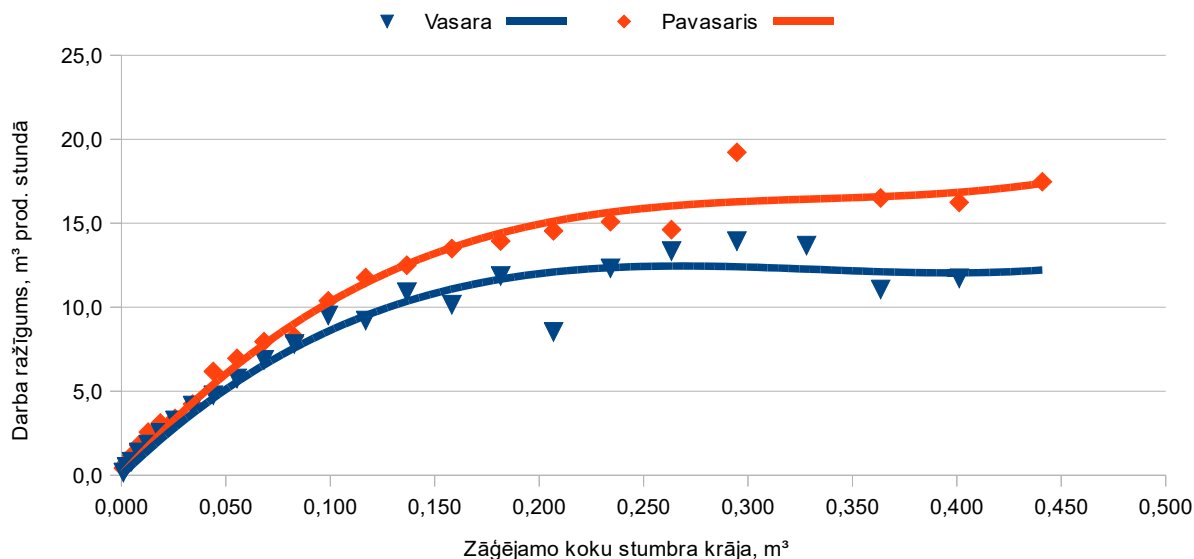
Salīdzinot ražīgumu lapkoku un skujkoku audzēs, būtiska atšķirība nav konstatēta (Att. 30), lai gan lapkoku audzēs nav novērota strauja ražīguma pieauguma samazināšanās, zāģējot par 20 cm resnākus kokus.



Att. 31: Darba ražīgums, zāģējot lapkoku un skujkoku audzes.

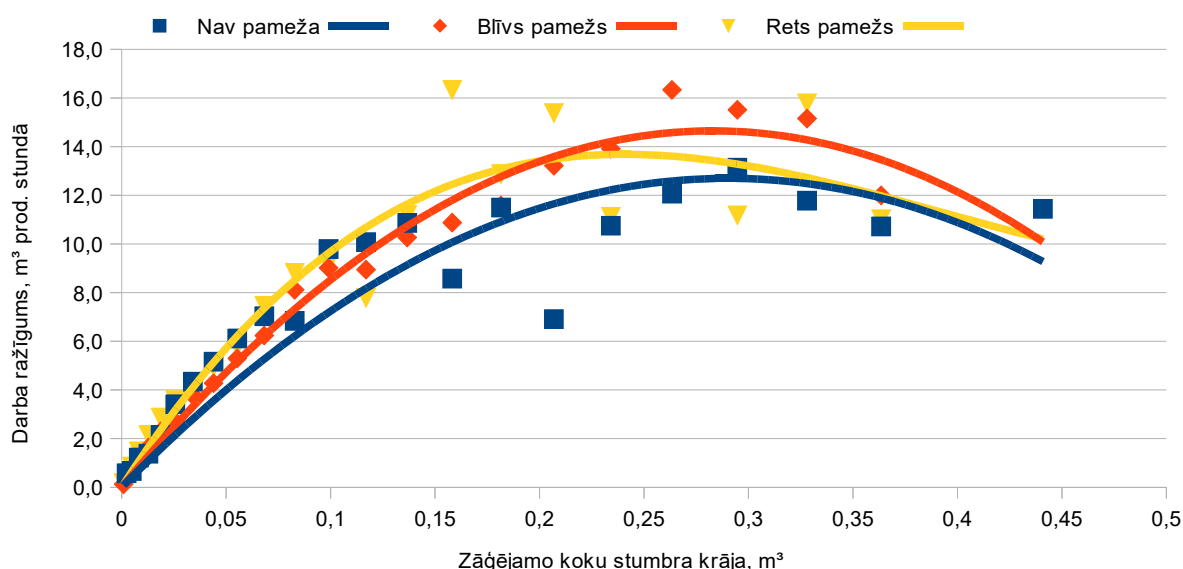
Pavasara izmēģinājumos ražīgums, zāģējot skujkokus, bija būtiski lielāks, nekā vasaras izmēģinājumos (Att. 31). Tas saistīts ar 2 faktoriem:

- pavasara izmēģinājumos notika pētījumi par kokmateriālu struktūru, gatavojot atsevišķos izmēģinājumos ne vairāk par 3 kokmateriālu veidiem;
- pavasara izmēģinājumos liela daļa apaļo kokmateriālu sagatavota priedes audzēs Mr meža tipā labos darba apstākļos.



Att. 32: Darba ražīgums pavasara un vasaras izmēģinājumos skujkoku audzēs.

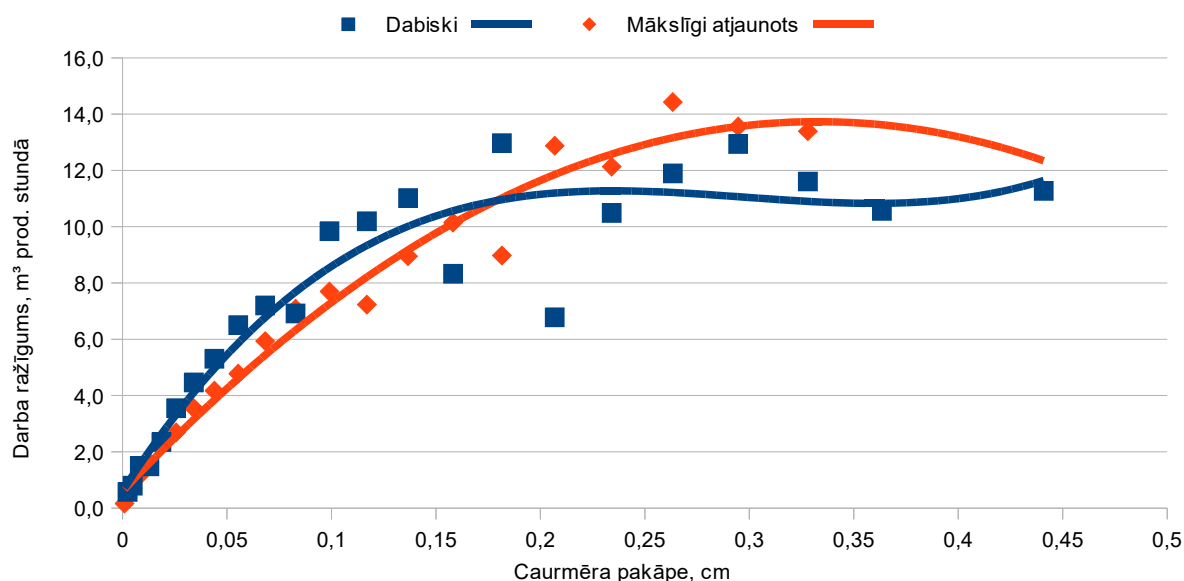
Pameža ietekme uz ražīgumu vērtēta atsevišķos nogabalos. Kopumā pakalpojumu sniedzējam bija dota izvēles brīvība – zāģēt vai saglabāt pameža kokus pirms mašinizētās mežizstrādes. Statistiski būtiska atšķirība, zāģējot dažādu dimensiju kokus skujkoku audzēs ar saglabātu vai nozāģētu pamežu, izmēģinājumos nav konstatēta (Att. 32).



Att. 33: Pameža ietekme uz ražīgumu.

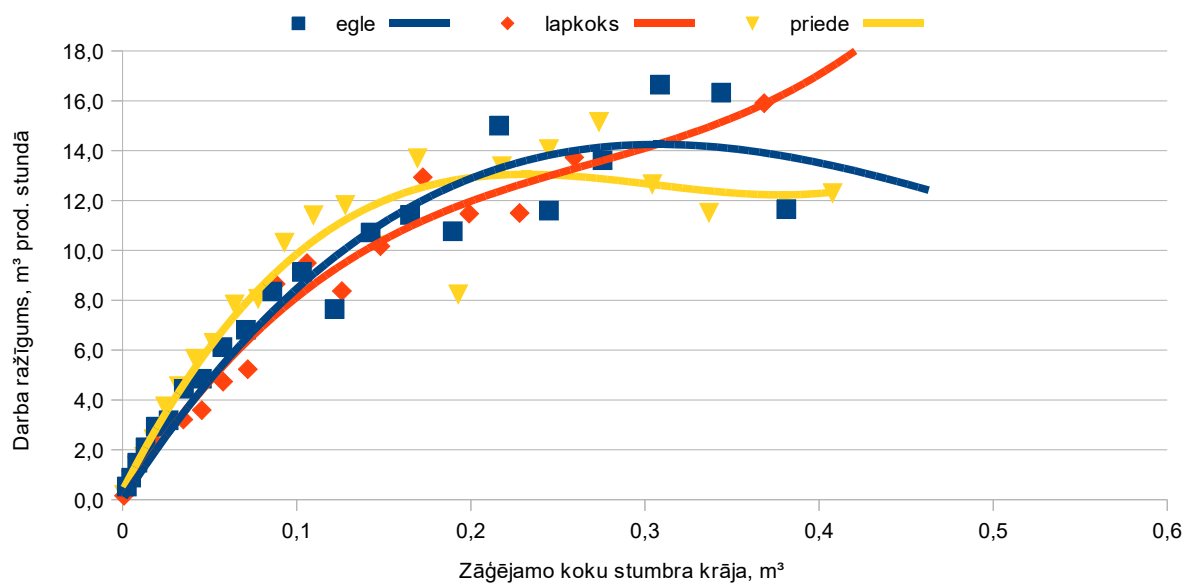
Viena no projekta hipotēzēm saistījās ar augsnes sagatavošanas radītā mikroreljefa negatīvo ietekmi uz harvestera ražīgumu. Salīdzinot ražīgumu, zāģējot skujkokus, mākslīgi (*ar augsnes*

sagatavošanu) un dabiski (*bez augsnes sagatavošanas*) atjaunotās mežaudzēs, statistiski būtiska atšķirība nav konstatēta (Att. 33).



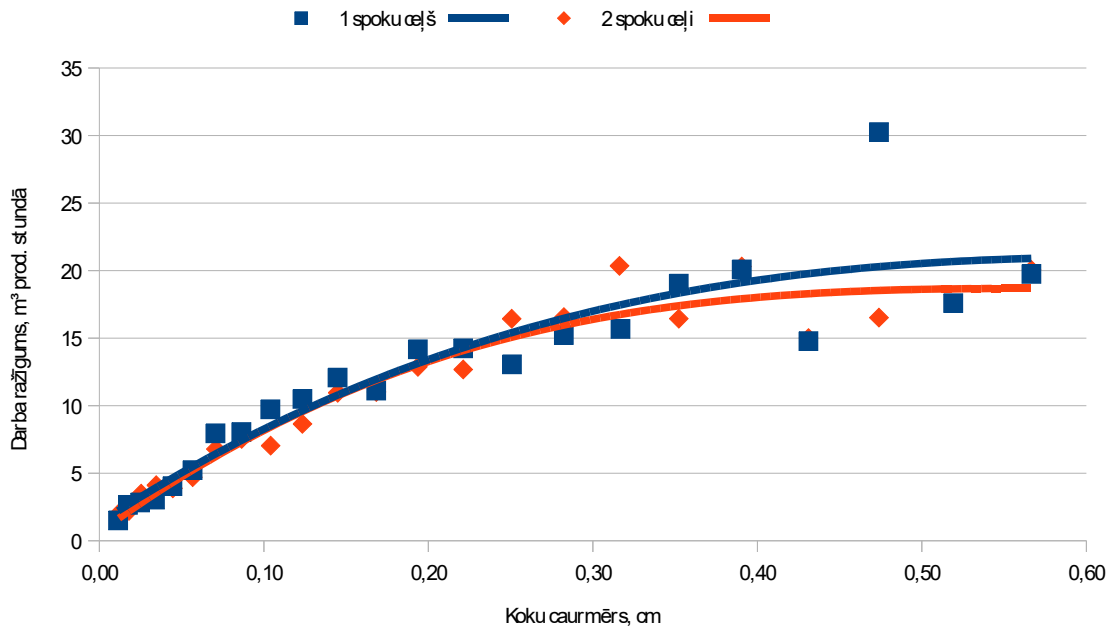
Att. 34: Meža atjaunošanas veida ietekme uz ražīgumu.

Salīdzinot ražīgumu, zāgējot dažādu sugu kokus, statistiski būtiska atšķirība nav konstatēta, lai gan, zāgējot lapkokus, nav novērojams tik straujš ražīguma pieauguma samazinājums, kā skujkoku audzēs (Att. 34).



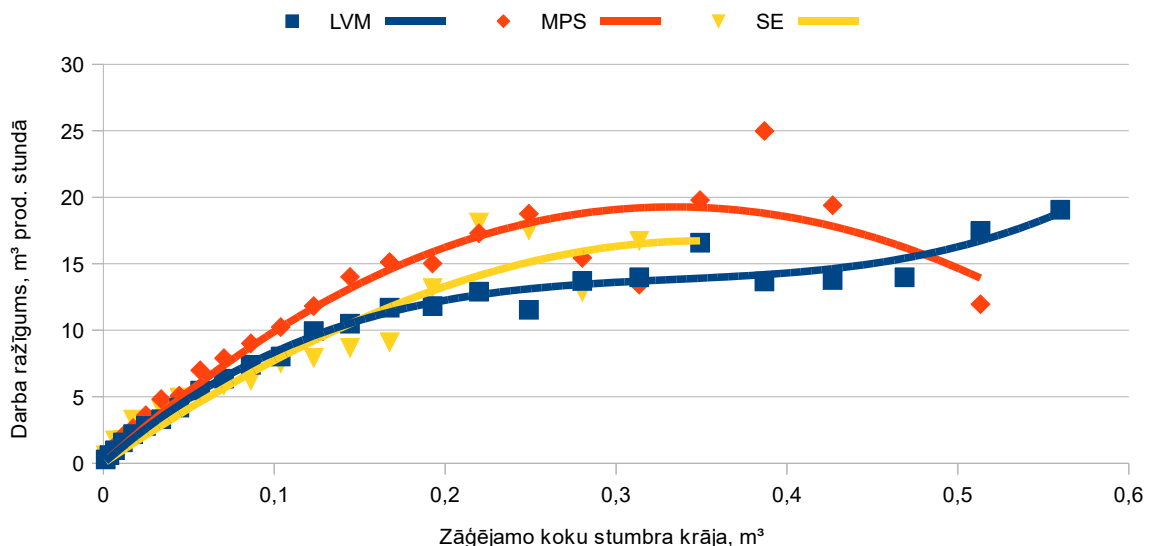
Att. 35: Darba ražīgums, zāgējot dažādu sugu kokus.

Pētījumā salīdzinātas dažādas darba metodes, tajā skaitā "spoku ceļu" skaita ietekme uz ražīgumu. Veidojot 1 "spoku ceļu", operators liek sagatavotos apaļos kokmateriālus uz abām pusēm no mašīnas, bet, veidojot 2 "spoku ceļus", nozāgētie koki vai arī sagatavotie kokmateriāli ir jāpārceļ uz vienu pusi. Statistiski būtiskas ražīguma atšķirības nav konstatētas (Att. 35), taču 2 "spoku ceļu" ierīkošana būtiski palielina bojāto koku īpatsvaru audzē (Att. 14).



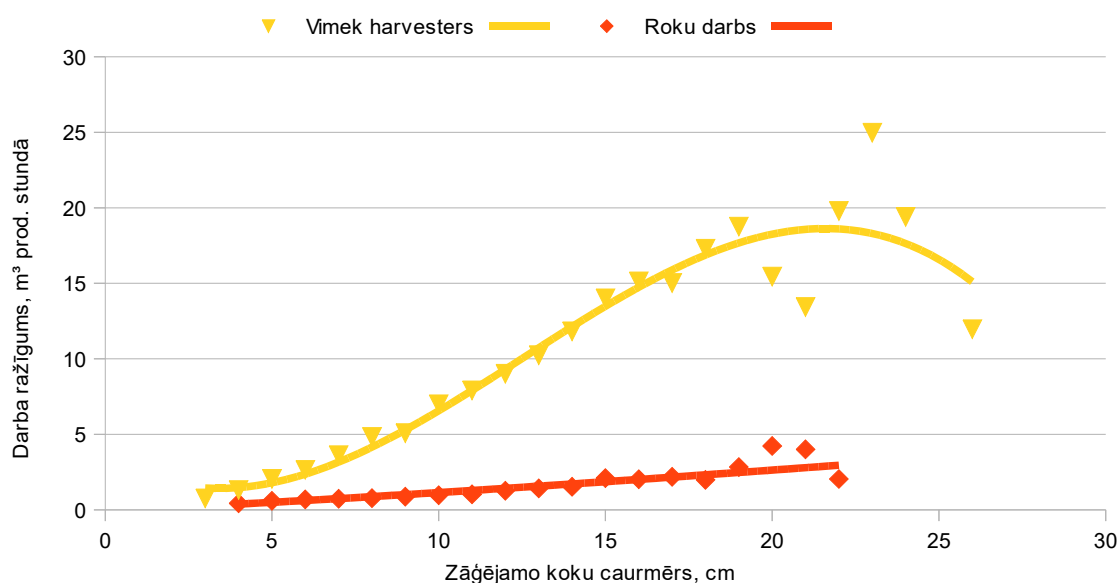
Att. 36: "Spoku ceļu" skaita ietekme uz ražīgumu.

Salīdzinot izmēģinājumus, kuros pēdējos gados pielietots Vimek harvesters, konstatēts, ka vislabākie ražīguma rādītāji sasniegti MPS apsaimniekotajās audzēs, savukārt LVM apsaimniekotajos mežos veiktajos izmēģinājumos ražīgums ir būtiski mazāks. Atšķirība skaidrojama ar darba uzdevumos noteikto gatavojamo kokmateriālu veidu skaitu – MPS mežos gatavoja līdz 4 apaļo kokmateriālu veidiem katrā audzē, bet LVM audzēs vasaras izmēģinājumos gatavoja standarta kokmateriālu veidu skaitu. Zviedrijā veikto izmēģinājumu rezultāti atrodas pa vidu starp abu Latvijā veikto izmēģinājumu rezultātiem (Att. 36). Tas nozīmē, ka Latvijas operatori spēja sasniegt labākus ražīguma rādītājus nekā viņu zviedru kolēģi.



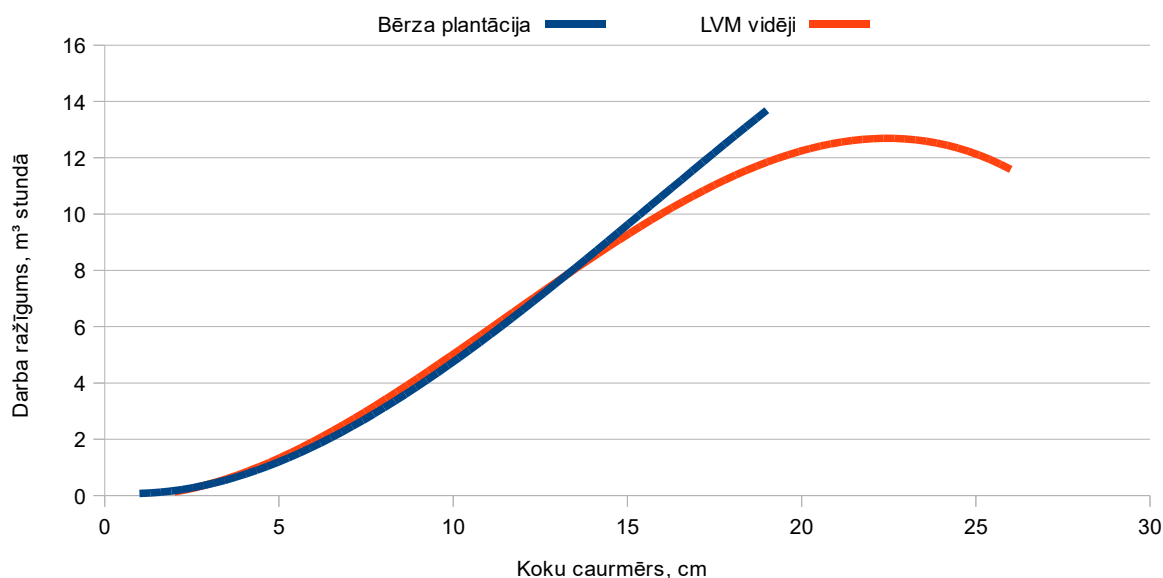
Att. 37: Darba ražīguma salīdzinājums dažādos izmēģinājumos.

Vimek harvestera ražīgums ir 5 reizes lielāks, nekā strādnieku ar ķēdes zāģi darba ražīgums, zāģējot līdz 10 cm resnus kokus, bet, zāģējot 20 cm resnus kokus, atšķirība ražīgumā pieaug līdz 6 reizēm (Att. 37).



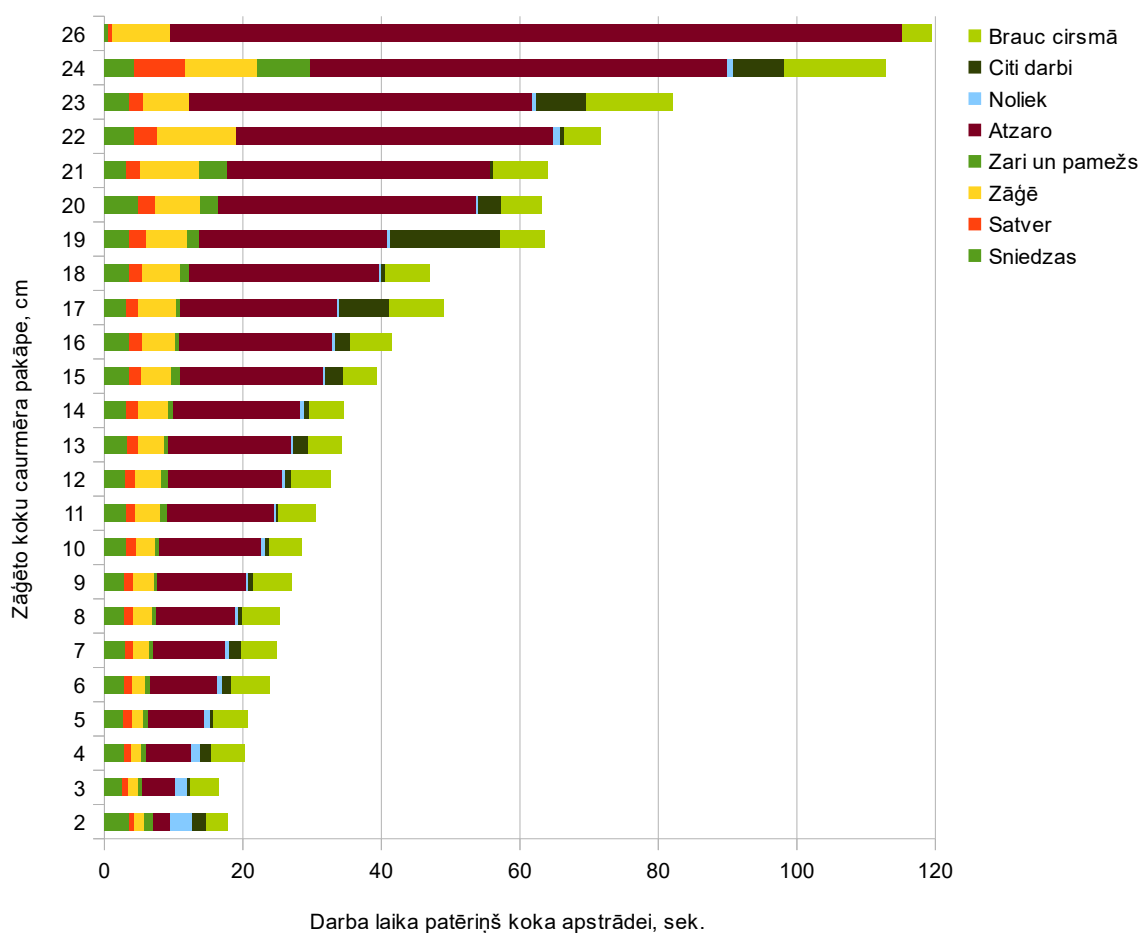
Att. 38: Harvestera un strādnieku ar ķēdes zāģi darba ražīguma salīdzinājums.

2016. gada rudenī veikti izmēģinājumi ar Vimek harvesteru arī AS "Latvijas finieris" apsaimniekotajās platībās. Salīdzinot ražīguma rādītājus, būtiskas atšķirības konstatētas tikai lielāko dimensiju koku apstrādē (Att. 38). Plantācijas ražīgums turpina palielināties arī tad, ja koka caurmērs ir lielāks par 15 cm, nesasniedzot līdz šim veiktajiem izmēģinājumiem raksturīgo ražīguma plato.



Att. 39: Darba ražīguma salīdzinājums bērza plantācijās un skujkoku audzēs.

Darba ražīgumu, zāģējot resnākus kokus, visvairāk ietekmē atzarošanai un garumošanai patērētais laiks (Att. 39). Šajā grafikā uzskatāmi nodemonstrēts arī tas, ka, atsakoties no tievāko kociņu atzarošanas, darba laika patēriņu šo koku zāģēšanai var samazināt vismaz 2 reizes.

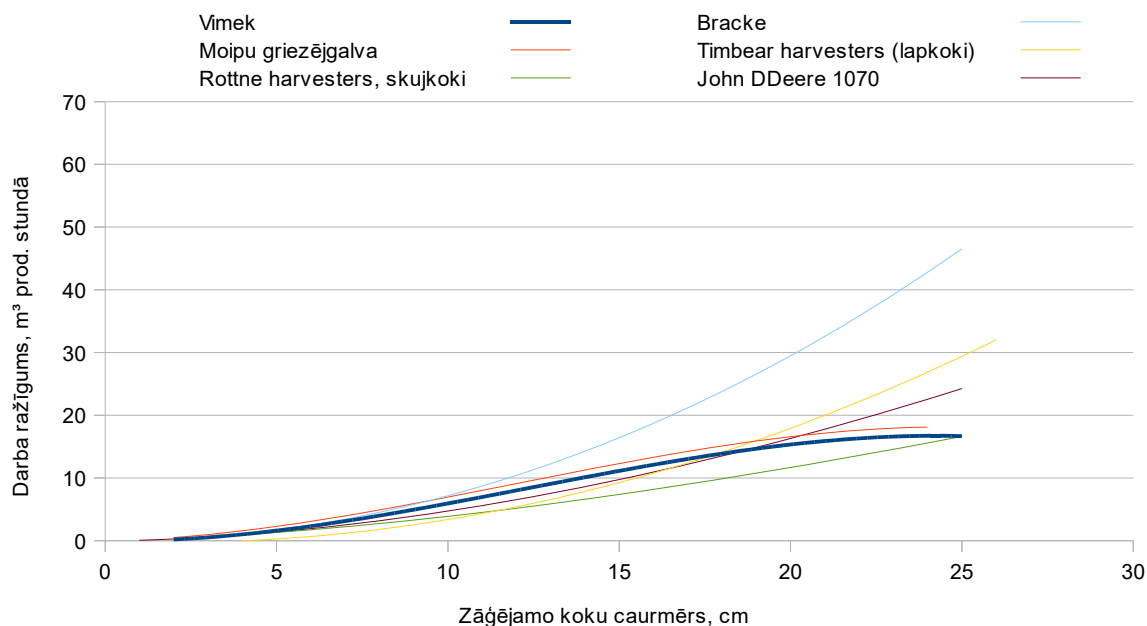


Att. 40: Darba laika elementu sadalījums, atkarībā no zāgējamā koka caurmēra.

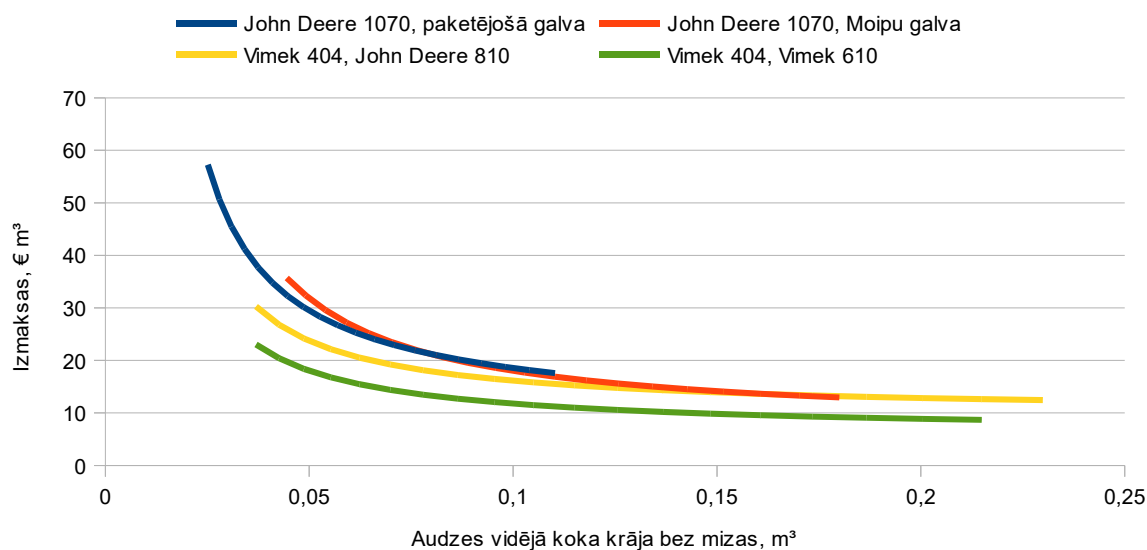
Harvestera degvielas patēriņš pavasara izmēģinājumos bija vidēji 4 L h^{-1} , bet vasaras izmēģinājumos pēc griezējgalvas nomaiņas degvielas patēriņš pieauga līdz $4,5 \text{ L h}^{-1}$.

Salīdzinot 2013. un 2014. gadā skujkoku audzēs ar citām mežizstrādes mašīnām veikto izmēģinājumu rezultātus jaunaudžu kopšanas cirtēs un Vimek harvestera sniegumu 2016. gadā, konstatēts, ka līdz 20 cm resnu koku zāgēšanā Vimek ir vismaz tikpat produktīvs, kā vidējās klases harvesteri (Att. 40). Vienīgā mežizstrādes tehnoloģija, kas pārspēj Vimek harvesteru mazu koku zāgēšanā, ir Bracke griezējgalva.

Salīdzinot dažādu tehnikas komplektu pielietošanas ietekmi uz apaļo kokmateriālu pašizmaksu, konstatēts, ka vismazākās izmaksas ir, izmantojot Vimek harvesteru un Vimek 810 vai ekvivalentu pievedējtraktoru (Att. 41). Izmantojot vidējās klases pievedējtraktoru ar Vimek harvesteru, apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes izmaksas izlīdzinās ar citiem variantiem, ja audzes vidējā koka stumbra tilpums ir $0,175 \text{ m}^3$.



Att. 41: Darba ražīguma rezultātu salīdzinājums ar citām mežizstrādes mašīnām¹².



Att. 42: Kokmateriālu pašizmaksa atkarībā no mežizstrādē izmantotās tehnikas.

Mazās tehnikas pielietojuma ietekmi uz mežaudzi uzskatāmi parāda Att. 42. Kreisajā pusē ir platība, kas 2015. gadā izkopta ar ar ķēdes zāģiem, ierīkojot 4 m platus tehnoloģisko koridorus ik pēc 20 m, bet labajā pusē ir platība, kas izkopta ar Vimek harvesteru, ierīkojot tehnoloģiskos koridorus ik pēc 9-10 m. Satelītattēlā tehnoloģiskie koridori labajā pusē redzamajā platībā gandrīz nav identificējami. Tas nozīmē, ka paliekošo koku vainagi maksimāli efektīvi izmanto augšanas telpu un visa audze pēc kopšanas attīstīsies vienmērīgi.

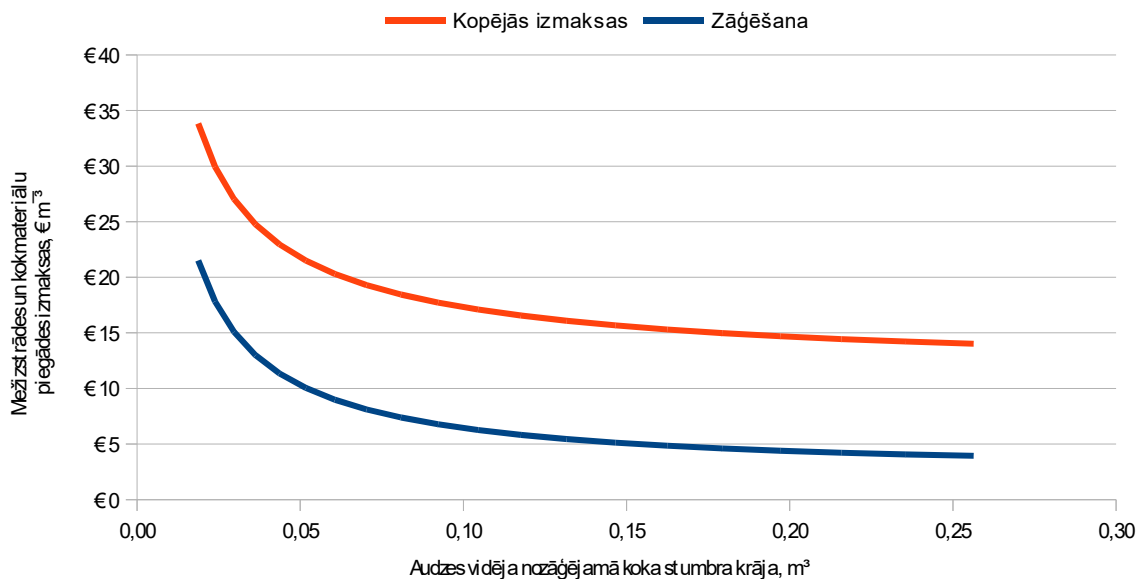
¹² Skujkoku audzes, pamežs nozāģēts.



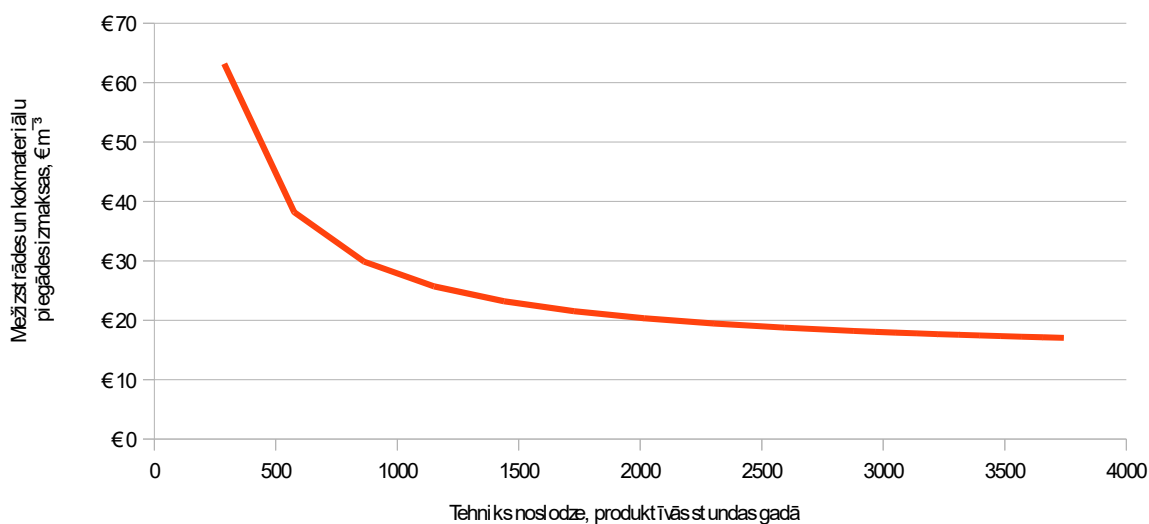
Att. 43: Ar ķēdes zāģi un vidējās klases harvesteru izkoptas mežaudzes salīdzinājums satelītuzņēmumā.

Harvestera darba stundas izmaksas izmēģinājumos bija 42 €. Izmaksas aprēķinātas atbilstoši faktiskajiem pakalpojumu sniedzēja izdevumiem tehnikas uzturēšanai. Gada laikā, nostrādājot 2880 produktīvās stundas, ar Vimek harvesteru var saražot 16 tūkst. m³ apaļo kokmateriālu. Vidējie ražīguma rādītāji izkoptās platības izteiksmē ir 9 stundas ha⁻¹ (6,2 m³ ha⁻¹). Apaļo kokmateriālu sagatavošanas pašizmaksa ir vidēji 10 € m³ (vidējās klases harvesters līdzīgos apstākļos – 11,9 € m³).

Kopējās kokmateriālu sagatavošanas un piegādes izmaksas, izmantojot Vimek harvesteru un Kranman pievedējtraktoru, ir 16,6 € m⁻³ (pievešanas attālums 140 m, ceļu transports 50 km). Pašizmaksu būtiski ietekmē zāgējamo koku caurmērs (Att. 43, nav lietderīgi gatavot kokmateriālus, ja vidējais nozāgējamais koks būs tievāks par 8 cm) un tehnikas noslodze (Att. 44). Harvesteram gadā jānostrādā vismaz 2000 stundas, lai nodrošinātu optimālus kokmateriālu pašizmaksas rādītājus. Šie apstākļi jāņem vērā, plānojot mazās tehnikas iepirkumus kopšanas cirtēs.

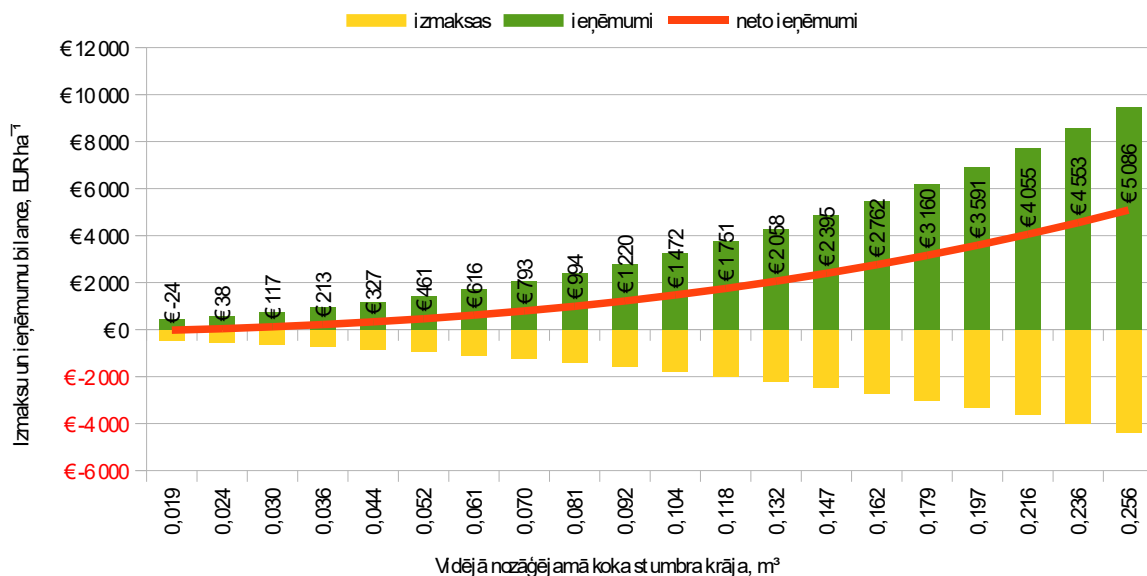


Att. 44: Zāģējamo koku dimensiju ietekme uz kokmateriālu pašizmaksu.



Att. 45: Tehnikas noslodzes ietekme uz kokmateriālu pašizmaksu.

Salīdzinot prognozējamo ieņēmumu un izdevumu struktūru kopšanas cirtēs, Vimek harvesteru lietderīgi izmantot tad, ja vidējā zāģējamā koka stumbra tilpums ir vismaz 0,05 m³ (Att. 45).



Att. 46: Ieņēmumu un izdevumu analīze, zāģējot dažādu dimensiju kokus.

Pētījumā secināts, ka Vimek harvesters izmantojams jaunaudzū un krājas kopšanas cirtēs, kā arī galvenajā cirtē lapkoku (*baltalksnis, vītols u.c.*) audzēs, ražojot tos pašus apaļo kokmateriālu veidus, ko gatavo ar vidējās klases harvesteriem. Vimek harvesters ir efektīvāks (*vērtējot pakalpojuma izmaksas*) par vidējās klases harvesteru, ja zāģējamo koku caurmērs ir mazāks nekā 20 cm. Zāģējot resnākus kokus, pieaug vidējās klases harvesteru priekšrocības. Vimek harvesters ir piemērots darbam uz visiem augšņu tipiņiem, tajā skaitā uz meliorētām vai dabiski mitrām organiskām augsnēm.

Lai nodrošinātu ekonomiski izdevīgu mežizstrādes piedāvājumu, pakalpojumu iepirkumā jāparedz tik liels darba apjoms, lai harvesters gada laikā varētu nostrādāt vismaz 2000 produktīvās stundas. Pakalpojumu iepirkumā nav jāiekļauj audzes, kurās plānota par 20 cm resnāku koku zāģēšana. Izņēmums ir kopšanas cirtes audzēs ar ekstremāliem pievešanas apstākļiem, kur Vimek harvesters var aizstāt ķēdes zāģus.

Turpmākajos pētījumos jānoskaidro Vimek harvestera pielietošanas iespējas, zāģējot līdz 6 m garus kokus jaunaudzū kopšanas cirtēs, kurās nav plānota kokmateriālu vai biokurināmā sagatavošana. Šāds pakalpojumu veids var būt perspektīvs, lai palielinātu mašīnas noslodzi un samazinātu mežizstrādes pakalpojuma izmaksas.

Optimāls tehnikas izmantošanas scenārijs:

- Vimek harvesters ar vismaz 2 operatoriem;
- Vimek 810 vai ekvivalents pievedējtraktors ar vismaz 2 operatoriem¹³;
- komplekss pakalpojumu iepirkums relatīvi nelielā (*daži iecirkņi*) teritorijā (*jaunaudzū kopšanas cirtes, gatavojot vai negatavojot kokmateriālus; krājas kopšanas cirtes; sanitārās kopšanas cirtes; koku zāģēšana aizsargājamās dabas teritorijās uz augsnēm*

¹³ Galvenajā cirtē Vimek harvesteru var izmantot komplektā ar vidējās klases pievedējtraktoru.

ar mazu nestspēju; ievalku veidošana ieplaku nosusināšanai; veģetācijas novākšana no grāvju atbērtņem)¹⁴.

Kopšanas cirtēs, darbojoties spēkā esošo normatīvu noteiktajās robežās, tehnoloģiskos koridorus kokmateriālu pievešanai lietderīgi veidot ik pēc 20 m, starp tiem ierīkojot 1-2 “spoku ceļus”. Jārēķinās ar to, ka 2 “spoku ceļi” palielinās mehāniski bojāto koku īpatsvaru.

Pētījuma atskaite ir sagatavošanas stadijā. Papildus darba apjomu radīja vasaras izmēģinājumi, kas nebija paredzēti sākotnējā Vimek harvestera pētījumu plānā. Pētījuma atskaitē iekļausim arī AS “Latvijas finieris” veikto izmēģinājumu rezultātus. Atskaite par izmēģinājumu rezultātiem AS “Latvijas finieris” bērza plantācijās pieejama projekta dokumentu interneta vietnē¹⁵.

Risinājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos

Padeves veltnu ietekmes uz ražīgumu, degvielas patēriņu un kokmateriālu kvalitāti novērtējums

Pētījuma mērķis ir novērtēt harvestera griezējgalvas padeves veltnu tipa ietekmi uz degvielas patēriņu, ražīgumu, sagatavoto kokmateriālu (*finierkluči, skujkoku zāģbaļķi un mieti*) mehāniskajiem bojājumiem un koksnes produktu ražošanas izmaksām. Pētījumā salīdzināti padeves veltni ar kustīgām metāla plāksnēm uz gumijas amortizatoriem (*Moipu plate wheel rollers, turpmāk tekstā – saudzīgie padeves veltni*) un padeves veltni ar lielāk radzēm (*turpmāk tekstā – parastie padeves veltni*).

Izmēģinājumi veikti Vidusdaugavas mežsaimniecībā. Harhesters, kura griezējgalva aprīkota ar saudzīgajiem padeves veltniem, izstrādājis 19 cirsmas ar kopējo platību 18,69 ha, bet, izmantojot griezējgalvu ar parastajiem padeves veltniem, izstrādātas 15 cirsmas ar kopējo platību 20,29 ha. Izmēģinājumos sagatavotie egles zāģbaļķi nogādāti pārstrādei uzņēmumā SIA „Rettenmeier Baltic Timber”, priedes zāģbaļķi – SIA „IKEA Industry Latvia Ltd”, bet finierkluči nogādāti AS “Latvijas finieris”. Izmēģinājumos izmantots Ponsse Ergo harvestera 2008. gada modelis ar standarta griezējgalvu H7.

Pētījumā noteikts ražīgums un kokmateriālu bojājumi, izmantojot parastos padeves veltnus un saudzīgos padeves veltnus (Att. 46). Pētījumā analizēti bojājumi, kas radīti finiera plātnēm, apzāģētiem kokmateriāliem un virpotiem mietiem (Att. 49).

¹⁴ Jaunaudžu kopšanas cirtes, negatavojot apaļos kokmateriālus vai biokurināmo; mežizstrāde aizsargājamās dabas teritorijās uz augsnēm ar mazu nestspēju, ievalku veidošana ieplaku nosusināšanai un veģetācijas novākšana no grāvju atbērtņem ir hipotētiskas mazo harvesteru pielietošanas jomas, kur attīstības iespējas vēl ir jāpārbauda eksperimentāli.

¹⁵ https://drive.google.com/open?id=0Bxv4jQ_04jXZNzR3aTFyc2pJNWc



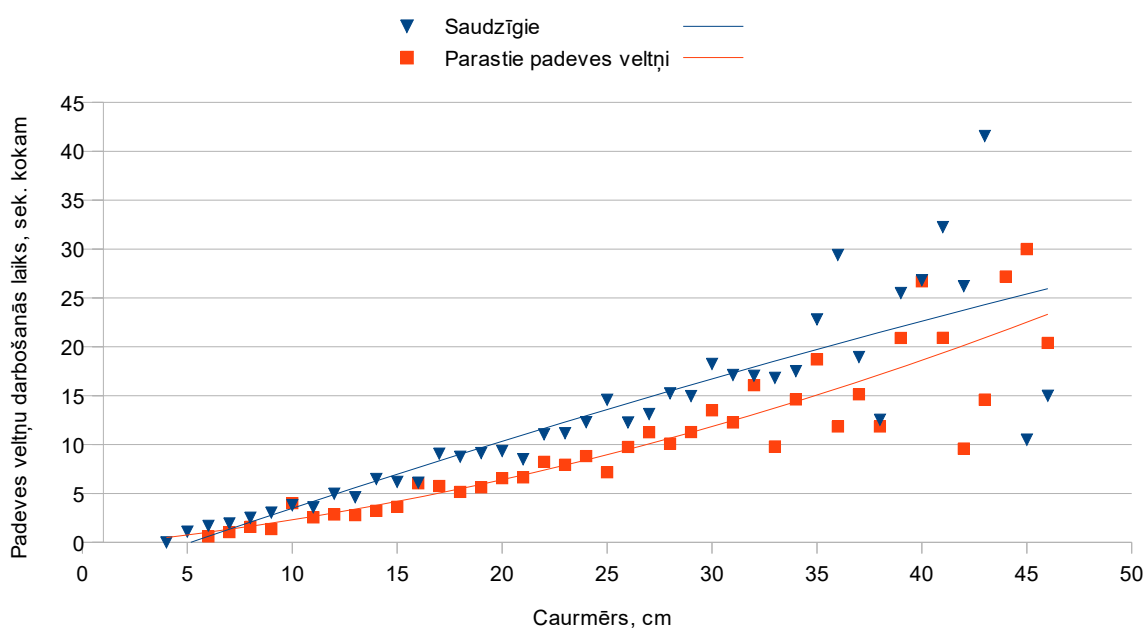
Att. 47: Saudzīgie padeves veltņi16.

Saskaņā ar ražīguma uzskaites rezultātiem, saudzīgo padeves veltņu izmantošana samazina ražīgumu (Tab. 19). Šo secinājumu apstiprina arī Ziemeļvalstīs veikto pētījumu rezultāti.

Tab. 19: Ražīguma rādītāju kopsavilkums

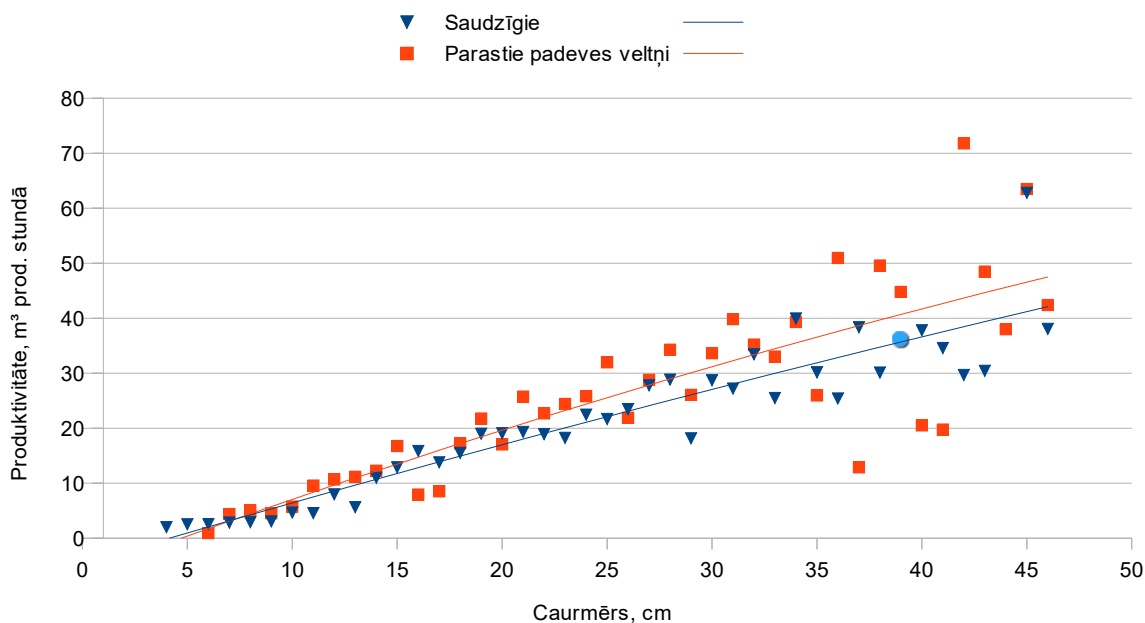
Veltņu tips	Produktīvajā stundā apstrādāto koku skaits	Produktīvais darba laika no kopējā darba laika	Iebraukšana un izbraukšana no audzes no produktīvā darba laika	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā, neskaitot braukšanu	Koeficients ražīguma grafiku aprēķiniem
Saudzīgie	53	99%	3%	20,3	20,9	91,5%
Parastie	51	99%	4%	24,3	25,3	93,4%

Darba laika elementu ilguma salīdzināšana parāda, ka ražīguma samazinājums saistīts tieši ar padeves veltņu darbības ilgumu koka atzarošanai un garumošanai (Att. 47). Darba ražīguma atšķirības saglabājas visās caurmēra pakāpēs (Att. 48).



Att. 48: Padeves veltņu darbības laiks 1 koka apstrādei atkarībā no koka caurmēra.

16 Foto: <http://www.mojpu.com/plate-wheels.html>



Att. 49: Vidējie ražīguma rādītāji atkarībā no koka caurmēra.

Degvielas patēriņš ar saudzīgajiem padeves veltniem, atbilstoši harvesteru uzskaitē, ir vidēji $18,2 \text{ L h}^{-1}$, bet ar standarta padeves veltniem – $17,2 \text{ L h}^{-1}$. Vidējās vērtības statistiski būtiski neatšķiras ($t_{stat} = 1,29 < t_{crit} = 2,20$).

Pētījumā secināts, ka padeves veltni būtiski iespaido harvesteru ražīgumu, zāgējot par 20 cm resnākus kokus. Tāpat konstatēts, ka, samazinoties zāgējamo koku caurmēram, būtiskas atšķirības nepastāv.

Vērtējot mehāniskos bojājumus (Att. 49), AS „Latvijas Finieris” visvairāk defektu konstatēts uz ārējām finiera loksnēm, kas gatavotas no tievāko dimensiju kokiem. Izmantojot ar saudzīgajiem padeves veltniem sagatavotos kokmateriālus, bojājumi 1. plūsmā konstatēti vidēji 5,8 % un 2. plūsmā – 1,9 % lokšņu, savukārt, izmantojot ar standarta padeves veltniem sagatavotos kokmateriālus, 1. plūsmā bojājumi ir vidēji ir 16,2 % lokšņu un 2. plūsmā – 2,6 % lokšņu. Uzņēmumā „ASP pluss” no piegādātajiem kokmateriāliem gatavoti mieti. Pirmajā plūsmā izbrāķēja 8,2 %, bet 2. plūsmā – 5,2 % materiāla ar veltnu iespaidumiem, ja kokmateriālu sagatavošanai izmantoti saudzīgie padeves veltni. Izmantojot parastos padeves veltnus, brāķētā materiāla daudzums ir būtiski lielāks: 1. plūsmā – 26,7 %, 2. plūsmā – 43,7 %, bet 3. plūsmā – 2,7 % materiāla. SIA „Rettenmeier Baltic Timber” un SIA „IKEA Industry Latvia Ltd” konstatēts, ka padeves veltni būtiski ietekmē no mazāko dimensiju zāģbaļķiem sagatavotā kokmateriāla kvalitāti. Saudzīgo padeves veltnu izmantošana ļauj gandrīz 2 reizes samazināt kokmateriālu kvalitātes korekcijas nepieciešamību.

Pētījumā secināts, ka saudzīgo padeves veltnu pielietošana ļauj būtiski samazināt padeves veltnu radīto mehānisko bojājumu apjomu, it īpaši mazāko dimensiju koku apstrādē. Saimniecisko ieguvumu izvērtēšanai jāveic padziļināta ieguvumu izpēte kokmateriālu ražošanas procesā un jāizvērtē saudzīgo padeves veltnu ietekme uz darba ražīgumu un kokmateriālu kvalitāti dažādos augšanas apstākļos un gadalaikos.



Att. 50: Harvestera padeves veltnu radītie bojājumi¹⁷.

Salīdzinot saudzīgos padeves veltnus ar parastajiem padeves veltniem, ieguvums no saudzīgo padeves veltnu izmantošanas ir vidēji $6,53 \text{ € m}^{-3}$. Strādājot ar parastajiem padeves veltniem, zaudējumi ir būtiski lielāki egļu audzēs ($3,5 \text{ € m}^{-3}$) nekā priežu audzēs.

Ar saudzīgajiem padeves veltniem sagatavoto kokmateriālu kvalitāti būtiski pasliktina griezējgalvas centrālais velkošais veltnis, kas aprīkots ar lielām radzēm. Lai pilnībā izmantotu saudzīgo padeves veltnu priekšrocības, nepieciešams izstrādāt vai adaptēt Latvijas apstākļiem piemērotu saudzīgu velkošo veltni.

Lai novērtētu sezonālo un koku dimensiju ietekmi uz kokmateriālu kvalitāti, ražīgumu un padeves veltnu kalpošanas laiku, izmēģinājumi jāatkārto ziemā un krājas kopšanas cirtēs, kā arī jāuzsāk ilglaicīgs (2-3 gadi) pilot-izmēģinājums ar vismaz 1 saudzīgo padeves veltnu komplektu.

Pilnīgākas informācijas iegūšanai par zaudējumiem, ko zāgmateriālu ražotājiem rada padeves veltnu iespaidumi, un par šo zaudējumu samazināšanas iespējām, izmantojot citādas konstrukcijas padeves veltnus, jānovērtē kvalitātes zudumi arī zāgmateriālu malu dēļos.

Pētījuma pārskats pieejams projekta dokumentu interneta vietnē¹⁸.

¹⁷ Foto: G. Saule un G. Rozītis.

¹⁸ https://drive.google.com/open?id=0Bxv4jQ_04jXZWjhp1l6Qk43ZDA

Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai

Audzū atlasē kritēriju izvērtēšana mašinizētai jaunaudzū kopšanai

Aktivitātes mērķis ir pilnveidot mežaudzū atlasē kritērijus, ko izmanto AS "Latvijas valsts meži" mašinizētai biokurināmā sagatavošanai piemērotu jaunaudzū izvēlei, tajā skaitā:

- i. katrā LVM mežsaimniecībā izveidot 3 sarakstus ar atšķirīgu sākotnējā audzes biežuma kritēriju (*vismaz 2500 koki ha⁻¹, vismaz 2000 un vismaz 1700 koki ha⁻¹*);
- ii. no sagatavotajiem sarakstiem izveidot pietiekoši reprezentablas nejausi izraudzītu mežaudzū paraugkopas un tās apsekot (*noteikt faktiskos taksācijas rādītājus un novērtēt biokurināmā sagatavošanas iespējas, veicot mašinizētu mežizstrādi*);
- iii. sagatavot priekšlikumus par mašinizēto kopšanu (*kur var, kur nevar, plānotais kokmateriālu iznākums*), kā arī izvēlēties raksturīgākās audzes kopīga semināra organizēšanai par audzū atlasī un par darba uzdevumiem kopšanā.

Veicot audzū atlasī, atlasē kritēriju saraksts paplašināts līdz 6 variantiem (Tab. 20), neskaitot esošos audzū atlasē kārtību.

Tab. 20: Mežaudzū atlasē kritēriji

Atlases	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Meža tips	Gr, Vr, Dm, Ln, Ap, As, Am, Vrs, Dms, Mrs					
Valdošā suga	P, E, B, A, Ba					
Vecums	vismaz 15 gadi					
Koku skaits / šķērslaukums	AK41 1. suga > 2000 gab. ha ⁻¹	AK42 1. sugas 2000-1700 gab. ha-1	AK43 Nogabala kopējais koku skaits par 30 % lielāks, nekā minimālais 1. sugas koku skaits	AK44 1. sugas > 2000 gab. ha-1	AK45 1. sugas 2000-1500 gab. ha-1	AK46 Nogabala kopējais koku skaits vai šķērslaukums par 30 % lielāks, nekā minimālais 1. sugas šķērslaukums vai koku skaits
Koku augstums	AK51 2-8 m			AK52 9-12 m		
Platība	kopējā kritērijiem atbilstošo nogabalu platība kvartāla robežās vismaz 1,5 ha					

Veicot atlasī pēc noklusētajiem kritērijiem, konstatēts, ka biokurināmā sagatavošanai jaunaudzū kopšanas cirtēs patreiz ir pieejami 7,6 tūkst. ha un kopējā iegūstamā krāja ir 615 tūkst. m³ (Tab. 21). Vidējais nozāgējamais koks atbilstoši šim aprēķinam ir 0,09 m³. Kopšanā nozāgējamo koku skaita un dimensiju aprēķinā pieņemts, ka kopšanu veic no apakšas, t.i. vispirms izzāgē mazākos kokus.

Tab. 21: Biokurināmā resursi jaunaudzū kopšanas cirtēs atbilstoši Valsts meža fonda datiem

Reģions	Izcērtamo koku skaits, gab. ha ⁻¹	Vidējais izcērtamais koks, m ³	Izcērtamā krāja, m ³ ha ⁻¹	Kopējā izcērtamā krāja, m ³	Zāgējamo koku D	Platība, ha	Vidējā nogabala platība, ha	Nogabalu skaits
Austrumvidzemes	967	0,09	72,86	70 199	12	830	1,31	634
Dienvidkurzemes	788	0,11	71,81	90 824	13	1 139	1,34	847
Dienvidlatgales	901	0,09	67,2	91 712	12	1 214	1,46	831
Rietumvidzemes	866	0,11	74,01	72 891	13	922	1,35	682
Vidusdaugavas	926	0,08	64,47	99 892	12	1 232	1,39	884

Reģions	Izcērtamo koku skaits, gab. ha ⁻¹	Vidējais izcērtamais koks, m ³	Izcērtamā krāja, m ³ ha ⁻¹	Kopējā izcērtamā krāja, m ³	Zāģējamo koku D	Platība, ha	Vidējā nogabala platība, ha	Nogabalu skaits
Zemgales	857	0,11	79,16	83 730	13	973	1,55	628
Ziemeļkurzemes	976	0,09	69,14	41 232	12	506	1,01	499
Ziemeļlatgales	845	0,09	61,27	64 196	12	855	1,23	696
Visos reģionos	886	0,09	69,67	614 677	13	7 671	1,35	5701

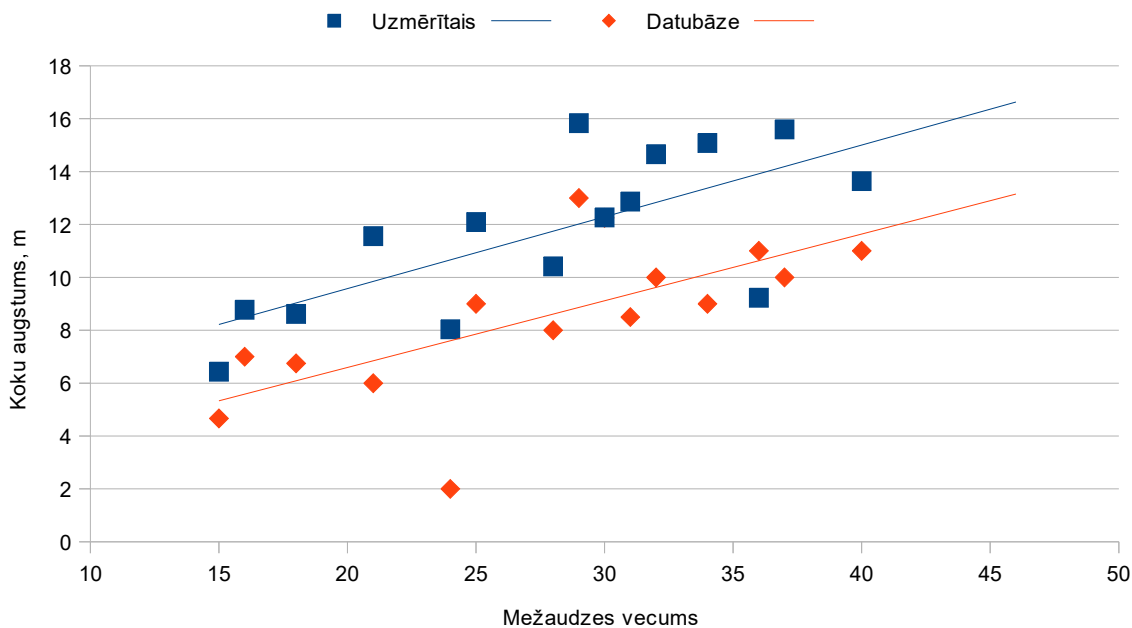
Salīdzinoši vislielākā krāja pieejama tad, ja jaunaudžu atlasī veic pēc minimālā šķērslaukuma vai koku skaita (*atlases ak4351 un ak4652 Tab. 22*). Vidējā koka aprēķini parāda, ka ekonomiski izdevīga mežizstrāde varētu būt tikai tad, ja atlasē iekļauj audzes, kur koku augstums ir vismaz 9 m.

Tab. 22: Biokurināmā resursi jaunaudžu kopšanas cirtēs dažādos atlases variantos

Atlases variants	Platība, ha	Nogabalu skaits	Vidējā platība, ha	Izcērtamo koku skaits, gab. ha ⁻¹	Vidējais izcērtamais koks, m ³	Izcērtamā krāja, m ³ ha ⁻¹	Kopējā izcērtamā krāja, m ³	Zāģējamo koku caurmērs, cm
ak4151	1 399	1651	0,85	1 446	0,01	16,94	25 723	5
ak4241	434	283	1,53	1 501	0,01	17,89	8 529	6
ak4351	18 591	9190	2,02	1 335	0,02	19,41	369 667	6
ak4452	67	81	0,82	1 426	0,04	55,07	3 981	10
ak4552	89	65	1,37	1 371	0,04	54,41	5 210	10
ak4652	14 039	5762	2,44	948	0,07	53,28	745 549	11

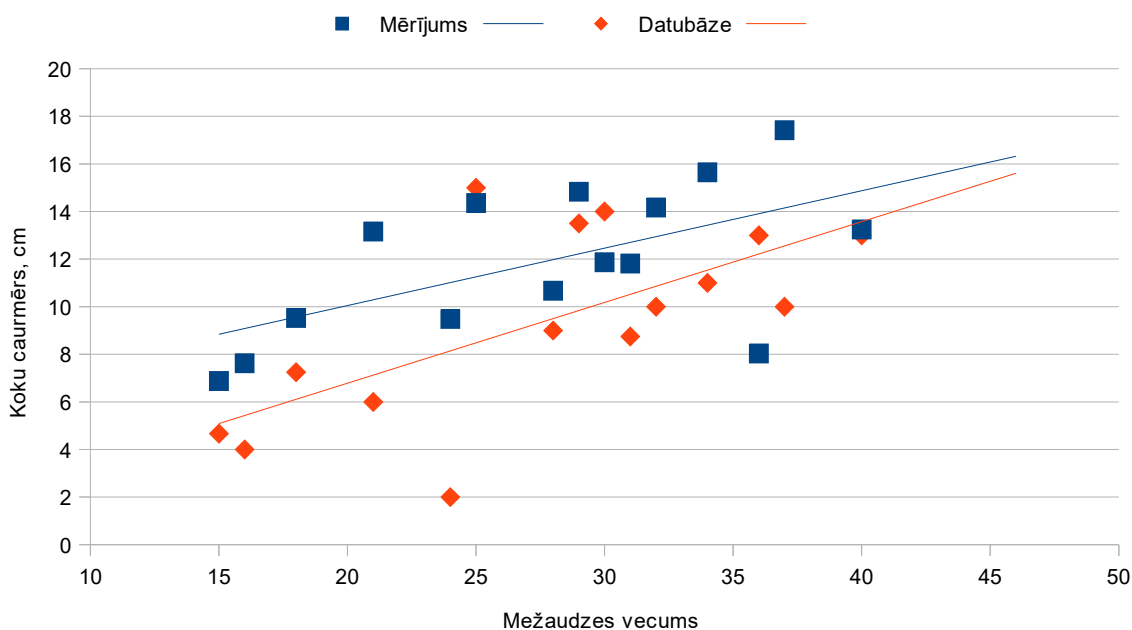
Valsts meža reģistra datus veikta nejauša biokurināmā sagatavošanas kritērijiem atbilstošu mežaudžu atlase un ar transektu metodi 100 m² lielos laukumos uzmērīti katrā audzē vismaz 100 koki. Kopumā apsekotas 83 audzes. Apsekojuma mērķis bija salīdzināt datubāzē iekļautos un faktiskos mežaudžu taksācijas rādītājus.

Salīdzinot koku augstumu, skujkoku audzēs konstatēta būtiska atšķirība (Att. 50). Faktiskais koku augstums jaunaudzēs, neatkarīgi no vecuma, ir par 2-3 m lielāks nekā datubāzē. Lapkokiem šāda likumsakarība nav konstatēta. Pieejamo resursu prognozēšanā tas nozīmē, ka ir jāizmanto būtiski mazākas (par 20 %) minimālā šķērslaukuma vai koku skaita kritēriju vērtības, lai objektīvāk novērtētu platības, kurās iespējama biokurināmā iegūšana.



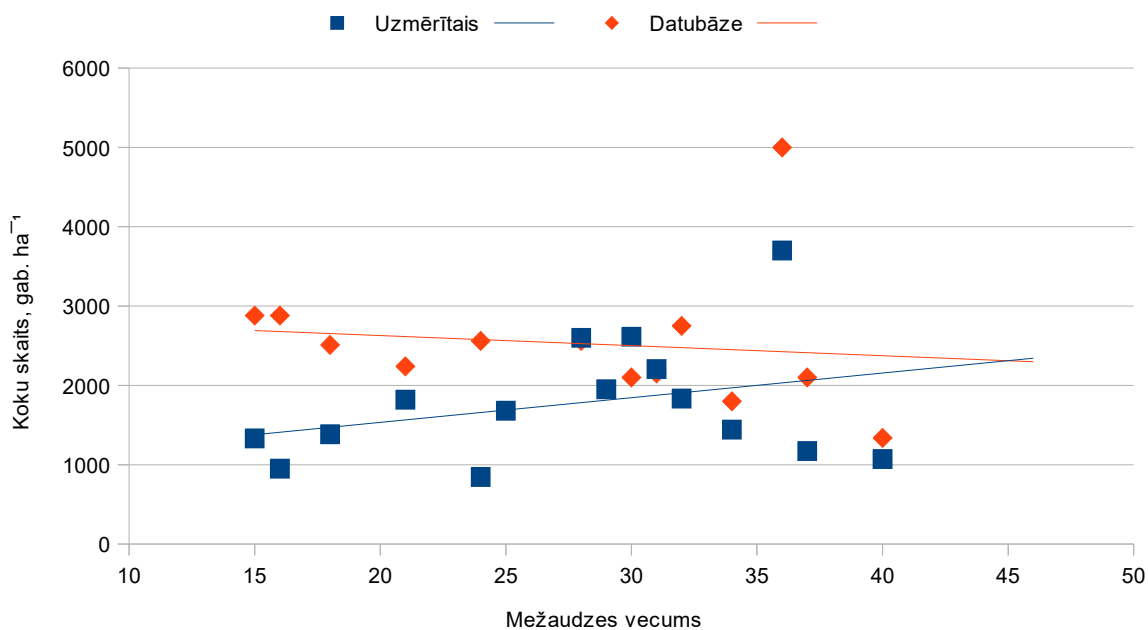
Att. 51: Koku augstuma un mežaudžu vecuma salīdzinājums egļu audzēs.

Salīdzinot valdaudzes koku caurmērus dažāda vecuma audzēs, konstatēta līdzīga likumsakarība – mērījumu rezultāti ir par 2-4 cm lielāki. Palielinoties koku vecumam, atšķirība starp datubāzes rādītājiem un mērījumu rezultātiem samazinās (Att. 51).



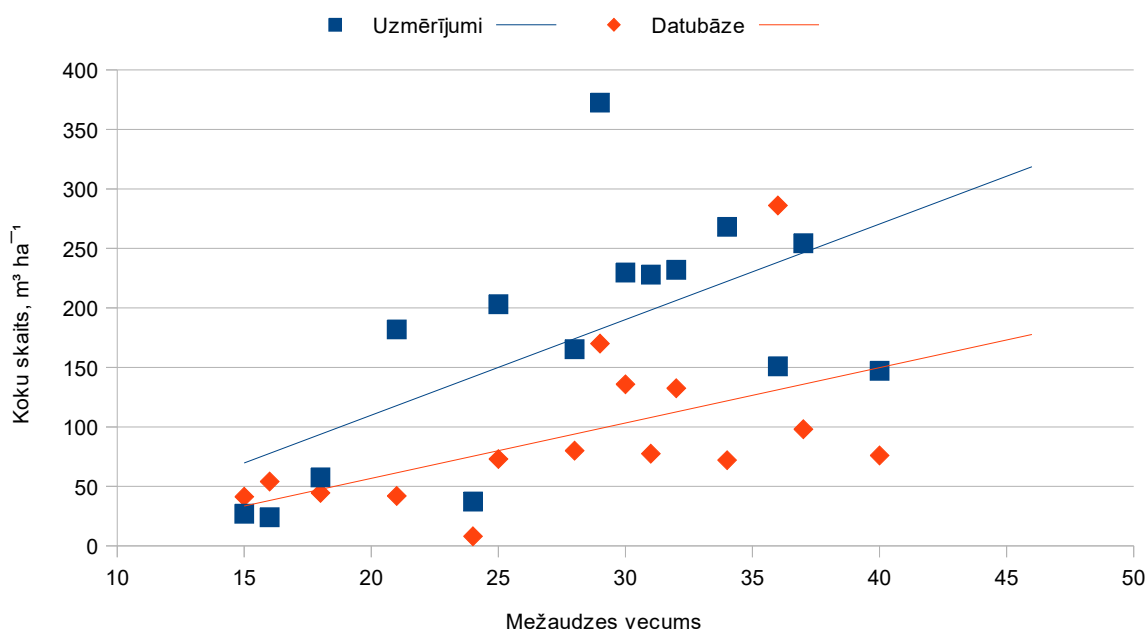
Att. 52: Koku caurmēra un mežaudžu vecuma salīdzinājums egļu audzēs.

Novērota likumsakarība, ka jaunākās mežaudzēs faktiskais koku skaits ir mazāks nekā datubāzē, bet vecākās audzēs koku skaita rādītāji izlīdzinās (Att. 52).



Att. 53: Koku skaita un mežaudžu vecuma salīdzinājums egļu audzēs.

Augošo koku krājam jaunaudzēs konstatēta atšķirības pieauguma tendence vecākās audzēs, lai gan atsevišķos gadījumos novērota arī krājas sakritība (Att. 53).



Att. 54: Krājas un mežaudžu vecuma salīdzinājums egļu audzēs.

Pētījuma turpmākajos etapos plānots izvērtēt LiDAR, SAR un Sentinel II datu izmantošanas iespējas biokurināmā sagatavošanai piemēroto audžu atlasei, salīdzinot teritorijas reljefu, koku augstumu un rādītājus, kas raksturo mitruma režīmu.

Augsnes sagatavošanas iekārtu ģeogrāfiskās informācijas sistēmu datu analīze

Pētījuma mērķis uzlabot augsnes sagatavošanas kvalitāti un nodrošināt labākus darba apstākļus krājas kopšanas cirtē. Pētījuma darba uzdevumi ir:

- i. identificēt raksturīgākās augsnes gatavošanas shēmas (*augšnes gatavošanas virziens, manevru skaits atkarībā no nogabala konfigurācijas un meža tipa un manevrēšanas joslas platums*);
- ii. novērtēt ražīgumu atkarībā no augšanas apstākļiem (*ja augsnes sagatavošanas ģeogrāfiskā informācija satur laika atzīmes*);
- iii. izveidot optimālas kopšanas cirtes tehnoloģisko koridoru kartes nejauši atlasītai atjaunoto platību paraugkopai ar augsnes sagatavošanas ģeogrāfisko informāciju, veidojot vienkāršotu reljefa modeli uz LiDAR datu pamata;
- iv. pilnveidot augsnes sagatavošanas shēmu iepriekš atlasītajā meža atjaunošanas objektu paraugkopā atbilstoši kopšanas ciršu tehnoloģisko koridoru shēmai un novērtēt manevru skaita un kopējā nobraucamā attāluma izmaiņas.

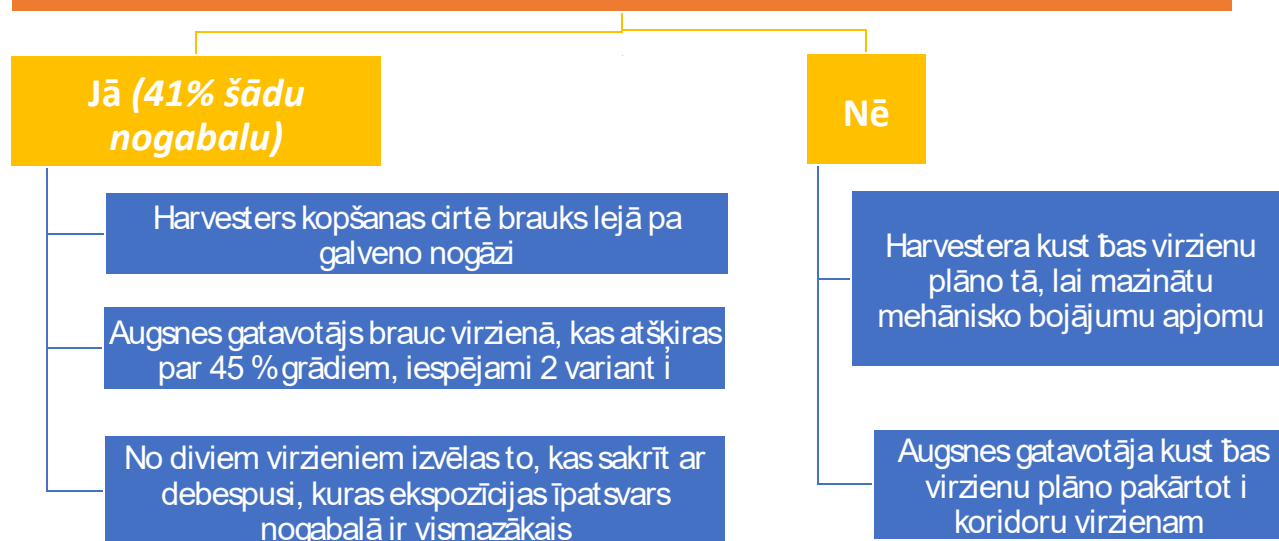
Pētījumā izstrādātas vektordatu analīzes metodes, ko var izmantot augsnes gatavošanas kvalitātes novērtēšanai, kā arī augsnes gatavošanas darba uzdevuma definēšanai regulāras formas meža nogabalos vai arī neregulāras formas nogabalos, kuros izteikti dominē 1 sateces baseins.

Analizējot vektordatus, noskaidrots, ka augsnes gatavotāja kustības virziens būtiski ietekmē ražīgumu, tāpēc, novirzot augsnes gatavošanas virzienu 45° leņķī pret nogabala garenasi, jārēķinās ar papildus izmaksām. Pētījumā izstrādātā metode augsnes gatavošanas ražīguma modelēšanai ir izmantojama papildus augsnes gatavošanas izmaksu novērtēšanai.

Pētījumā izstrādāta metodika augsnes gatavošanas virziena raksturošanai un modelēšanai atkarībā no nogabala reljefa, kā arī identificētas teritorijas, kurās var definēt darba nosacījumus augsnes sagatavošanas virzienam. Izstrādātās metodes pamatā ir nogabala zonēšana atbilstoši tā reljefa daļām un augsnes gatavotāja kustības plānošana atbilstoši zonu vērsumam un kritumam.

Pētījumā izstrādāta lēmuma pieņemšanas shēma darba uzdevuma noteikšanai augsnes gatavotājiem (Att. 55). Reljefa dati šajā shēmā ir prioritizēti, salīdzinājumā ar nogabalu izstiepuma rādītājiem, jo pieņemts, ka hidroloģiskā režīma pasliktināšanās ilgtermiņā var radīt būtiski lielākus zaudējumus, nekā harvesterā ražīguma pasliktināšanās, lai gan kvantitatīvi šos zaudējumus pagaidām nevar izteikt. Pētījumā izstrādāto augsnes gatavošanas darba uzdevuma precizēšanas metodi, izmantojot reljefa datus, var pielietot 41 % visu audžu, kurās veikta augsnes sagatavošana.

Vai nogabalā ir vismaz 30% teritorijas, kas vērsta vienā virzienā



Att. 55: Sākotnējie augsnes apstrādes kustības plānošanas ieteikumi.

Pētījumā definētas arī prioritātes turpmākajam darbam, tajā skaitā augsnes granulometriskā sastāva datu ekstrapolācija, empīrisku datu ieguve augsnes sablīvējuma ietekmes uz ūdens plūsmas ātrumu raksturošanai, kā arī augsnes gatavotāja ražīguma un paliekošo audzes koku bojājumu novērtēšana kopšanas cirtēs.

Pētījuma pārskats digitālā formātā pieejams projekta dokumentu interneta vietnē¹⁹.

Metodikas aprobācija pārmitro platību identificēšanai izmantojot aero lāzerskenēšanas datus

Lai noteiktu mitro un zemas nestspējas augšņu atrašanos, ir apskatītas 2 metodiskas pieejas, kas minētas Ziemeļvalstu un Kanādas zinātnieku publikācijās:

- TWI (*topographical wetness index*), DTW (*depth to water*), TPI (*topographic position index*);
- *sink* algoritms.

Šos algoritmus testējuši arī Zviedrijas lauksaimniecības universitātē (SLU), un abas metodes atzītas par izmantojamām pārmitro teritoriju identificēšanai. Pētījumā novērtēta katras metodes un to kombinācijas pielietojšanas iespējas, kā arī izlases veidā pārbaudīti pārmitro

vietu atlases rezultāti dabā. Topogrāfiskais mitruma indekss ($TWI, \ln\left(\frac{a}{\tan(\beta)}\right)$) ietver informāciju par to, kāda ir nogāzes platība no kuras ūdens nonāk uz aprēķināmo šūnu. Visbiežāk to izmanto, lai noskaidrotu vietas topogrāfijas ietekmi uz hidroloģiskiem procesiem. Gruntsūdens dziļums (DTW) ir indekss, kas norāda uz teorētisko gruntsūdens dziļumu no augsnes virskārtas, izmantojot tuvāko zināmo ūdensobjektu atrašanos vietu, kur DTW ir "0". Topogrāfiskas pozīcijas indekss (TPI) salīdzina rastra punkta augstumu ar vidējo šim punktam

¹⁹ <https://sites.google.com/site/mehanizacijaunenergija/zinojumi/ausnnessagatavosanasiekartugeografiskasinformacijassistemudatuanalize>

apkārt stāvošo punktu augstumu. Indekss norāda, kurā vietā atrodas aprēķinātā šūna – ielejā, līdzenā reljefā vai uz paaugstinājuma. *Sink* jeb grimšanas funkcija jebkurā ĢIS programmatūrā norāda uz ieplakām.

Topogrāfija ir viens no svarīgākajiem faktoriem, kas ietekmē kādas vietas hidroloģiskos apstākļus, tā ietekmē mitruma telpisko izplatību. Gruntsūdeņu plūsma bieži vien sakrīt ar reljefa krituma virzienu (*Burt & Butcher, 1986*). Līdz ar to topogrāfisko indeksu nereti izmanto, lai raksturotu augsnes mitruma telpisko izplatību. Gruntsūdeņu plūsmas virziens ietekmē augsnes formēšanās procesus (*Zinko et al., 2005*).

Topogrāfiskais mitruma indeksu (*TWI*) izstrādāja (*Beven & Kirkby, 1979*) noteces modelēšanas

TOP-MODEL ietvaros. Indeksu izsaka sakarība $\ln\left(\frac{\alpha}{\tan(\beta)}\right)$, kur α ir noteikta platība, uz kuras izkritušais ūdens drenējas caur vienu punktu uz vienības kontūras garumu, bet $\tan(\beta)$ ir lokālais kritums. *TWI* izmantots, lai raksturotu telpisko efektu uz hidroloģiskiem procesiem. Tas izmantots arī, lai identificētu hidroloģiskos virzienus ģeoķīmiskai modelēšanai (*Robson et al., 1992*), lai raksturotu bioloģiskos procesus, piemēram, gada neto biomasas produkciju (*White & Running, 1994*), veģētāciju (*Moore et al., 1993*) un mežaudzes vitalitāti (*Holmgren, 1994*).

Vietas topogrāfija ietekmē ne tikai augsnes mitrumu, bet arī augsnes pH (*Högberg et al., 1990*). Augsnes mitrums un pH ir nozīmīgi rādītāji, kas ietekmē vaskulāro augu telpisko izplatību un daudzveidību Ziemeļvalstu boreālajos mežos. Tā kā pastāv saikne starp vaskulāro sugu izplatību un topogrāfiju, *TWI* ir efektīvs rīks, lai raksturotu sugu bagātību Zviedrijas boreālajos mežos (*Zinko, 2004*). Izmantojot *TWI*, pētījumos ir izskaidrots 52 % variācijas augu sugu daudzveidībā mežaudzēs uz augsnēm ar relatīvi augstu pH un 30 % variācijas – uz augsnēm ar relatīvi zemu pH vērtību. Šajos pētījumos konstatēta *TWI* korelācija ar gruntsūdeņu dziļumu un augšņu pH (*Sorensen et al., 2006*).

Darbības, kas jāveic, lai iegūtu *TWI* indeksa rastra karti:

1. *ArcGIS spatial analyst* algoritmu pakā atrod *flow direction* algoritmu, izmantojot DEM datni, kurā iepriekš aizpildītas mikroieplakas ar *fill sink* algoritma palīdzību. Šādi iegūst attēlu, kurā redzami ūdens plūsmas virzieni;
2. veido ūdens akumulācijas rasta karti *flow accumulation*, izmantojot iepriekš izveidoto ūdens plūsmas virzienu rastra attēlu. Šādā veidā punktam piešķir vērtību, kas izsaka augstāk par attiecīgo punktu esošās teritorijas lielumu, kuras notece iziet caur attiecīgo punktu. Izveidoto datni nosauc par *FLOWACC*;
3. no DEM datnes veido krituma rastru. Jauno datni nosauc par *SLOPE*;

4. atver *Raster Calculator*, kurā raksta šādu izteiksmi: $\ln\left(\frac{\text{“FLOWACC”} \square 900}{\tan(\text{“SLOPE”})}\right)$;
5. normalizē jeb standartizē iegūtās pikseļa vērtības;
6. kategorizē iegūtās vērtības.

Normalizēšana sevī ietver šādus soļus:

1. identificē mazāko pikseļa vērtību (*piemēram, A=25*);

2. identificē maksimālo pikseļu vērtību (*piemēram, B=75*);
3. identificē minimālās un maksimālās vērtības normalizētā intervālā pēc izvēles, piemēram, 1-10. Mazākā vērtība 1=a, 10=b;

4. normalizēto rastru aprēķina pēc TWI rastra x vērtībām:

$$a + \frac{(x - A) \cdot (b - a)}{B - A} \quad 20.$$

Pazemes ūdeņu dziļuma indekss jeb *depth-to-water* (D_{TW}) norāda uz augstuma starpību ar tuvāko ūdens objektu, kura indeksa vērtība ir noteikta "0" vērtība, bet starpību izsaka metros (Att. 54). Šos ūdensobjektus atrod ar digitālo reljefa modeļu palīdzību (*DEM*), nosakot ūdensteču un ūdenstilpņu atrašanās vietas. Izmanto 2 m pikseļu lielus DEM datnes, kuras vispirms izlīdzina ar algoritmu *fill sink*. Ūdens objektu atrašanai DEM apstrādi veic ar D8 metodi²¹.

Ūdensteču ekstrakcijai vispirms izveido ūdensteču akumulācijas rastru (*FA raster*), ko izmanto, lai noteiktu ūdensteču tīklu ar 0,5, 1, 2, 2,5, 4, 5, 8, 10 un 16 ha iztekas baseina lieluma sliekšni.

Pēc tam aprēķina DTW indeksu, izmantojot šādu formulu (*Ågren et al., 2014*):

$$D_{TW} = \left(\sum \frac{dz_i}{dx_i} \cdot a \right) \cdot x_c, \text{ kur}$$

$\frac{dz}{dx}$ – pikseļa krituma vērtība gar mazākā augstuma līniju;

i – līnijas pikselis;

a – 1, kad līnija krusto pikseli, kas ir paralēla pikseļa robežai un ir 1,414214, kad krusto tā diagonāli;

x_c – pikseļa lielums metros.

Gatavās kartes piemērs redzams Att. 55.

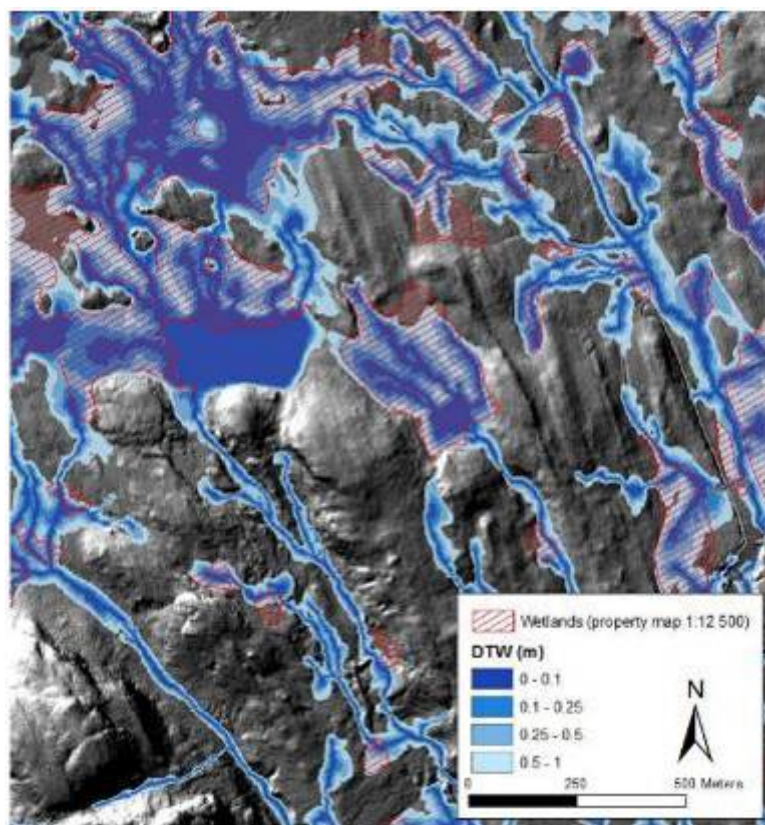


Att. 56: D_{TW} kartēšanas principi²².

²⁰ <http://gis4geomorphology.com/topographic-index-model/>

²¹ <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/identifying-stream-networks.htm>

²² http://www.efinord.efi.int/files/attachments/efinord/forest_water_goteborg_dec_13/anneli_agren_-_mapping_wet_soils.pdf



Att. 57: DTW kartes piemērs²³.

Pārmitro vietu empīriskai iezīmēšanai un salīdzināšanai ar modelētajiem datiem pētījumā izraudzītas 30 egļu jaunaudzēs auglīgos slapjainos un āreņos, kur veikta mērķtiecīga meža atjaunošana stādot un kurām ir pieejami LiDAR dati. Sākotnēji bija plānots apsekt 30 ha platību, taču lielākas datu kopas iegūšanai apsekti 85 ha mežaudžu (Tab. 23). Ierīkoto parauglaukumu, kas atbilst vismaz 1 kontroles laukumam un līdz 4 ieplaku centros izvietotiem laukumiem, atrašanās vietas parādītas Att. 56. Raksturīgs ieplakas piemērs parādīts Att. 57. Abi attēlā izdalītie ieplaku apgabali atrodas šaurlapju ārenī, un katrā no tiem ierīkots pa vienam parauglaukumam ieplakās un kontroles platībās.

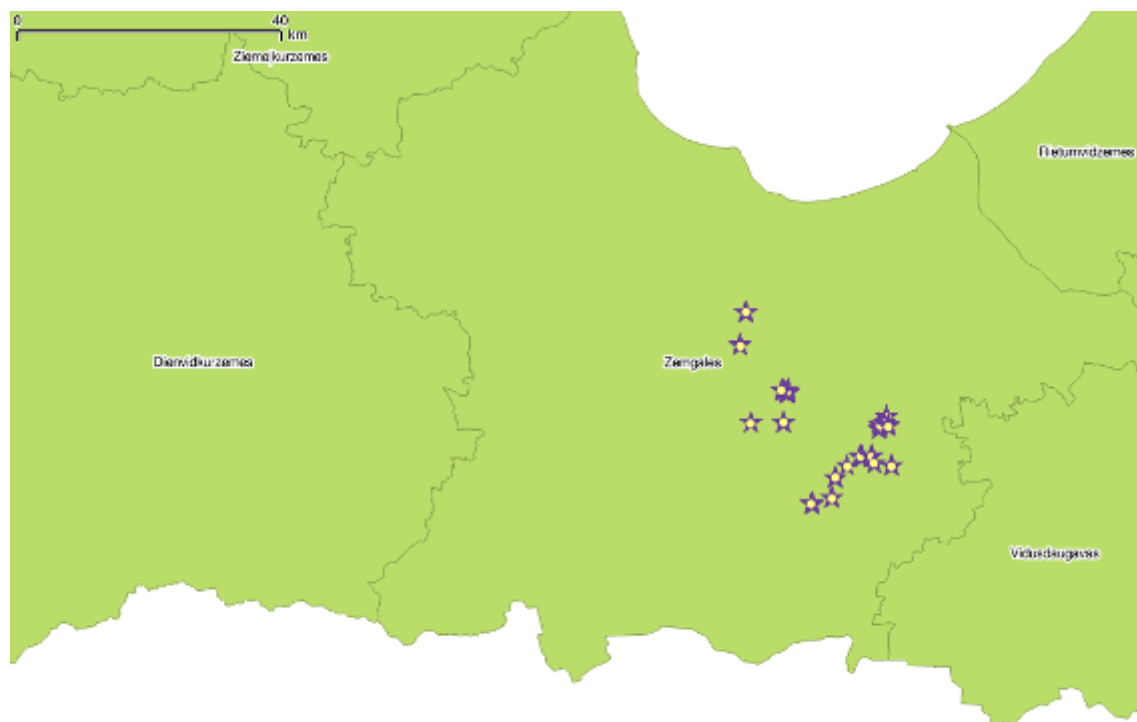
Tab. 23: Apsektās mežaudzes²⁴

Atslēga	Meža tips	Platība, ha	Audzēs formula	G, m ² ha ⁻¹	Vecums gados	Vidējā koka caurmērs, cm	Vidējā koka augstums, m	Krāja, m ³ ha ⁻¹
69-01-07-608-172-28	Dms	0,2	8E34 1B26 1P34	18	34	14	13	130
69-01-07-608-173-17	Vrs	1,3	9E38 1B20	16	38	14	11	113
69-01-07-608-173-27	Dms	1,6	10P 14	0	14	3,5	3,5	27
69-01-07-608-173-29	As	0,8	10P 15	0	15	4	4	27
69-01-07-608-173-30	Vrs	0,6	4E42 3B42 2P42 1E62	23	42	14	12	188
69-01-07-608-181-1	Dms	1,5	10E 34	0	34	11	9	96
69-02-07-608-22-14	Dms	1,7	8E39 1P32 1P39	16	39	15	12	113
69-01-07-608-226-11,1	As	2,4	10P 7	0	7	1	1	5
69-01-07-608-231-23	Dms	4,7	6E38 2P30 2E53	14	38	14	11	104
67-02-07-608-64-7	Vrs	4,7	6E22 3B22 1E36	19	22	13	15	149

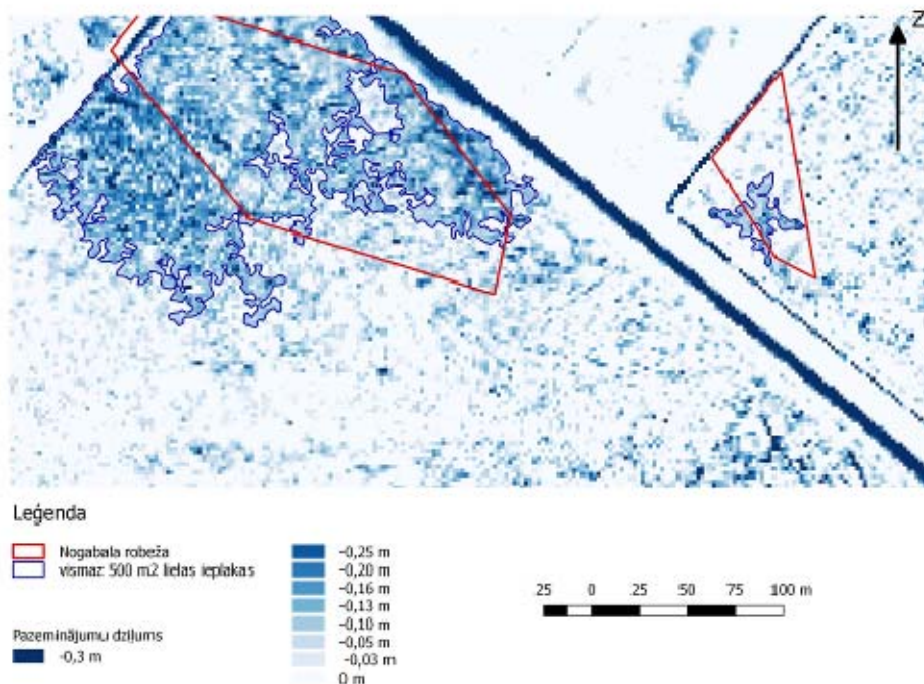
²³ http://www.efinord.efi.int/files/attachments/efinord/forest_water_goteborg_dec_13/anneli_agren_-_mapping_wet_soils.pdf

²⁴ Valsts meža dienesta dati izmēģinājumu objektu atlasēs brīdī.

Atslēga	Meža tips	Platība, ha	Audzes formula	G, m ² ha ⁻¹	Vecums gados	Vidējā koka caurmērs, cm	Vidējā koka augstums, m	Krāja, m ³ ha ⁻¹
69-03-07-610-100-8	Vrs	2,2	7E33 2Oz28 1E48	17	33	13	13	124
69-03-07-610-126-11	Dms	0,9	3E38 3E52 2B52 2M52	22	38	11	11	187
69-03-07-610-126-22	Dms	1,4	7E38 3E52	17	38	15	15	140
69-03-07-610-127-13	Dms	3,8	5E32 5B26	25	32	10	10	169
69-03-07-610-127-14	Dms	0,9	4E38 3B47 3E47	25	38	10	10	201
69-03-07-610-149-7	Dms	3,4	5E37 5B26	21	37	12	12	149
69-04-07-611-119-3	Vrs	8	7E2B1M 42	36	42	17	20	348
69-04-07-611-123-10	Vrs	1,7	9E1P 16	0	16	2,67	2,67	27
69-04-07-611-123-11	Vrs	2,6	4E20 2Ba17 2B17 1P20 1A17	0	20	4	4	54
69-04-07-611-123-7	Grs	1,2	6E26 3Ba16 1A16	0	26	10	8	107
69-04-07-611-29-5	Vrs	1,4	9E42 1B28	32	42	17	17	291
69-04-07-611-30-10	Dms	9,2	6E42 1B42 1M28 1B28 1M42	28	42	12	17	240
69-04-07-611-30-7	Vrs	1,4	9E42 1B28	30	42	17	16	258
69-04-07-611-33-4	Vrs	4,3	6E41 2B21 1B31 1M21	29	41	15	18	242
69-04-07-611-33-7	Vrs	2,9	4E41 2E33 2M21 2B21	25	41	17	20	211
69-04-07-611-42-6	As	2,2	10P 16	0	16	3	3	20
69-04-07-611-50-10	Vrs	0,6	5E3B2M 41	26	41	19	20	256
69-04-07-611-70-15	Vrs	0,8	4E40 4B30 1Ba30 1M30	31	40	17	22	279
69-04-07-611-85-16	Dms	9,6	6P16 2B13 1A13 1M13	0	16	3	5	53
69-04-07-611-85-17	Dms	7,1	7P3B 20	0	20	10	8	107



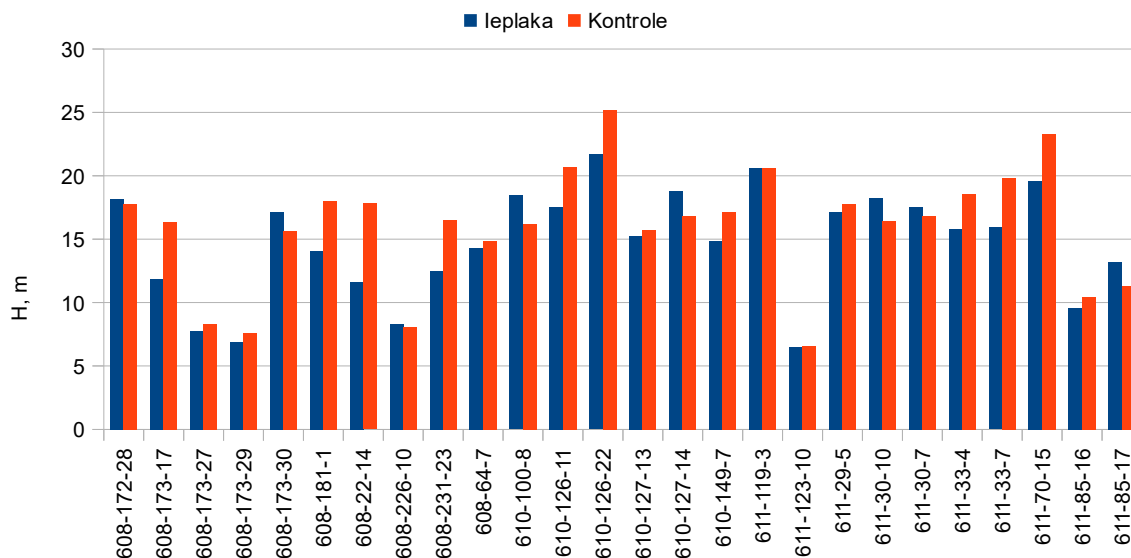
Att. 58: Parauglaukumu izvietojums.



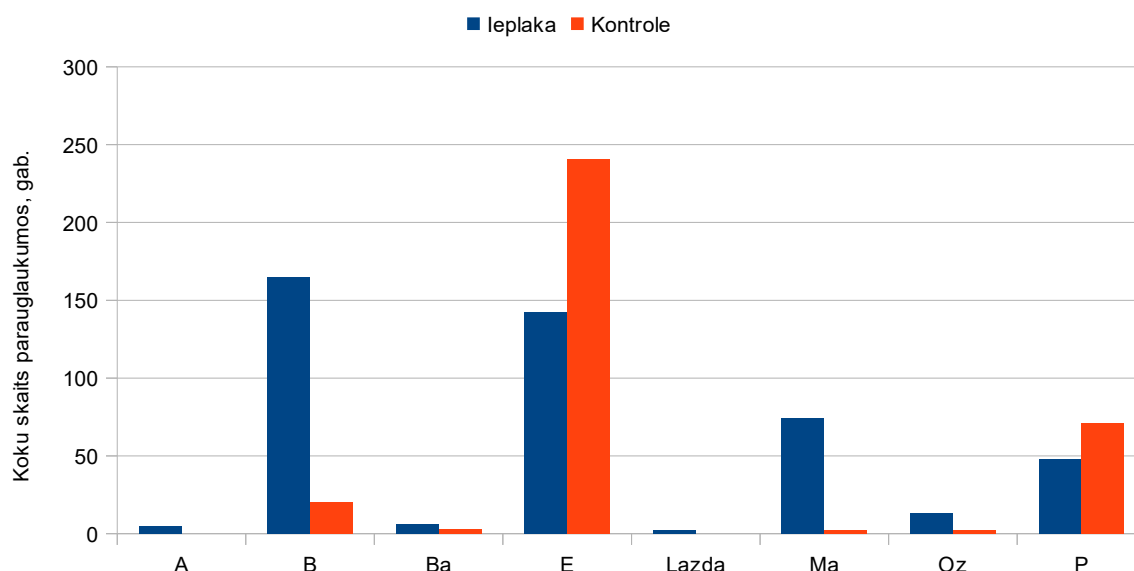
Att. 59: Raksturīgs ar *fill sink* metodi izdalītu ieplaku piemērs.

Izpētes teritorijās iezīmētas ieplaku robežas, kā arī katrā ieplakā un kontroles platībā ierīkoti 500 m² lieli parauglaukumi, kuros noteikti primārie taksācijas rādītāji (*koku sugas, caurmērs, augstums*). Ieplaku robežas iezīmētas, ņemot vērā zemsedzes veģetācijas sastāvu (*robeža novilkta vietā, kur slapjajiem raksturīgās augu sugas nomaina sausieņiem vai āreņiem raksturīgās augu sugas*). Ja slapjajiem raksturīgās sugas nav konstatētas, objekta aprakstu papildina ar piezīmi, ka ieplakas nav atrastas. Neviena ieplaka nav konstatēta 2 nogabalos.

Salīdzinot koku augstumu ieplakās un kontroles parauglaukumos, konstatēta nebūtiska atšķirība – kontroles laukumos koki ir nedaudz augstāki (*15,4 m*) nekā ieplakās (*14,7 m, Att. 58*). Turpretim, salīdzinot sugu sastāvu, konstatētas būtiskas atšķirības – ieplakās ierīkotajos parauglaukumos biežāk sastopams bērzs un melnalksnis. Egļu skaits ieplakās ierīkotajos parauglaukumos ir par 42 % mazāks nekā kontroles laukumos.



Att. 60: Koku augstuma atšķirības kontroles parauglaukumos un laukumos, kas ierīkoti ieplakās.

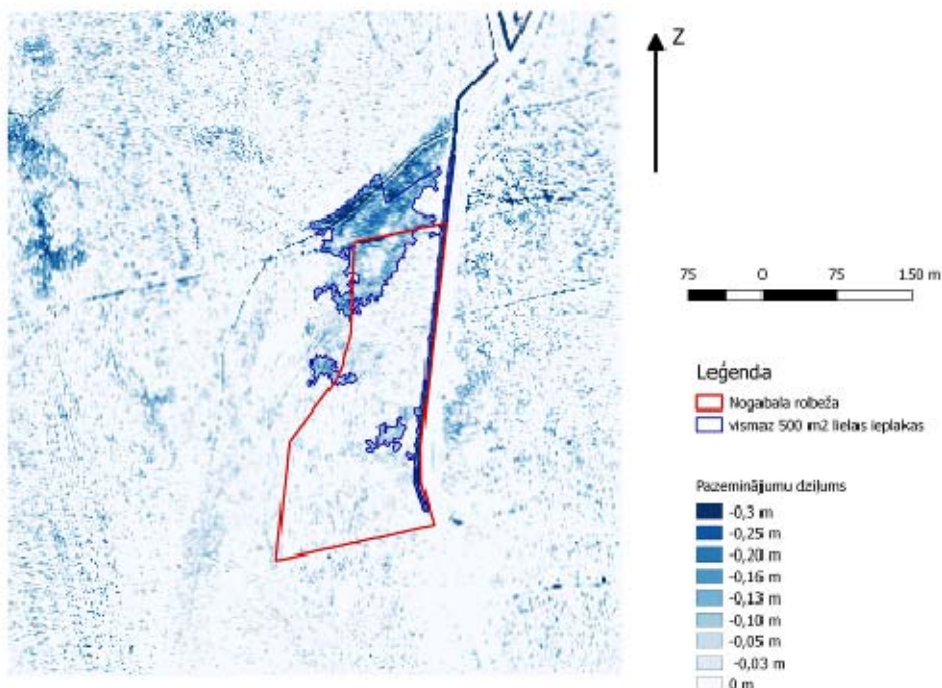


Att. 61: Valdošās sugas kontroles parauglaukumos un laukumos, kas ierīkoti ieplakās.

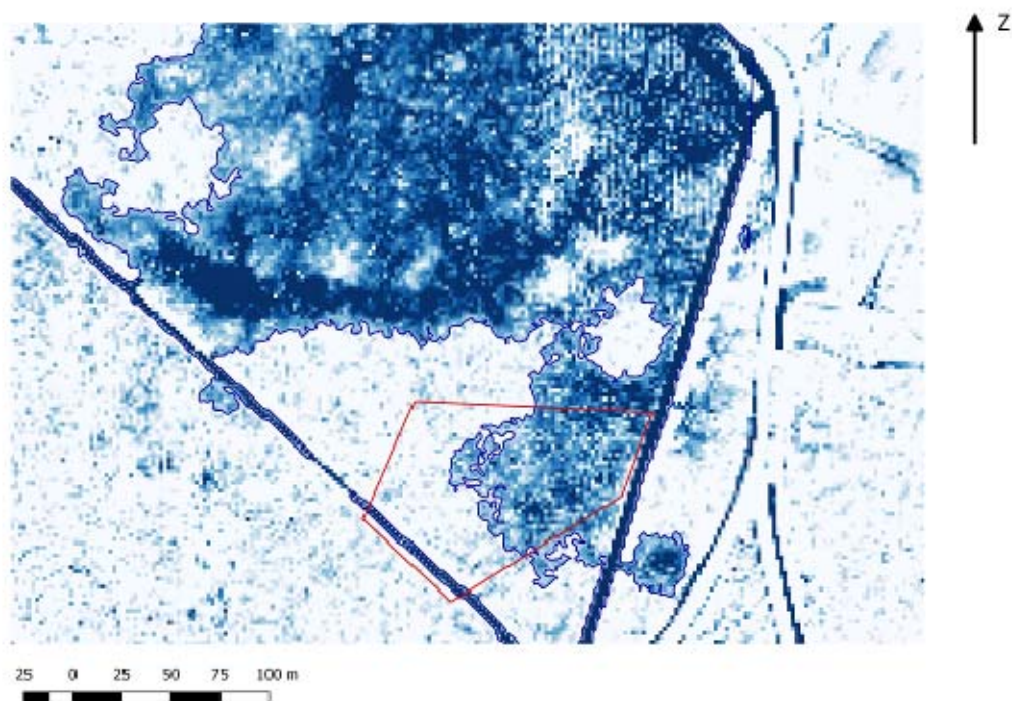
Att. 60 parādīts vēl viens piemērs ieplaku karšu pielietošanai. Meliorētas audzes ZR stūrī ir līdz 0,3 m dziļa ieplaka, kas turpinās arī kaimiņu nogabalā. Lai uzlabotu ūdens režīmu šajā platībā, nepieciešama dažus metrus gara un līdz 0,5 m dziļa ievalka. Ievalku ierīkošanas plānošanu var automatizēt, izmantojot projektā aprobētos algoritmus un QGIS un citās programmās pieejamos meliorācijas sistēmu plānošanas rīkus, kas izmanto DEM datnes. Metodes ieviešanai praksē nepieciešami empīriski dati par ūdens filtrācijas ātrumu un augšņu pamatmateriālu dažādos meža tipos.

Att. 61 redzams raksturīgs piemērs situācijai, kad beznoteces ieplaka robežojas ar meliorācijas grāvi. Iespējams, ka ūdens filtrācijas ātrums šādā šajā ir pietiekams, lai liekais ūdens nonāktu meliorācijas sistēmā, taču pastāv iespēja, ka ūdens šeit uzkrāsies, jo ir aizsprostots grāvis, atbērtne ierīkota tā, ka ūdens netiek tai pāri, tehnikas pārvietošanās rezultātā ir nosprostojušās sākotnēji ierīkotās noteces, vai arī izmantotais algoritms vienkārši neatpazīst caurtekas, secinot,

ka grāvim nav noteces. Šādu situāciju risināšana plānota projekta turpmākajos etapos, izmantojot papildus instrumentus (*meliorācijas sistēmu reģistrus, SAR un Sentinel II datus*) precīzākai mitruma režīma raksturošanai.



Att. 62: Ar *fill sink* metodi izdalītas teritorijas, kur lietderīgi veidot ievalkas.



Att. 63: Potenciāli problemātiska teritorija, kur ieplaka izdalīta platībā, kas robežojas ar meliorācijas grāvi.

PRIEKŠLIKUMI TURPMĀKAJOS GADOS PĒTĪJUMU PROGRAMMĀ IEKĻAUJAMAJIEM UZDEVUMIEM

Priekšlikumi izpētes aktivitātēm, kas īstenojamas turpmākajos pētījuma posmos, apkopoti Tab. 24. Apjomīgākie darba uzdevumi, kas prasa būtisku darba laika ieguldījumu, ir "Pievešanas apstākļu klasificēšana organiskajās augsnēs" un "Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai". Radniecīgi darba uzdevumi (*LiDAR, SAR, Sentinel II, pievešanas apstākļi pārmitrās augsnēs*) ir apvienoti, lai efektīvāk izmantotu pieejamos resursus. Atsevišķu darba uzdevumu izpilde (*"Atbalsta ķēžu pētījums", "Tilta kausa un standarta kausa salīdzinājums kokmateriālu pievešanā kopšanas cirtē", "Dubultgreifera un standarta kausa salīdzinājums kokmateriālu pievešanā kopšanas cirtē un galvenajā cirtē, izmantojot kravas šķirotājus", kā arī "Vimek harvestera un mazās klases pievedējtraktora izmēģinājumi"*) ir atkarīgi no tehnikas pieejamības 2017. gadā, tāpēc Tab. 24 dotajā plānojumā ir iespējamās izmaiņas.

2017. gadā plānots turpināt sadarbību ar aģentūru "Meža pētīšanas stacija", kā arī SIA "Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts".

Tab. 24: Priekšlikumi turpmāko gadu izpētes programmai

Darba uzdevums	Veicamās darbības un darba apjoms	2017. gada nodevumi	2017. gadā veicamie darbi
Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju:			
Pievešanas apstākļu klasificēšana organiskajās augsnēs.	Pilnveidot risu mērīšanas iekārtu atbilstoši 2016. gada izmēģinājumu rezultātiem.	Pilnveidota risu mērīšanas iekārta un tās tehniskās specifikācijas; vadības modulis telemetrisko datu vākšanai; gada laikā ievāktu empīrisku datu analīzes rezultāti.	Sadarbībā ar SIA "Mītavas roboti" pārprogrammēs iekārtas vadības bloku (<i>lai nodrošinātu datu ievākšanu arī tad, ja atsevišķi sensori nedarbojas</i>) un izgatavosim 2. vadības bloku degvielas uzskaites datu un citu telemetrisko parametru noteikšanai pētījuma ietvaros. Esošo iekārtas komplektu izmantosim uz John Deere 810 pievedējtraktora, kur tā uzstādīta 2016. gadā, bet 2. iekārtu (<i>bez ultraskaņas sensoru sistēmas</i>) veidosim pārvietojamu, lai darbinātu sasaistē ar degvielas uzskaites sistēmu. 2017. gadā sagatavosim ziņojumu par iegūtajiem mērījumu datiem, tajā skaitā vērtēsīm degvielas patēriņa, risu veidošanās, vibrācijas un citu parametru kopsakarības atkarībā no darba apstākļiem. Informācija, kas nepieciešama no AS "Latvijas valsts meži", ir izstrādāto mežaudžu raksturojums, pievešanas ceļa garums, pievešanas apstākļu raksturojums, cirsma skices un pievesto kokmateriālu apjoms platībās, kur strādājis ar sensoriem aprīkots pievedējtraktors.
	Iegūt empīriskus datus risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnēs atkarībā no augsnes mitruma, valdošās sugas un pārvesto kokmateriālu apjoma.	Ziņojums par izmēģinājumu rezultātiem, tajā skaitā ražīgums un un sākotnējā risu veidošanās un grunts nestspējas likumsakarību analīze.	Izmēģinājumus veiksīm kūdreģos un purvaiņos galvenajā cirtē (<i>attālums starp treilēšanas ceļiem 20 m</i>). Kopējais darba apjoms 1000 m³ pievešana kūdreģos un 1000 m³ purvaiņos. Audzēm jābūt pietiekoši garām, lai no katra treilēšanas ceļa varētu pievest vismaz 100 m ³ . Izmēģinājumos izmantosim pievedējtraktoru, kas aprīkots ar telemetrijas datu uzskaites un risu mērīšanas iekārtu (John Deere 810) un lielāku pievedējtraktoru (<i>kravnesība vismaz 12 tonnas</i>), kas aprīkots ar vismaz ar degvielas uzskaites iekārtu. Abu pievedējtraktoru priekšējiem un aizmugurējiem tandēmiem jābūt aprīkoti ar ķēdēm. Izmēģinājumos noteiksīm šādus parametrus: <ol style="list-style-type: none"> 1. mežaudžu taksācijas rādītāji pirms mežizstrādes; 2. manuāli (<i>šākmā un beigās, kā arī pastāvīgi lielākajam pievedējtraktoram</i>) un automatizēti risu dziļuma un garuma mērījumi; 3. koku stumbra un sakņu bojājumi ar parauglaukumu metodi; 4. grunts nestspējas izmaiņas izmēģinājumu gaitā un augsnes penetrācijas pretestība uz pievešanas ceļiem pirms un pēc izmēģinājuma; 5. detalizēta informācija par degvielas patēriņu; 6. operatora darba vietas apstākļi (<i>mazākajam pievedējtraktoram</i>); 7. ražīguma rādītāji (<i>vismaz 30 % nostrādātā laika</i>); 8. pievesto kravu masa (<i>ar manipulatora svariem</i>). Atbalsts, kas nepieciešams no AS "Latvijas valsts meži", ir izmēģinājumu objektu un tehnikas nodrošinājums, kā arī detalizēta informācija par cirmām, tajā skaitā realizētais kokmateriālu apjoms.

Darba uzdevums	Veicamās darbības un darba apjoms	2017. gada nodevumi	2017. gadā veicamie darbi
	<p>Izpētīt augsnes sablīvējuma ietekmi uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu un augšanas apstākļiem. Izmērit augsnes penetrācijas pretestību galvenajā cirtē izstrādājamās audzēs, kurās pievešanas ceļi ierīkoti perpendikulāri gruntsūdeņu plūsmai. Pētījumā iekļaujamas vismaz 3 mežaudzes ar mālsmilts augsni (Mr un Dm meža tipi) un smilšmāla augsni (Vr un Gr meža tipi).</p>	<p>Ierīkoti izmēģinājumu objekti, analīžu rezultāti, sākotnējais ziņojums par ūdens filtrācijas ātrumu un augsnes sablīvējumu.</p>	<p>2017. gadā izstrādāsim metodiku, veiksīm izpētes objektu atlasu un uzsāksim pilot-izmēģinājumu augsnes sablīvējuma ietekmes uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu novērtēšanai. Pētījuma īstenošanai izraudzīsies 2017. gada vasaras (<i>maijs - jūlijs</i>) galvenās cirtes uz mālsmilts un smilšmāla augsnēm (<i>Mr un Dm pirmajā grupā un Vr un Gr meža tipi otrajā grupā</i>), kur treilēšanas ceļi ierīkoti perpendikulāri dominējošajam horizontālajam ūdens plūsmas virzienam (<i>atlasei izmantojot LiDAR datus</i>). 2017. gadā veiksīm augsnes penetrācijas pretestības mērījumus audžu atlasei un augsnes sablīvējuma vietu identificēšanai, kur 2018. gadā sekosīm gruntsūdens līmeņa svārstībām un noteiksīm ūdens filtrācijas ātrumu augsnē uz tehnoloģiskā koridora un tehnikas neskartajā audzes daļā.</p> <p>2017. gadā ierīkosīm arī izmēģinājumus atbērtnes sablīvējuma un ietekmes uz ūdens filtrāciju novērtēšanai platībās, kur notiek kokmateriālu pievešana no galvenās vai kopšanas cirtes. Izmēģinājumiem izvēlēsimies 2 veidu platības – atbērtnes, kas robežojas ar Mrs un Dms audzēm, un atbērtnes, kas robežojas ar Vrs un Grs audzēm. Augsnes paraugus filtrācijas ātruma noteikšana ievāksīm pirms pievešanas un pēc pievešanas (<i>paredzot, ka pa attiecīgo atbērtni pieved vismaz 500 m³ kokmateriālu</i>). Atbērtne pirms tam nedrīkst būt izmantota kokmateriālu pievešanai un pēc pievešanas ir saglabāta neskarta atbērtnes daļa, ko var izmantot kontroles mērījumu veikšanai. Pievešanu jāveic 2017. gada jūnijā – jūlijā. Pirms pievešanas audzē, kas robežojas ar atbērtni, uzstādīsīm gruntsūdeņu akas (<i>5, 10, 15 un 20 m attālumā no atbērtnes</i>) ūdens līmeņa izmaiņu novērtēšanai pēc pievešanas kontroles un ietekmētajā daļā. Ūdens līmeņa novērojumus turpināsīm arī 2018. un 2019. gadā, kad atkārtoti ievāksīm paraugus ūdens filtrācijas ātruma un sablīvējuma noteikšanai.</p>
	<p>Aprobēt metodiku pārmitro platību identificēšanai, izmantojot LiDAR un citus datus. Pētījuma ietvaros aprobēt dažādas pārmitro vietu identificēšanas metodes un salīdzināt faktiskos un teorētiskos veģetācijas raksturojuma datus, tajā skaitā izstrādāt un integrēt zemes virsmas augstuma, koku augstuma un ūdens līmeņa augstuma rastra kartes.</p>	<p>Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā Latvijas apstākļiem rekomendējamie algoritmi, darba uzdevumi turpmākajiem etapiem.</p>	<p>Pārmitro vietu identificēšanai izmantosīm no LiDAR datiem veidoto digitālo virsmas modeli (<i>DEM</i>). Mūsdienās ir zināmi vairāki algoritmi, kurus pielieto reljefa modeļu apstrādei, mitro augšņu identificēšanai: TWI jeb the topographic wetness index (<i>Tarbo, 1997</i>), TPI jeb the topographic position index (<i>Weiss, 2007</i>) un DTW jeb the cartographic depth-to-water (<i>Murphy et al., 2007</i>), u.c. Pielietojot dotos algoritmus, var radīt karti, kas nodala teorētiski mitras un sausas vietas. Mitro augšņu kartes precizēsīm ar ESA Sentinel misijas SAR (<i>klajos laukos, izcirtumos, jaunaudzēs</i>) vai Sentinel II NIR rastra datu palīdzību, pielietojot ENVI vai citas šim nolūkam paredzētas programmatūras, kurās iestrādāti multitemporālie rastra analīzes algoritmi. Multitemporālās analīzes rezultātā iegūsīm attēlu, kuru tālāk apstrādājot, var raksturot augsnes mitruma režīmu un organiskajām vielām bagātā augsnes slāņa biežumu.</p> <p>No AS "Latvijas valsts meži" nepieciešamais atbalsts ir uzņēmumam pieejamie DEM dati un mežaudžu taksācijas rādītāji.</p>
<p>Atbalsta ķēžu pētījums.</p>	<p>Izmēģināt izplatītāko atbalsta ķēžu un nestandarta risinājumu – smagākas, bet šaurākas ķēdes ar blīvu posmu izvietojumu –pievešanā uz organiskajām augsnēm, imitējot kopšanas cirtes darba izpildes nosacījumus galvenajā cirtē kūdreņu meža tipā lapkoku un skujkoku audzēs.</p>	<p>Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā ietekmes uz augsni, izmaksu, degvielas patēriņa un ražīguma salīdzinājums.</p>	<p>Izmēģinājumos izmantosīm vidējās klases piedevētrotori, kas aprīkots ar ECO-Baltic kāpurķēdēm (<i>vai ekvivalentām</i>) un <i>Koneosapalvelu</i> ķēdēm uz abiem tandēmiem. Izmēģinājumus veiksīm lapkoku un skujkoku audzēs kūdreņos un purvainos, katrā variantā piedodot 300 m³ kokmateriālu (<i>kopā 2400 m³</i>).</p> <p>Izmēģinājumos noteiksīm šādus parametrus:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. risu dziļums un garums; 2. koku stumbra un sakņu bojājumi ar parauglaukumu metodi; 3. grunts nestspējas izmaiņas izmēģinājumu gaitā (<i>pēc katras kravas</i>) un augsnes penetrācijas pretestība pirms un pēc izmēģinājuma; 4. degvielas patēriņš; 5. ražīguma rādītāji (<i>vismaz 30 % nostrādātā laika</i>);

Darba uzdevums	Veicamās darbības un darba apjoms	2017. gada nodevumi	2017. gadā veicamie darbi
			<p>6. pievesto kravu masa (<i>ar manipulatora svāriem</i>). Ja ķēdes strādās ražošanas apstākļos, novērtēsim to nodiluma pakāpi un prognozējamo kalpošanas laiku. Atbalsts, kas nepieciešams no AS "Latvijas valsts meži", ir izmēģinājumu objektu un tehnikas nodrošinājums, kā arī detalizēta informācija par cīsmām, tajā skaitā realizētais kokmateriālu apjoms.</p>
<p>Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas (<i>vēlīnas sastāva un agrīnas krājas</i>) cirtēs un apauguma novākšanā:</p>			
<p>Logbear piedejtraktora izmēģinājumi ziemā.</p>	<p>Turpināt kāpurķēžu piedejtraktora Logbear izmēģinājumus pievešanā no organiskām augsnēm ziemas apstākļos, kad augsni klāj sniegs un atkušņa laikā. Pētījumi jāveic vietās, kur mežizstrādes atliekas izved biokurināmā sagatavošanai.</p>	<p>Ziņojums par 2016. un 2017. gada pētījuma rezultātiem – ražīgums un kokmateriālu pievešanas izmaksas.</p>	<p>Izmēģinājumus veiks atbilstoši 2016. gadā izstrādātajai metodikai ar ķēdes zāģi un harvesteru izstrādātās cīsmās. Cīsmas pievešim ar Logbear piedejtraktoru pavasarī atkušņa laikā (<i>atbilstoši laika apstākļu prognozēm, kad gaisa temperatūra ir -1 – 1 °C</i>). Šādā laikā sniegs līp pie ķēdēm un tandēmiem, apgrūtinot pievešanu. Cīsmu izstrādi veiks vietās, kur mežizstrādes atliekas pieveid biokurināmā sagatavošanai, vienlaicīgi novērtējot Logbear izmantošanas iespējas mežizstrādes atlieku pievešanā no organiskām augsnēm. Izmēģinājumus pievedamais apjoms – 300 m³ apaļo kokmateriālu un mežizstrādes atliekas. Izmēģinājumus noteiks šādus parametrus: <ol style="list-style-type: none"> 1. risu dziļums un garums; 2. koku stumbra un sakņu bojājumi; 3. degvielas patēriņš; 4. ražīguma rādītāji; 5. pievesto kravu apjoms (<i>atbilstoši realizētajam apjomam vai uzskaitē krautuvē</i>). Atbalsts, kas nepieciešams no AS "Latvijas valsts meži", ir izmēģinājumu objektu un tehnikas nodrošinājums, kā arī detalizēta informācija par cīsmām, tajā skaitā realizētais kokmateriālu apjoms.</p>
<p>Tilta kausa un standarta kausa salīdzinājums kokmateriālu pievešanā kopšanas cirtē.</p>	<p>Salīdzināt standarta un tilta kausu izmantošanas priekšrocības un trūkumus, pieveidot kopšanas cirtē izstrādātus kokmateriālus. Ar tilta funkciju aprīkota kausa un standarta kausa izmēģinājumus veic vienās un tajās pašās audzēs. Kausus montē uz viena un tā paša piedejtraktora, izmēģinājumiem piesaistot vienus un tos pašus piedejtraktora operatorus. Izmēģinājumi notiek uz sausām minerālaugsnēm, lai pievešanas apstākļi neradītu papildus ietekmi uz darba ražīgumu. Pēc pievešanas nosaka audzē paliekošo koku bojājumu apjomu un jāizanalizē šo bojājumu cēloņi. Pētījums ietver: <ul style="list-style-type: none"> • aktīvo datu ieguves fāzi, kas notiek pavasarī un ietver darba laika uzskaiti, pievestā apjoma novērtēšanu, paliekošo koku bojājumu uzskaiti un • monitoringu ražošanas apstākļos tilta mehānisma izturības novērtēšanai. </p>	<p>Ziņojums par pētījuma rezultātiem – paliekošo koku bojājumi, ražīgums un kokmateriālu pievešanas izmaksas; priekšlikumi integrētas darba metodes izstrādāšanai, pielietojot tilta kausu un dubultkausu kopšanas cirtēs.</p>	<p>Pētījumu veiks kopšanas cirtēs, izmantojot piedejtraktoru, kas aprīkots ar tilta kausu un telemetrisko datu uzkrāšanas ierīci. Darbā izmantosim tradicionālās darba metodes ar vienmērīgi izvietotiem pievešanas ceļiem ik pēc 20 m. Pievešanu organizēs pavasara mēnešos (<i>martā, aprīlī un maijā</i>). Izmēģinājumiem izraudzīsies skujkoku audzes uz sausajām minerālaugsnēm (<i>Dm un Vr meža tipi</i>). Katrai darba metodei vienā audzē nepieciešami divi tehnoloģiskie koridori, uz kuriem ir ne mazāk kā 100 m³ apaļo kokmateriālu (<i>koridora garums ap 400-500 m</i>). Izmēģinājumos iesaistīs profesionālus un motivētus operatorus, kam būs iespēja adaptēties darbam ar tilta kausu (<i>2 nedēļas ilgs adaptācijas periods</i>). Adaptācijas periodā ražīguma izmaiņas vērtēsim netieši (<i>izmantojot degvielas uzskaites datus</i>), lai novērtētu operatoru gatavību iesaistīties izmēģinājumos. Izmēģinājumus veiks dienā. Izmēģinājumiem nepieciešamas 3 cīsmas (<i>kopējā platība ap 10 ha</i>), kur salīdzina 4 darba metodes: <ol style="list-style-type: none"> 1. standarta greifera satvērējs, piedejtraktors bez šķirotājiem; 2. standarta greifera satvērējs, piedejtraktors aprīkots ar šķirotājiem; 3. standarta greifera satvērējs ar tilta kausa funkciju, piedejtraktors aprīkots ar šķirotājiem; 4. standarta greifera satvērējs ar tilta kausa funkciju, piedejtraktors bez šķirotājiem Izmēģinājumus noteiks šādus parametrus: <ol style="list-style-type: none"> 1. taksācijas rādītāji mežaudzēs pirms un pēc izmēģinājumu veikšanas; 2. koku stumbra un sakņu bojājumus; 3. degvielas patēriņu; 4. operatora darba vietas apstākļus; 5. ražīguma rādītājus (<i>vismaz 60 % nostrādātā laika</i>); </p>

Darba uzdevums	Veicamās darbības un darba apjoms	2017. gada nodevumi	2017. gadā veicamie darbi
<p>Dubultkausa un standarta kausa salīdzinājums kokmateriālu pievešanā kopšanas cirtē un galvenajā cirtē, izmantojot kravas šķirotājus.</p>	<p>Salīdzināt dubultkausa un standarta kausa izmantošanas priekšrocības un trūkumus, pieveidot galvenajā un kopšanas cirtē izstrādātus kokmateriālus un izmantojot kravas šķirotājus. Dubultkausa un standarta kausa izmēģinājumus veic vienās un tajās pašās audzēs. Kausus montē uz viena un tā paša pievedējtraktora, izmēģinājumiem piesaistot vienus un tos pašus pievedējtraktora operatorus. Pirms izmēģinājumu uzsākšanas operatoram 2 mēneši jāadaptējas jaunajai darba metodei. Izmēģinājumi veicami uz sausām minerālaugsnēm, lai pievešanas apstākļi neradītu papildus ietekmi uz darba ražīgumu. Pētījuma aktīvā, jeb datu ieguves fāze, notiek vasarā un ietver darba laika uzskaiti, pievestā apjoma novērtēšanu, paliekošo koku bojājumu uzskaiti kopšanas cirtē. Pēc pievešanas nosaka audzē paliekošo koku bojājumu apjomu un izanalizē šo bojājumu cēloņus.</p>	<p>Ziņojums par pētījuma rezultātiem – ražīgums un kokmateriālu pievešanas izmaksas; priekšlikumi harvesteru darba metožu pilnveidošanai, lai palielinātu dubultkausa un kravas šķirotāju efektivitāti.</p>	<p>6. pievesto kravu masu (<i>ar manipulatora svāriem</i>). Atbalsts, kas nepieciešams no AS "Latvijas valsts meži", ir izmēģinājumu objektu un tehnikas nodrošinājums, kā arī detalizēta informācija par cirsām, tajā skaitā realizētais kokmateriālu apjoms.</p> <p>Kopšanas un galvenajā cirtē izmantosim konvencionālās darba metodes, tehnoloģiskos koridorus un treilēšanas ceļus izvietojot vienmērīgi ik pēc 20 m. Pievešanu veiks vasaras mēnešos (<i>dubultkausam un kravas šķirotājiem nav paredzama būtiska ietekme uz paliekošo koku bojājumu daudzumu, tāpēc šo aspektu pētījumā vērtēsim tikai kontekstā ar darba izpildes kvalitāti. Izmēģinājumus veiks šķirotāju audzēs uz sausajām minerālaugsnēm (Dm un Vr meža tipi)</i>). Katrai darba metodei vienā audzē ierīkosim 2 tehnoloģiskos koridorus, uz kuriem ir ne mazāk kā 100 m³ apaļo kokmateriālu (<i>kopšanas cirtē koridora garums 400-500 m, bet galvenajā cirtē – 200-250 m</i>). Izmēģinājumos iesaistīsim profesionālus operatorus, kas 2 nedēļu laikā adaptēsies jaunajam darba metodei. Izmēģinājumus veiks dienā. Adaptācijas periodā ražīguma izmaiņas vērtēsim netieši (<i>izmantojot degvielas uzskaites datus</i>), lai novērtētu operatoru gatavību iesaistīties izmēģinājumos. Izmēģinājumiem nepieciešamas 5 cirsas (<i>kopējā platība ap 15 ha, tajā skaitā 10 ha KKC un 5 ha GC</i>), kur salīdzināsim 4 darba metodes:</p> <ol style="list-style-type: none"> standarta greifera satvērējs, pievedējtraktors bez šķirotājiem; standarta greifera satvērējs, pievedējtraktors aprīkots ar šķirotājiem; dubultais greifera satvērējs, pievedējtraktors bez šķirotājiem; dubultais greifera satvērējs, pievedējtraktors aprīkots ar šķirotājiem. <p>Adaptēšanās periodā harvesteru un pievedējtraktoru operatoriem vajadzēs vienoties par optimālu kokmateriālu izkārtojumu, lai, nezaudējot harvesteru ražīgumu, maksimāli efektīvi izmantotu dubultkausa un šķirotāju priekšrocības. Izmēģinājumos noteiks šādus parametrus:</p> <ol style="list-style-type: none"> taksācijas rādītāji mežaudzēs pirms un pēc izmēģinājumu veikšanas; automātiski risu dziļums un garums; koku stumbra un sakņu bojājumi ar parauglaukumu metodi; detalizēta informācija par degvielas patēriņu; operatora darba vietas apstākļi; ražīguma rādītāji (<i>vismaz 60 % nostrādātā laika</i>); pievestā apjoma noteikšana ar stacionārajiem svāriem. <p>Atbalsts, kas nepieciešams no AS "Latvijas valsts meži", ir izmēģinājumu objektu un tehnikas nodrošinājums, kā arī detalizēta informācija par cirsām, tajā skaitā realizētais kokmateriālu apjoms.</p>
<p>Risinājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos:</p>			
<p>Padeves veļņu ietekmes uz ražīgumu novērtējums.</p>	<p>Novērtēt harvesteru galvas velkošo veļņu (gan standarta, gan saudzīgo) radītos iespaidus dažādiem kokmateriālu veidiem, uzmērot tos parauglaukumos dažādās galvenās cirtes un kopšanas cirtes cirsām. Ņemt vērā arī gada laika ietekmi. Sīkāk darāmo darbu izvērsums savstarpēji saskaņojams pētījuma gaitā.</p>	<p>Ziņojums par izmēģinājumu rezultātiem, tajā skaitā padeves veļņu tipa un bojājumu sakarības krājas kopšanas un galvenajā cirtē.</p>	<p>Izmēģinājumus veiks galvenajā un krājas kopšanas cirtēs, izmantojot konvencionālās darba metodes. Pakalpojuma sniedzējs izmēģinājumu objektus izstrādās ar saudzīgajiem un standarta padeves veļņiem, nodrošinot nodalītu kokmateriālu apstrādi visos ražošanas etapos. Galvenajā izmantošanā pētījumu veiks ziemas mēnešos, kad ciršanas laikā gaisa temperatūra ir zem -5 °C un rudens sezonā. Sagatavojamais apjoms ar standarta un saudzīgajiem padeves veļņiem bērza finierkluciem 2*500 m³ 2 sezonās, egles zāģbaļķiem (146-155mm), priedes zāģbaļķiem (142-152 mm) nepieciešamais apjoms katrai sugai ir 2*2*200 m³ x 2 sezonas = 1600 m³. Projekta ietvaros adaptēsim metodiku padeves veļņu ietekmes uz kokmateriālu žūšanu un zilēšanu novērtēšanai praktisku izmēģinājumu veikšanai 2018. gadā.</p>

Darba uzdevums	Veicamās darbības un darba apjoms	2017. gada nodevumi	2017. gadā veicamie darbi
Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai:			
Empīrisku datu ieguve augsnes sagatavošanas ražīguma un paliekošo koku bojājumu modelēšanai.	Uzskaitīt augsnes gatavotāju darba laiku un noteikt audzē paliekošo koku bojājumu telpisko izvietojumu. Raksturot, kādu kopējo ietekmi uz darba ražīgumu un potenciālajiem ieguvumiem un/vai. zaudējumiem mežizstrādē rada augsnes gatavotāja kustības virziena maiņa attiecībā pret nogabala garenasi.	Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā augsnes gatavotāja manevrēšanas ietekmes uz ražīgumu un paliekošo koku bojājumu izvietojuma (koridoru galos un pārējā audzes daļā), kā arī koridoru garuma un bojājumu apjoma sakarības, augsnes gatavotāja ražīguma prognozēšanas modelis.	Izmēģinājumu gaitā iegūsim empīriskus datus par augsnes gatavotāja ražīgumu, veicot augsnes gatavošanu paralēli treilēšanas ceļiem (audzēs, kur zari ieklāti ceļos) un 45° leņķī pret treilēšanas ceļiem (zari izvesti biokurināmā sagatavošanai), tajā skaitā darba laika patēriņš manevriem audzes malās. Kopējā platība, kur veiksīm augsnes sagatavošanas izmēģinājumus, ir 20 ha, tajā skaitā 10 ha Mr un Dm meža tipos un 10 ha Vr un Gr meža tipos. Izmēģinājumos izmantosim vienu un to pašu augsnes gatavotāju. Mežizstrādes tehnikas kopšanas cirtēs radītos bojājumus novērtēsim vismaz 60 ha platībā skujkoku audzēs, tajā skaitā 30 ha platībā ar vismaz 400 m gariem tehnoloģiskajiem koridoriem, kuru gali ir savienoti, un 30 ha audžu ar īsākiem koridoriem, kur pievedējtraktors un harvesters galos nav apgriezušies. Visās audzēs novērtēsim bojājumu izvietojumu un noskaidrosim iespējamās koridoru konfigurācijas un bojājumu likumsakarības. Atbalsts, kas nepieciešams no AS "Latvijas valsts meži", ir izmēģinājumu objektu un tehnikas nodrošinājums, kā arī 2016. gada krājas kopšanas ciršu saraksts bojājumu uzskaitēi.
LiDAR datu pielietošanas koku augstuma novērtēšanai iespēju izpēte.	Pilnveidot metodes biokurināmā ieguvei piemērotu audžu atlasīšanai, izmantojot LiDAR datus. Atlasīt dažāda vecuma skujkoku un lapkoku audzes, atlasei izmantojot 2016. gada un citu gadu pētījumos izmantotās jaunaudžu atlases datu kopas. Iegūt empīriskus datus koku faktisko augstuma un no lāzerskenēšanas datiem interpolētā koku augstumu salīdzināšanai dažāda vecuma skujkoku un lapkoku audzēs. Noteikt audžu vidējo koku augstumus, interpolējot lāzerskenēšanas datus un salīdzināt tos ar rezultātiem, kas iegūti, vidējos koku augstumus nosakot ar instrumentālās uzmērīšanas metodēm.	Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā vienādojumi datu interpolācijai un koku augstuma pieauguma ekstrapolācijai	Darba uzdevuma ietvaros audžu atlasei veidosim DSM (digitālais virsmas modelis) un izmantosim AS "Latvijas valsts meži" izstrādāto DEM (digitālais reljefa modelis), aprēķinot to starpību un iegūst relatīvo koku augstuma virsmas modeli, kur katrs pikselis norāda vidējo koka virsmas augstumu. Ar rastra kalkulatora palīdzību, zinot LiDAR uzlidojuma gadu un augšanas gaitas tabulas, aprēķināsim tekošā gada teorētisko koku virsmas modeļa augstumu. Rezultātu pārbaudīsim uz lauka instrumentāli. Biokurināmā audžu atlases metodei plānots izmantot koku augstuma modeļa zonālo statistiku, aprēķinot koku vidējo augstumu, standartkļūdu un citus statistiskos rādītājus, kas norāda uz koku vidējo augstumu, kuru interpretē atbilstoši LiDAR un instrumentālo datu salīdzināšanas rezultātiem.

LITERATŪRA

1. Beven, K. J. & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology / Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. *Hydrological Sciences Bulletin* 24(1), 43–69.
2. Burt, T. P. & Butcher, D. P. (1986). Development of topographic indices for use in semi-distributed hillslope runoff models. *Zeitschrift für Geomorphologie. Supplementband* (58), 1–19.
3. Holmgren, P. (1994). Topographic and geochemical influence on the forest site quality, with respect to *Pinus sylvestris* and *Picea abies* in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9(1–4), 75–82.
4. Högbom, P., Johannisson, C., Nicklasson, H. & Högbom, L. (1990). Shoot nitrate reductase activities of field layer species in different forest types: I. Preliminary surveys in Northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5(1–4), 449–456.
5. Moore, I. D., Norton, T. W. & Williams, J. E. (1993). Modelling environmental heterogeneity in forested landscapes. *Journal of Hydrology* 150(2–4), 717–747.
6. Robson, A., Beven, K. & Neal, C. (1992). Towards identifying sources of subsurface flow: A comparison of components identified by a physically based runoff model and those determined by chemical mixing techniques. *Hydrological Processes* 6(2), 199–214.
7. Sorensen, R., Zinko, U. & Seibert, J. (2006). On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions. European Geosciences Union* 10(1), 101–112.
8. White, J. D. & Running, S. W. (1994). Testing scale dependent assumptions in regional ecosystem simulations. *Journal of Vegetation Science* 5(5), 687–702.
9. Zinko, U. (2004). *Plants go with the flow: predicting spatial distribution of plant species in the boreal forest*. Diss. Umeå: Ekologi och geovetenskap, Univ.
10. Zinko, U., Seibert, J., Dynesius, M. & Nilsson, C. (2005). Plant Species Numbers Predicted by a Topography-based Groundwater Flow Index. *Ecosystems* 8(4), 430–441.
11. Ågren, A. M., Lidberg, W., Strömberg, M., Ogilvie, J. & Arp, P. A. (2014). Evaluating digital terrain indices for soil wetness mapping – a Swedish case study. *Hydrology and Earth System Sciences* 18(9), 3623–3634.