

# PĀRSKATS

par Eiropas Savienības Eiropas Lauksaimniecības fonda lauku attīstībai (ELFLA) Atklāta projektu iesniegumu konkursa Latvijas Lauku attīstības programmas 2014.-2020.gadam pasākuma 16.

"Sadarbība" 16.1 apakšpasākuma ietvaros īstenotu pētījumu

<b>Pētījuma nosaukums:</b>	Harvestera prototipa izstrādāšana kokaugu stādījumu un īscirtmeta plantāciju zāģēšanai un biokurināmā sagatavošanai
<b>Pētījuma projekta numurs:</b>	19-00-A01620-000089
<b>Izpildes laiks:</b>	01.04.2020-09.11.2022.
<b>Izpildītāji:</b>	Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava" un SIA "Laflora"
<b>Projekta vadītājs:</b>	Andis Lazdiņš, Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"
<b>Sadarbības partnera pārstāvis:</b>	Inārs Dreimanis, SIA "Laflora"

NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA  
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS  
Eiropas Lauksaimniecības fonds  
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

# Saturs

Saturs.....	2
Kopsavilkums.....	3
Ievads.....	4
Pētījuma īstenošanas gaita.....	9
Pētījumā iesaistīto partneru raksturojums.....	12
Metodika.....	15
Harvestera projektēšanas uzdevums.....	15
Izmēģinājumu objekti.....	16
Pētījumā izmantotā tehnika.....	17
Darba laika uzskaitē.....	18
Rezultāti un to analīze.....	19
Harvestera prototipa izstrādāšana.....	19
Ražīgums.....	20
Tehnikas pielietojanas robežvērtības un to paplašināšanas iespējas.....	24
Darba uzdevums tehnikas pilnveidošanai.....	25
Ieguvumi no pētījuma īstenošanas.....	26
Projekta publicitāte.....	27
Secinājumi.....	28
Izmantotā literatūra.....	29

# Kopsavilkums

LVMi Silava sadarbībā ar SIA "Laflora" pabeigta pētījuma "Harvestera prototipa izstrādāšana kokaugu stādījumu un īscirtmeta plantāciju zāģēšanai un biokurināmā sagatavošanai" (Nr. 19-00-A01620-000089) īstenošana. Pētījuma īstenošanu finansēja Eiropas Lauksaimniecības fonds lauku attīstībai (ELFLA) Latvijas Lauku attīstības pasākuma "Sadarbība" 16.1. programma.

Pētījuma ietvaros izstrādāts dažādu patērētāju vajadzībām pielāgojama harvestera prototips sīkkoku griešanai un smalcināšanai, kas paredzēts biokurināmā vai mulčas (dažāda garuma šķeldu un eko-granulu) sagatavošanai kokaugu plantācijās, grāvju trašu un aizaugušu lauksaimniecības zemju apauguma novākšanā.

Pētījuma ietvaros izstrādāts harvestera inženiertehniskais risinājums (sīkkoku griešanas un smalcināšanas agregāta tehniskā dokumentācija), izgatavots iekārtas prototips izstrādāto tehnisko risinājumu empīriskai pārbaudei un pilnveidošanai lauka apstākļos, un veikti izmēģinājumi kārkļu stādījumos un dabiskajā lauksaimniecības zemju apaugumā. Izmēģinājumi veikti sadarbībā ar SIA "Laflora" Skrīveru apkārtnē ERAF finansēta projekta "Daudzfunkcionālu lapu koku un enerģētisko augu plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas modeļu izstrāde" (Nr. 2010/0268/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/118) ietvaros izveidotā kokaugu stādījumā, kā arī dabiskā grāvju trašu apaugumā Kaigu purva apkārtnē.

Pētījumā secināts, ka galvenais ražību ietekmējošais faktors ir koku un krūmu biomasa, jo mazāku koku un krūmu apaugumā tehnikas kustības ātrumu nevar būtiski palielināt, attiecīgi, jo mazāka ir augošo koku un krūmu biomasa, jo mazāka ir harvestera ražība. Pļaujot apaugumu, kurā vidējā dzinuma caurmērs pie sakņu kakla ir mazāks par 2 cm, šķeldu kvalitāte būtiski pasliktinās (veidojas garas – līdz 15 cm – ēvelētas šķeldas) un biežāk notiek iekārtas nosprostošanās ar tieviem, lokaniem dzinumiem. Vidējais (rekomendētais) ātrums, pļaujot kārkļu stādījumus, ir 800 m stundā. Izmēģinājumos iegūtie ražības rādītāji šādos apstākļos bija 3,9 tonnas sausnas stundā. Palielinot izmantojamās tehnikas jaudu (izmēģinājumos izmantotām MTZ82), ražību varētu palielināt, jo samazinātos piespiedu dīkstāves, nosprostojoties šķeldotāja mehānismam.

Pētījums veikts Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava" (LVMi Silava) sadarbībā ar SIA "Laflora". Izmēģinājumos piedalījās Zemkopības institūta traktortehnikas operatori. Empīrisko datu ieguvī, analīzi un pārskata sagatavošanu nodrošināja LVMi Silava zinātnieki un SIA Laflora eksperti.

# Ievads

Kokaugu stādījumu ierīkošanas potenciāls enerģētiskās koksnes iegūšanai Latvijā saražoto notekūdeņu dūņu drošai izmantošanai ir 20-30 tūkst. ha. Izstrāde ir viens no dārgākajiem kokaugu stādījumu apsaimniekošanas etapiem, kas rada 50-80 % no izmaksām. Kārklu plantācijas ir arī efektīvākais risinājums notekūdeņu dūņu izmantošanai, kas Rietumeiropā ir viens no galvenajiem dzinējspēkiem kokaugu stādījumu attīstībai.

Kokaugu stādījumu izstrādes mehanizācija ir priekšnosacījums, lai šo bioenerģijas avotu padarītu ekonomiski efektīvu un videi draudzīgu. Izšķir trīs biokurināmā piegāžu ķēdes: stumbra koksni, saiņus un šķeldas, no kurām pēdējā ir vislētākā. Pagātnē vairāk nekā 20 dažādas mežizstrādes mašīnas un papildaprīkojumu izstrādāja tieši IKS apsaimniekošanai (Pecenka u.c., 2014), taču tās reti progresējušas tālāk par prototipa stadiju, un, piemēram, tie parasti neattaisno cerības ilgo dīkstāves periodu remontu laikā un pārvērtētās produktivitātes dēļ. Papildus specializētajiem griešanas rīkiem, kas jau pieejami lopbarības harvesteriem, labas iespējas tirgū ir arī lētākiem traktoriem ar specializētu griešanas aprīkojumu, tomēr tām vēl nepieciešama ievērojama izstrāde un uzlabojumi (Scholz & Lücke, 2007). Ņemot vērā, ka kokaugu stādījumi, ko veido blīvi stādīti kārklu spraudēni, ir relatīvi jauna saimnieciskās darbības joma lauksaimniekiem, ir tikai daži pārbaudīti rezultāti un pieredze attiecībā uz tehniku, neskatoties uz lielo izstrādes pieeju skaitu. Šī pieredze īpaši gūta Ziemeļvalstīs, kā arī Vācijā. Konvencionālā meža tehnika pieejama papeļu mežizstrādei. Izstrādi, ko sāka veikt Ziemeļvalstīs – koku gāšanas un sagarumošanas mašīnas, kas savāc noteikta garuma nogriežņus vai nesagarumotus kokus un tos novieto lauka malā – kokaugu stādījumos pašlaik vairs neturpina. Pašgājēji smalcinātāji, kas vienlaicīgi zāgē un sasmalcina, ir sevi pierādījuši lielākajā daļā tirgu. Vācijā ir pieejamas divas jaudīgas īpašās zāgēšanas vienības lopbarības harvesteriem, bet tās pārsvarā ir piemērotas kārkliem un papeļiem ar stumbra diametru līdz 70 mm. To izmantošana ir ienesīga tikai lielās platībās. Uzkarināmas vienības traktoriem izstrādā un optimizē Getingenes universitātē, ATB Potsdam-Bornim un Salixphere Zviedrijā. Tās var izmantot kvalitatīvu ekogranulu sagatavošanai, kā arī papeļu stādījumos ar rotācijas periodu no 3 līdz 5 gadiem (Ehlert & Pecenska, 2013). Tomēr šīs mašīnas kritizē lielā mitruma satura un īsā kurināmā glabāšanas laika dēļ. Interesantu izstrādi veica ROD-PICKER projekta radīšanas sistēma, kuru var izmantot gan kokaudzētāvās (papeļu un kārklu), gan rūpnieciskajās plantācijās, lai iegūtu nesagarumotus dzinumus, ko var izžāvēt un uzglabāt ilglaicīgi. Perspektīvas Kanādā izstrādātas saiņošanas tehnoloģijas rezultātā izstrādāja rūpnieciski pielietojamu harvesteru (F. Lavoie u.c., 2008).

Galvenie nosacījumi kokaugu stādījumu harvesteram ir pietiekoša jauda, lai varētu darboties ar dažāda izmēra kokiem, pielāgojams zāga griešanas augstums, ko var palielināt par 1-2 cm katrā pļaušanas laikā; un griešanas platībai jābūt gludai un mazai, lai samazinātu bojājuma platību. SRC var nodrošināt ar dažāda veida biodegvielu: nesagarumoti dzinumi (līdz 8 m), saiņi (presēti, savelti kā siena balles vai zaru saiņi), eko-granulām (5-15 cm garām), kā arī šķeldas.

Svaigi zāgētā koksne mitruma saturs ir 40-60 %, taču pareiza izmēra un uzglabāšanas metodes izvēle ļauj samazināt mitruma saturu koksne līdz 20 %, palielinot biokurināmā

uzglabāšanas un izmantošanas iespējas, kā arī samazinot transporta izmaksas. Efektīvākais risinājums koksnes žāvēšanai, saglabājot procesa automatizācijas iespējas, ir eko-granulu ražošana.

Kokaugu stādījumu izstrādes tehnoloģiju attīstības virzieni ir 1) dalīta zāģēšana & šķeldošana un 2) kombainu tipa harvesteri, kas paši sasmalcina biomasu; kā arī 1) uzkarināmas vai 2) patstāvīgas izstrādes iekārtas. Lielākā daļa IKS harvesteru ir prototipi, taču atsevišķas iekārtas ražo sērijveidā. Populārākais kokaugu stādījumu harvesteris ir uz CLAAS Jaguar biomasas smalcinātāja bāzes veidots kombains. Līdzīgs princips izmantots New Holland smalcinātājā. Kanādas kompānijā Andersons izstrādāts kārkļu baļļu tinējs Biobaler. Zviedrijā kompānijā *Salixphere* izstrādāts lauksaimniecības traktoram uzkarināms harvesteris Bender, kas var ražot šķeldas vai eko-granulas.

Kokaugu stādījumu harvesteriem nepieciešama liela jauda – vismaz 200-300 kW, kas palielina iekārtas masu, degvielas patēriņu un biokurināmā ražošanas izmaksas. Lielākais jaudas patērētājs ir nevis šķeldošana, bet gan sīkkoku “ielauzīšana” padeves mehānismā. Lai samazinātu nepieciešamo jaudu (līdz 100 kW) un, attiecīgi, arī izmaksas un degvielas patēriņu, projekta ietvaros izstrādājamo risinājumu veidosim, balstoties uz SIA “ORVI” projekta "Sīkkoku griešanas, smalcināšanas un savākšanas iekārtas biokurināmā iegūšanai tehniskās dokumentācijas izstrāde" (līgums par projekta īstenošanu Nr. L-JPI-09-0010, projekts Nr. JPI/2.1.2.2.1/09/01/026) iestrādānēm, pilnveidojot un papildinot sīkkoku griešanas, smalcināšanas iekārtu biokurināmā iegūšanai (SGSA-1, Nr. 168.00.00.000). Koku ievilkšanai iekārta izmanto spriedzes spēkus, kas veidojas, noliecot kokus, bet biomasas sasmalcināšanai izmanto trumuļveida šķeldotāju ar maināmu nažu garumu, kas ļauj ražot šķeldas un eko-granulas.

Dažādu tehnikas risinājumu novērtējums parāda, ka kokaugu stādījumu ierīkošanā un apsaimniekošanā jāiesaista plašs tehnikas spektrs – no nelielas jaudas lauksaimniecības traktoriem augsnes gatavošanai līdz jaudīgām specializētām iekārtām biomasas smalcināšanai. Vairumā gadījumu vienas saimniecības rīcībā būs tikai atsevišķas iekārtas, kas nepieciešamas kokaugu stādījumu apsaimniekošanai, kas, piedevām, būs noslogotas lauka darbos tajā laikā, kad jāveic saimnieciskā darbība arī kokaugu stādījumos.

Vienlaidus krūmveida apauguma zāģēšana un smalcināšanai piemērots lauksaimniecības traktors New Holland FR9090 ar 130 FB darba galvu (Att. 1), kas paredzēta zāģēšanas un šķeldošanas operācijai (novāc apaugumu mašīnas priekšā). Dzinēja jauda 573 kW, degvielas patēriņš 33 L h<sup>-1</sup>. Bāzes mašīnas (lauksaimniecības traktora) pašmasa ir 13,1 t, platums 3 m, garums 8,5 m. Bāzes mašīnas cena 350 tūkst. €; darba galva – 85-90 tūkst. €; bāzes mašīnas nolietojuma periods – 12 gadi; darba galvas nolietojuma periods – 8 gadi (500 darba stundas gadā); vidējās zāģēšanas un smalcināšanas izmaksas 212,5 € ha<sup>-1</sup>, neskaitot darbaspēka izmaksas (Berhongeray u.c., 2013).



**Att. 1. New Holland FR9090 ar 130 FB darba galvu<sup>1</sup>.**

Vienlaidu krūmveida apauguma novākšanai un smalcināšanai izmantojams arī lauksaimniecības traktors John Deere 8520T ar Ny Vraa apauguma novākšanas kombainu ar JF Z200-HYDRO/E darba galvu (Att. 2), kas paredzēta zāģēšanas un šķeldošanas operācijai (novāc apaugumu, kas atrodas blakus mašīnai). Dzinēja jauda 227 kW, degvielas patēriņš 30 L h<sup>-1</sup>. Bāzes mašīnas (lauksaimniecības traktora) pašmasa 12,1 tonnas, platums 2,6 m, garums 5,2 m. Bāzes mašīnas cena 125 000 €; apauguma novākšanas kombains – 46 000 €; bāzes mašīnas nolietojuma periods – 12 gadi; apauguma novākšanas kombaina nolietojuma periods – 8 gadi (500 darba stundas gadā); vidējās zāģēšanas un smalcināšanas izmaksas 83,6 € ha<sup>-1</sup>, neskaitot darbaspēka izmaksas (Berhongeray u.c., 2013).



**Att. 2. John Deere 8520T ar JF Z200-HYDRO/E darba galvu<sup>2</sup>.**

---

<sup>1</sup> <https://digitalcommons.esf.edu/hvstgal/13/>

<sup>2</sup> <https://nyvraa.dk/pilehoest>

Kkrūmveida apauguma novākšanu var veikt vidējas klases harvesters Valmet 901-4 (Naarva Grip 1600-40 darba galva, Att. 3). Šī darba galva darbojas kā giljotīna un ir būtiski lētāka nekā darba galva ar zāģi, taču tai ir arī mazāks ražīgums un tā nevar nokniebt pavisam mazus krūmus (kārķļu stādījumos). Dzinēja jauda 124 kW, degvielas patēriņš 12 L h<sup>-1</sup>, masa 14 t, platums 2,7 m. Bāzes mašīnas cena – 280 tūkst. €; darba galva – 17 tūkst. € gadā; bāzes mašīnas nolietojuma periods – 5 gadi; darba galvas nolietojums – 2-3 gadi; uzturēšanas un remonta izmaksas – 6 € h<sup>-1</sup>; administratīvās izmaksas – 7 tūkst. € gadā; mašīnu pārvietošanas izmaksas – 6 tūkst. € gadā, apdrošināšana – 2 tūkst. € gadā. Ražīgums – vidēji 3 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> (vid. stumbra tilp. 0,007 m<sup>3</sup>). Ražīgumu ietekmē stādījumu biežums un nozāģēto koku apjoms (Magagnotti u.c., 2012).



Att. 3. Naarva Grip 1600-40 darba galva<sup>3</sup>.

Projekta uzdevums ir izstrādāt jaunu produktu (tehnoloģiju) sīkkoku griešanai un smalcināšana, kas būtu izmantojams dažādas biežības kokaugu stādījumos, jo esošie tehniskie risinājumi ir izstrādes tehnoloģijas piedāvā šauri specializēti un ar ierobežotām iespējām sagatavot dažādiem patērētājiem pielāgotu biokurināmo (dažāda garuma šķeldas un eko-granulas). Izmantojot biomasas smalcinātājus, nav iespējams vienu un to pašu iekārtu veikt dažādas lauksaimniecības un mežsaimniecības operācijas, piemēram, zāģēšanu un šķeldošanu grāvju trašu apauguma novākšanā, tāpēc pakalpojumu izmaksas ir būtiski lielākas, nekā attiecīgu pakalpojumu izcenojumi mežsaimniecībā. Alternatīvs risinājums ir roku darba izmantošana, kas būtiski sadārdzina biokurināmo. Projekta ietvaros izstrādātās jaunās iekārtas primārais pielietojums ir dažādas biežības kokaugu

<sup>3</sup> <https://www.ebay-kleinanzeigen.de/s-anzeige/naarva-grip-1600-40-fallkopf/2088966808-276-6210>

stādījumu izstrāde, kā arī dabīgi aizaugušo lauksaimniecības zemju kopšanā, t.sk. koridoru ierīkošanā dabīgi apmežojušās lauksaimniecības zemēs, radot iespēju nākotnē izveidot produktīvas jaunaudzes, kā arī ar lauksaimniecību saistīto infrastruktūras objektu uzturēšanā, atbrīvojot tos no kokaugu apauguma, un augļu dārzu apsaimniekošanā, smalcinot nozāģētos zarus. Ar jauno tehnoloģiju, mainot šķeldotāja rotācijas ātrumu, no savāktā materiāla var sagatavot biokurināmo ar pielāgojamām īpašībām (šķeldu garumu). Izstrādāto iekārtu var izmantot apauguma novākšanai zem augstspriegumu līnijām, apaugušu kūdras purvu atbrīvošanai no sīkkokiem, no savāktā materiāla iegūstot biokurināmo.

Darba ražīguma novērtēšanai veikta dabiskā apauguma un kārkļu stādījuma pļaušana 3 ha platībā Skrīveru un Kalnciema apkārtnē, vienlaicīgi veicot iekārtas mezglu un darba uzstādījumu pilnveidošanu.



# Pētījuma īstenošanas gaita

Pētījuma 1. etaps turpinājās no 01.04.2020 līdz 31.03.2021. Pētījuma 1. etapā izstrādāts skiču projekts, taču sakarā ar COVID19 ierobežojumiem palielinājās tehniskās dokumentācijas sagatavošanas laiks, materiālus un mežglus, kas vairs nebija pieejami, aizstājot ar vieglāk pieejamiem materiāliem. SIA "Laflora" nodrošināja tehniku un platības dabiskā apauguma novērtēšanai, kā arī veica tehniskā uzdevuma ekspertīzi un korekcijas atbilstoši uzņēmuma vajadzībām. Uzņēmums nodrošināja tehniku inženieriem uzmērījumu veikšanai; uzņēmuma izstrādātajos kūdras laukos veikta darba apstākļu un grunts nestspējas izpēte. LVMI Silava nodrošināja darba spēku un programmatūru sīkkoku griešanas un smalcināšanas iekārtas tehniskās dokumentācijas sagatavošanai; kā arī iepirkuma dokumentācijas sagatavošanai materiālu iegādei un iekārtas prototipa izgatavošanai.

Uzsākot pētījuma 2. etapu, 2021. gada pavasarī un vasarā bija plānots iegādāties materiālus un izgatavot iekārtas prototipu izstrādāto risinājumu empīriskai pārbaudei un pilnveidošanai. Pēc iekārtas prototipa izgatavošanas 2021. gada rudenī bija plānots veikt tā testēšanu ražošanas apstākļos vismaz 3 ha platībā LVMI Silava sadarbības partneru un SIA Laflora apsaimniekotajos kokaugu stādījumos un grāvju trašu apaugumā. Izmēģinājumu laikā bija plānots veikt darba laika uzskaiti, fiksēt traktora telemetrijas rādītājus (degvielas patēriņu, jūgvārpstas apgriezienus, kustības ātrumu), noteikt sagatavotā materiāla kvalitāti un ietekmi uz augsni un augu saknēm kokaugu stādījumos. Balstoties uz darba laika un telemetrijas datu uzskaites rezultātiem, 2022. gadā bija plānots sagatavot zinātnisku publikāciju WOS vai SCOPUS indeksētā izdevumā, kā arī prezentēt pētījuma rezultātus starptautiskā zinātniskā konferencē un ievietot rezultātus pētījumam veltītās interneta vietnēs. Pētījuma rezultātus plānojām prezentēt tiešsaistes vai klātienē pasākumā potenciālajiem tehnoloģijas lietotājiem. Sakarā ar COVID19 ierobežojumiem klātienē pasākumu 2021. un 2022. gadā neizdevās organizēt, tāpēc Youtube vietnē ievietoti nelieli video ar pētījuma rezultātiem.

Pētījuma 2. etaps īstenots no 01.04.2021 līdz 01.05.2022. Šajā etapā pabeigta inženiertehnisko rasējumu un aprēķinu sagatavošana un sagatavota iepirkumu dokumentācija materiālu iegādei un iekārtas prototipa izgatavošanai. Sakarā ar materiālu izmaksu pieaugumu vai pieejamības samazināšanos, 2021. gadā vajadzēja atkārtoti pārstrādāt tehnisko dokumentāciju un atkārtoti veikt iepirkumus materiālu piegādēm un iekārtas izgatavošanai. Papildus grūtības radīja tas, ka 2021. gadā lielākā daļa uzrunāto metālapstrādes uzņēmumu nevarēja piedalīties iepirkumā sakarā ar nodokļu parādiem, kas radušies gan COVID19 pandēmijas, gan piegāžu ķēžu pārrāvumu rezultātā. Kopumā iepirkums atkārtoti veikts 4 reizes, no 25.03.2021 līdz 13.07.2021, kad noslēgti 2 līgumi ar SIA "Džipu darbnīca". Pateicoties atkārtotai iepirkumu organizācijai un tehniskās dokumentācijas pārstrādāšanai atbilstoši faktiski pieejamajiem materiāliem, iekārtas prototipa materiālu un izgatavošanas izmaksas izdevās saglabāt sākotnēji plānotajā līmenī. Iepirkumu izsludināšanas vēsture:

## 1. Noslēgti līgumi:

1. Harvesteru prototipa izgatavošana (LVMI Silava 2021/14/MI), 13.07.2021, piedāvājuma atvēršana 23.07.2021, "Džipu darbnīca" SIA, <https://www.eis.gov.lv/EKEIS/Supplier/Procurement/60331>;

2. Materiālu un sagatavju komplekts harvestera prototipa izgatavošanai (LVMI Silava 2021/13/MI), 12.07.2021, piedāvājuma atvēršana 23.07.2021, "Džipu darbnīca" SIA, <https://www.eis.gov.lv/EKEIS/Supplier/Procurement/60226>;
2. Pārtraukts iepirkums Nr. 3:
  1. Harvestera prototipa izgatavošana (LVMI Silava 2021/12/MI), 01.06.2021, pārtraukts, <https://www.eis.gov.lv/EKEIS/Supplier/Procurement/58171>;
  2. Materiālu un sagatavju komplekts harvestera prototipa izgatavošanai (LVMI Silava 2021/11/MI), 01.06.2021, pārtraukts iepirkums, <https://www.eis.gov.lv/EKEIS/Supplier/Procurement/58169>;
3. Pārtraukts iepirkums Nr. 2:
  1. Harvestera prototipa izgatavošana (LVMI Silava 2021/10/MI), 13.04.2021, pārtraukts, <https://www.eis.gov.lv/EKEIS/Supplier/Procurement/55233>;
  2. Materiālu un sagatavju komplekts harvestera prototipa izgatavošanai (LVMI Silava 2021/9/MI), 13.04.2021, pārtraukts iepirkums, <https://www.eis.gov.lv/EKEIS/Supplier/Procurement/55229>;
4. Pārtraukts iepirkums Nr. 1:
  1. Harvestera prototipa izgatavošana (LVMI Silava 2021/8/MI), 25.03.2021, pārtraukts, <https://www.eis.gov.lv/EKEIS/Supplier/Procurement/54304>;
  2. Materiālu un sagatavju komplekts harvestera prototipa izgatavošanai (LVMI Silava 2021/7/MI), 25.03.2021, pārtraukts iepirkums, <https://www.eis.gov.lv/EKEIS/Supplier/Procurement/54302>.

Otrajā pārskata etapā uzsākts iekārtas prototipa izgatavošana izstrādāto risinājumu empīriskai pārbaudei un pilnveidošanai. Iekārtas prototipa izgatavošanas nobīde laikā saistīta ar nepieciešamību atkārtoti veikt iepirkumus un pielāgot tehnisko dokumentāciju pieejamajiem materiāliem. Sakarā ar COVID19 ierobežojumiem semināra organizēšana nebija iespējama un tā vietā izveidots televīzijas sižets par LVMI Silava jaunākajiem pētījumiem, tajā skaitā par harvestera izgatavošanu

Pētījuma rezultātus prezentēsim konferencē Engineering for Rural Development 2023 (2023. gada maijā). Rezultātu prezentēšana bija plānota 2022. gadā organizētajā konferencē, taču 2. etapa noslēgumā vēl nebija pieejami pētījuma rezultāti, tāpēc pētījuma rezultātu prezentēšana pārcelta.

SIA "Laflora" pētījuma 2. etapā nodrošināja tehniku izmēģinājumu organizēšanai, telemetrijas un dažādu montāžas mezglu mērījumiem; nodrošināja izgatavoto mezglu transportēšanu un atbalstu to uzstādīšanā un sākotnējā pārbaudē; nodrošināja piekļuvi un transportu zinātniekiem nokļūšanai kokaugu stādījumos Kaigu purvā un vienlaidus apauguma platībām ap Kaigu purvu, kur plānoti pļaušanas un šķeldošanas izmēģinājumi.

LVMI Silava pabeidza tehnisko dokumentāciju harvestera izgatavošanai, kā arī organizēja sīkkoku griešanas un smalcināšanas iekārtas materiālu un izgatavošanas iepirkumus (iepirkumi atkārtoti organizēti 4 reizes, jo Covid 19 pandēmijas rezultātā 2021. gadā vairākkārtīgi pieauga materiālu izmaksas, bet sakarā ar 2020. gada notikumiem Baltkrievijā vairs nebija pieejami materiāli no šīs valsts, tāpēc vajadzēja pielāgot tehnisko dokumentāciju lētākiem, Eiropas valstīs pieejamiem materiāliem).

2021. gadā pēc visu materiālu piegādes un to atbilstības pārbaudes uzsākta iekārtas izgatavošana. 2022. gada vasarā pēc iekārtas prototipa izgatavošanas uzsākti sagatavošanās darbi izmēģinājumus SIA Laflora apsaimniekotajās platībās, kā arī Skrīveru apkārtnē dažāda vecuma kokaugu stādījumos izstrādāto risinājumu empīriskai pārbaudei un pilnveidošanai.

Noslēdzot pētījuma 2. etapu, iesniegts pieteikums pagarināt pētījuma izpildi, lai veiktu lauka izmēģinājumus. Uzsākot 3. pētījuma etapu testēšanai ražošanas apstākļos sagatavoti kokaugu stādījumi 3 ha platībā un papildus platības kokaugu apauguma novākšanai.

Pētījuma 3. etaps turpinājās no 02.05.2022 līdz 09.11.2022. Šajā etapā veikti lauka izmēģinājumi harvestera prototipa ražības raksturošanai vienlaidus apaugumā un kokaugu stādījumos vasarā un rudenī (bezlapu stāvoklī). Izmēģinājumu rezultāti apkopoti šajā pārskatā. Balstoties uz darba laika un telemetrijas datu uzskaites rezultātiem, sagatavota publikācija WOS un SCOPUS indeksētam rakstu krājumam "Engineering for rural development", kā arī pieteikta pētījuma rezultātu prezentācija starptautiskā zinātniskā konferencē. Pēc recenzentu atzinuma saņemšanas veiksīm publikācijas pilnveidošanu, kā arī 2023. gada maijā prezentēsim pētījuma rezultātus konferencē "Engineering for rural development".

Pētījuma 3. etapā SIA "Laflora" nodrošināja tehniku un daļēji arī operatoru pakalpojumus izmēģinājumiem (skrīveru apkārtnē izmantots Zemkopības institūta traktors un operators). Bez tam SIA "Laflora" sniedza atbalstu iekārtas transportēšanā, uzstādīšanā un demontēšanā. LVMI Silava nodrošināja darbaspēku un tehnisko nodrošinājumu sīkkoku griešanas un smalcināšanas iekārtas testēšanai (darba laika uzskaitē, telemetrijas datu fiksēšanai) lauka izmēģinājumos.

Arī pētījuma 3. etapā atkārtoti lūgts pētījuma izpildes termiņa pagarinājums, jo 2022. gada vasarā veikti lauka izmēģinājumi ar kokiem un krūmiem lapotā stāvoklī, taču kokaugu stādījumus ražošanas apstākļos ļauj bezlapu stāvoklī, tāpēc iegūtie dati pilnībā neraksturoja iekārtas darbību normālos ražošanas apstākļos. Arī sākotnēji, plānojot pētījuma īstenošanu, izmēģinājumi bija plānoti 2022. gada ziemā – pavasarī. Lai nodrošinātu datu iegūvi ražošanas apstākļos, lūgts pētījuma pagarinājums, lai 2022. gada oktobrī veiktu izmēģinājumus kokaugu stādījumos jau bezlapu stāvoklī. Lapu klātbūtne ietekmē šķeldu kvalitāti, kā arī pašu zāģēšanas procesu, jo lapas un mazie, nenobriedušie zari veicina zāģēšanas mehānisma nosprostošanos, radot, iespējams, nepareizu priekšstatu par iekārtas prototipa pielietošanas iespējām, it īpaši zāģējot mazāku dimensiju krūmus un kociņus.

## Pētījumā iesaistīto partneru raksturojums

Pētījuma „Harvestera prototipa izstrādāšana kokaugu stādījumu un īsirtmeta plantāciju zāģēšanai un biokurināmā sagatavošanai” vadošais partneris ir Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”. Galvenie uzdevumi, ko veic LVMI Silava, ir pētījumi par ilgtspējīgu un efektīvu meža resursu izmantošanu. LVMI Silava atbild par Meža resursu monitoringa (MRM) īstenošanu, siltumnīcas efekta gāzu inventarizāciju zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektorā, un citam ar meža monitoringu saistītām programmām Latvijā. LVMI Silava ir līdzdibinātājs aģentūrai “Meža pētīšanas stacija”, kas apsaimnieko pētniecības mežus (32 kha meža zemju eksperimentāliem nolūkiem).

Meža darbu mašinizācijas pētnieku komanda no Silavas iesaistīs projekta īstenošanā. Meža darbu mašinizācijas pētnieku komanda sastāv no 12 zinātniekiem un inženieriem, no kuriem 6 ir doktorantūras studenti. Šai komandai ir pieredze lietišķajā zinātnē koksnes produktu ražošanā, meža darbu ietekme uz vidi novērtēšanā, piemēram ietekme uz augsni un SEG emisijām un specializētu iekārtu dizainu (nesenie izgudrojumi ir celmu pacelšanas kauss, koksnes pelnu atdalītājs un izkliedētājs, un augsnes pacilu veidošanas kauss).

Projekta zinātniskais koordinators vadošais pētnieks Dr. silv. Andis Lazdiņš absolvējis Latvijas Lauksaimniecības universitāti (tēma – pamestu un apmežotu lauksaimniecības zemju izmantošana biokurināmā un apaļkoku ražošanai). Galvenie pienākumi institūtā ir Meža vides laboratorijas vadība, pētījumu koordinācija atjaunojamās enerģijas, meža darbu un vides inženiertehnisko darbi un nacionālās siltumnīcas efekta gāzu (SEG) emisiju inventarizācijas ziņojuma ZIZIMM sektoram kopš 2007. gada. Pētnieka H-indeks: 12, 102 publikācijas Scopus datubāzē.

Izmēģinājumus koordinē LVMI Silava pētnieks, mežzinātņu doktors Agris Zimelis. Viņa disertācijas tēma ir biokurināmā ražošana no celmiem. Agris ir viens no vadošajiem ekspertiem AS “Latvijas valsts meži” pētījumu programmā par meža darbu mehanizāciju un meža biokurināmo un Horizon 2020 projektu OnTrack. Viņa H-indeks ir 5, 27 dokumenti Scopus datubāzē.

Izstrādes kvalitāti un ietekmi uz plantācijām vērtējām Dr. silv. Dagnijas Lazdiņas vadībā. Viņa absolvējusi Latvijas Lauksaimniecības universitāti (tēma – īsa aprites cikla kultūras ar augstu enerģētisko vērtību). Dagnija koordinē pētījumus meža atjaunošanas nozarē, kā arī sējeņu ražošanas tehnoloģijas. Viņas pirmā zinātniskā specializācija bija pētījumi par stresa radīto hormonu ekspresiju augos. Dagnija ir vadītāja vairākiem doktora un maģistra darbiem meža mēslošanas, attālās izpētes metožu un fizioloģisko aspektu mežaudžu attīstībai uz rekultivētām augsnēm jomās. Pētnieka H-indeks 12, 84 dokumenti Scopus datubāzē.

Projekta komandas dalībnieki ir 8 patentu autori mežrūpniecības un atkritumu pārstrādes nozarē, tajā skaitā harvestera patentam, ko izmantos kā bāzi šī projektā tālākā attīstībā. Projekta komandas īstenošanas kapacitāti apstiprina būtisku zinātnisko

publikāciju skaits (kopējais iesaistīto ekspertu publikāciju skaits būtiskās pētniecības nozarēs pēdējo 10 gadu laikā ir 204.

LVMI Silava ir nepieciešamā pētījumu infrastruktūra projekta īstenošanai, tajā skaitā biroju telpas, aprīkotas laboratorijas, paraugu ievākšanas aprīkojums, automašīnas lauka izbraukumiem, datortehnika un programmatūra, kas nepieciešama mehāniskajai konstrukcijai, datu apstrādei un analīzei. Mašīnbūves uzņēmumu prototipa būvei izraudzīts publiskā iepirkuma procesā.

Projekta komandā ietilpst 2 zinātņu doktori, 2 kvalificēti inženieri un tehniskais personāls, kas nodrošina mērījumus un dažādu lauka datu iegūvi. Vadošo partneri pārstāv un projekta ietvaros īsteno izvirzītos darba uzdevumus vadošais pētnieks Dr.silv. Andis Lazdiņš (e-pasts: andis.lazdins@silava.lv, mob.tālr.: +371 26595586).

Projekta sadarbības partneris SIA "Laflora" ir viens no Latvijas lielākajiem kūdras pārstrādes uzņēmumiem, kas piedāvā kvalitatīvu kūdru un kūdras substrātus, kā arī arvien aktīvāk iesaistās SEG emisiju mazināšanas pasākumu īstenošanā, tajā skaitā ierīkojot kokaugu stādījumus izstrādātās kūdras atradņu daļās.

Kūdras substrāta ražotne atrodas Jelgavas novada Līvberzes pagastā. Uzņēmums sagatavo kūdras substrāta ražošanai, attīrītu kūdras sajaukšanu ar citām izejvielām vajadzīgajās proporcijās un iepakojumu. Uzņēmums apstrādā un bagātina kūdras pēc vairāk nekā 5000 receptēm. Aptuveni 85% gatavās produkcijas eksportē, atlikušos 15% realizē Latvijā. Uzņēmuma galvenās kūdras ieguves vietas atrodas trīs purvos: Kaigu kūdras purvā, Drabiņu purvā un Nīcgales kūdras purvā. Daļa piedevu un uztura bagātinātāju iepērk no Latvijas ražojošajiem uzņēmumiem (kaļķakmens, dolomīta milti), savukārt minerālmēslojumu un mālus galvenokārt ievēd no Skandināvijas.

LIFE REstore projekta ietvaros SIS Laflora teritorijā ierīkots kokaugu stādījums (Att. 4) 9 ha platībā, kurā izmantotas dažādas koku sugas, tajā skaitā papeļu un kārkļu hibrīdi. Pētījuma ietvaros veiktais gāzu monitorings parāda, ka kokaugu stādījums ir efektīvs risinājums, kas var pārvērst emitējošu kūdras lauku par CO<sub>2</sub> piesaistes avotu. Kokaugu stādījumu un platību, kas transformētas par mežu, kā arī meliorācijas sistēmu apsaimniekošanai nepieciešams pašgājējs harvesters, kas varētu pārvērst nozāģēto sīkkoksni par biokurināmo.

SIA Laflora pētījumā sniedza atbalstu sīkkoku harvestera projektēšanas uzdevuma sagatavošanā, platību izvēlē tehnikas izmēģinājumiem un raksturīgu darba apstākļu novērtēšanai, kā arī iesaistījās mērījumu veikšanā. Projektēšanas stadijā uzņēmums nodrošināja piekļuvi bāzes mašīnai dažādu mezglu konstrukciju precizēšanai, jo dažādos laikos ražotajiem MTZ82 traktoriem atšķiras atsevišķi rāmja mezgli un uzkares elementi, tāpēc iekārta jāpielāgo konkrētai iekārtai. Uzņēmuma speciālisti piedalījās uzmērījumu veikšanā un sniedza konsultācijas par tehniskiem jautājumiem. Izstrādātā harvestera prototipa testēšanas laikā uzņēmums nodrošināja tehnikas montāžu gan atsevišķu mezglu, gan visas iekārtas funkcionalitātes pārbaudei un lauka izmēģinājumiem vienlaidus apaugumā.

SIA Laflora ir izstrādātā harvestera prototipa īpašnieks. Pēc pētījuma noslēgšanas harvesteru izmanto izmēģinājumos LVMI Silava, lai novērtētu dažādu mezglu izturību un iekārtas veiktspēju dažādos darba režīmos.



**Att. 4. Kokaugu stādījums Kaigu purvā 2019. gadā.**

# Metodika

## Harvestera projektēšanas uzdevums

Pētījuma ietvaros izstrādājama harvestera prototips ir jauns produkts – inovatīva lauksaimniecības tehnoloģija, kas ietver agregātu sīkkoku, zaru griešanai un smalcināšanai. Projekta ietvaros izstrādājama risinājums tiks veidots uz SIA "ORVI" projekta "Sīkkoku griešanas, smalcināšanas un savākšanas iekārtas biokurināmā iegūšanai tehniskās dokumentācijas izstrāde" (līgums par projekta īstenošanu Nr. L-JPI-09-0010, projekts Nr. JPI/2.1.2.2.1/09/01/026) iestrādnēm, pilnveidojot un papildinot sīkkoku griešanas, smalcināšanas iekārtu biokurināmā iegūšanai (SGSA-1, Nr. 168.00.00.000). Koku ievilkšanai iekārta izmanto spriedzes spēkus, kas veidojas, noliecot kokus, bet biomasas sasmalcināšanai izmanto trumuļveida šķeldotāju ar maināmu nažu garumu, kas ļauj ražot šķeldas un eko-granulas. Projekta ietvaros tiks pilnveidotas iekārtas dimensijas, lai tā būtu piemērota šajā projektā paredzētajiem mērķiem, kā arī tiks uzlaboti zāģēšanas un šķeldošanas mezgli. Jaunās iekārtas tehniskie rādītāji:

1. Iekārtai jānodrošina sīkkoku pielocīšana un noturēšana pielocītā stāvoklī līdz nozāģēšanai;
2. Sīkkoku griezumam jābūt līdznam, nozāģēto celmu šķelšanās nav pieļaujama;
3. Nogriezto celmu augstumam jābūt 5-12 cm virs zemes;
4. Zāģiem jāgriež sīkkoki līdz 10 cm diametrā; Smalcinātājam jānodrošina visu sagriezto sīkkoku smalcināšana;
5. Sasmalcinātā šķelda nedrīkst būt garāka par 10 cm;
6. Jānodrošina sasmalcinātās masas automātiska izvadīšana no smalcinātāja un ievadīšana piekabes kravas kastē.

Jaunās iekārtas tehniskie rādītāji un ekspluatācijas priekšnosacījumi:

1. Iekārtai jābūt pārvietojamai, piemontētai pie traktora; Bāzes traktora jaudai jābūt 59 (80) – 103 (140) kW (ZS);
2. Darba orgānu (ripzāģu, smalcinātāja rotora) piedziņa – mehāniska, no traktora jūgvārpstas;
3. Ripzāģu skaits: 2 gab.;
4. Ripzāģu diametrs: 710-900 mm;
5. Griešanas ātrums: 50-70 m/s;
6. Smalcinātājs – trumuļa tipa ar četriem griezējnažiem;
7. Smalcinātāja platums: 500-650 mm;
8. Smalcinātāja rotora diametrs: 500-650 mm;
9. Maksimālais smalcināmo koku diametrs: 160 mm;

10. Jābūt iespējai piekabināt divas piekabi ar kravas kasti; Jānodrošina iespēja sasmalcināto masu ievadīt piekabes kravas kastē.

## **Izmēģinājumu objekti**

Pētījums veikts ERAF līdzfinansēta pētījuma “Daudzfunkcionālu lapu koku un enerģētisko augu plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas modeļu izstrāde” (Nr. 2010/0268/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/118) ietvaros ierīkotā kārklu stādījumā, kurā aug 1-5 gadi vecs kārklu komercšķirņu atvasājs, kurā dzinumu augstums ir 1,5-7 m. Kopējā platība, kurā veikti izmēģinājumi, ir 1,7 ha, tostarp 0,2 ha 2022. gada oktobrī bezlapu stāvoklī. Pārējās platības nopļautas vasarā. Papildus turpat Skrīveru apkārtnē, kā arī Kalnciema apkārtnē veikta grāvju trašu dabiskā apauguma pļaušana 1,5 ha platībā. Darba laika uzskaitē veikta kārklu atvasājā, kurā tehnikas izmantošanu neapgrūtināja reljefa nelīdzenumi un un apauguma neviendabīgums. Izmēģinājumi veikti no 2022. gada 8. augusta līdz 22. augustam. Izmēģinājumi aizņēma vairāk laika sakarā ar nepieciešamību veikt tehniskus uzlabojumus.

Kārklu stādījums ierīkots saskaņā ar tipisku divrindu stādījuma shēmu – attālums starp rindām 75 cm, attālums starp stādiem rindās – 50 cm. Četri tuvākie spraudeņi veido taisnstūrveida figūru, attiecīgi, šķeldotājā vienlaicīgi nonāk dzinumi no abiem blakus augošajiem ceriem. Attālums starp divrindu stādījuma rindu pāru centriem ir 2,2 m. Rindu galos attālums starp rindām nereti palielinājās, kas var būt saistīts ar stādīšanas tehnikas īpatnībām, uzsākot pagriezienu vēl stādīšanas brīdī. Par 80 cm plataks stādījums, it īpaši rindu galos būtiski apgrūtināja šķeldošanu, gan formējot zāģējamo dzinumu kūlīti, gan to zāģējot, tāpēc šādu rindu galos vienlaicīgi varēja nopļaut tikai vienu divrindu stādījuma rindu, tas, savukārt palielināja slodzi uz vienu zāģa pusi, jo zāģēšana notika ar vienu zāģa pusi un nozāģēto kociņu celmiņi, atliekdami spieda uz zāģa ripu un periodiski noķīlēja zāģi. Harvesters efektīvi darbojās tikai kārklu stādījumā, kur varēja vienlaicīgi pļaut abas rindas, izmantojot zāģa ripas zemāk noliekto daļu, kas ļāva atstāt viszemākos celmus, kas nespieda no apakšas uz zāģa ripu. šo tehnisko problēmu var novērst, ripzāģi aizstājot ar ķēdes zāģi, kā tas ir izdarīt Bracke C.16 sikkoku griezējgalvā.

Pētījumā kārklu pļaušana veikta 1, 3 un 5 gadus vecā atvasājā, kurā vidējā dzinuma garums, ir attiecīgi 1,5 m, 3,2 m un 6,3 m, dzinumu skaits cerā, attiecīgi, 16, 8 un 4, bet virszemes biomasa – 4,5 tonnas ha<sup>-1</sup>, 16,3 tonnas ha<sup>-1</sup> un 40,9 tonnas ha<sup>-1</sup>. Visās izmēģinājumu platībās vienu reizi ir veikta pļaušana. Trīsgadīga, izmēģinājumu ietvaros daļēji nopļauta plantācija redzama Att. 5. Attēlā var novērot, ka atsevišķi dzinumi nozāģēti 0,5 m augstumā un augstāk, kas saistīts ar pārāk lielu braukšanas ātrumu, kā arī attāluma starp rindām dubultrindā palielināšanos, kā rezultātā daļa no dzinumiem paliek ārpus priekšvadņa un apakšrāmja saformētā kūlīša.





**Att. 5. Kārķļu plantācija Skrīveru apkārtnē (2022. gada augusts).**

### **Pētījumā izmantotā tehnika**

Pētījumā izmantots sīkkoku harvestera prototips, kas uzstādīts uz MTZ 82 traktora. Harvesters sastāv no 3 elementiem – priekšvadņa, kas savāc sīkkokus kūlītī, apakšrāmja, kas iestiprināts zem traktora, vienlaicīgi aizsedzot traktora mazāk pasargātās daļas un noformējot dzinumus kūlītī nozāģēšanai un sašķeldošanai. Kūlīša veidošana, izmantojot tehnikas gravitācijas spēku, ir galvenā izstrādātā harvestera priekšrocība, jo ļauj būtiski samazināt spēku, kas nepieciešams, lai ievadītu dzinumus šķeldotājā.

Šķeldotāju var pielāgot jebkuram traktoram, atbilstoši pielāgojot apakšrāmi un priekšvadni, kas eksperimenta ietvaros pielāgoti MTZ82 traktoram, kas reprezentē zemāko jaudas robežvērtību iekārtas pielietošanai (Att. 6).



**Att. 6. Sīkkoku harvesters 2022. gada augustā.**

Harvesters pieslēgts traktoram ar jūgvārpstu, kas caur zobratu sistēmu pārnes jaudu uz zāģu ripām un šķeldotāju. Pētījumā izmēģinājumos jūgvārpsta slēgta uz 600 apgriezieniem minūtē (realitātē līdz 500 apgriezieni minūtē), kā arī uz 1000 apgriezieniem minūtē (realitātē 800-900 apgriezieni). Ar 600 apgriezienu minūtē

pieslēgumu harvesters spēja nozāgēt un sašķeldot sīkkokus, taču šķeldas bija garākas par 15-20 cm un tās nepieciešams smalcināt atkārtoti pirms izmantošanas, taču šādas šķeldas ir ilgstoši uzglabājamās un labāk žūst. Pārslēdzot jūgvārpstu uz 1000 apgriezieniem minūtē, šķeldu kvalitāte uzlabojās, taču MTZ82 traktoram izteikti pietrūka jauda blīvākā apaugumā un šķeldotājs periodiski noķīlējās. Vēl viens būtisks MTZ82 trūkums ir liels kustības ātrums – tas nevarēja braukt lēnāk par 3 km stundā, bet optimālais braukšanas ātrums pļaušanas laikā ir 0,8-1,2 km h<sup>-1</sup>, tāpēc traktora operators bremzēja traktoru ar sajūgu, kas nav ražošanas apstākļos izmantojama prakse. Lai novērstu šo trūkumu, ir jāizmanto cits, jaudīgāks traktors, kas var braukt lēnāk, saglabājot lielus (vismaz 1000 apgriezieni minūtē) jūgvārpstas apgriezienus.

## Darba laika uzskaitē

Darba laika uzskaitē pētījumā veikta ar triecienu- un mitrum-izturīgu laukdatoru, kas aprīkots ar specializētu programmu darba laika uzskaitē, kurā laika uzskaitē notiek centiminūtēs (1 minūte = 100 centiminūtes). Darba laika uzskaitē veikta vienā maiņā jeb 4-6 darba stundas gaišajā diennakts laikā. Regulēšanas, apkopes, šķeldotāja un zāģu tīrīšana ir izslēgta no darba laika, pieņemot, ka šis darba laika patēriņš ir saistīts tehnikas gatavības stadijā. Darba laika uzskaites elementi doti Tab. 1.

**Tab. 1: Harvestera darba laika uzskaites elementi**

Darba laika kategorija	Nr.	Skaidrojums
Produktīvais laiks	1.	Iebraukšana slejā
	2.	Manevrēšana darba laikā
	3.	Pļaušana un smalcināšana
	4.	Apstāšanās, lai sasmalcinātu nopļauto materiālu blīvā apaugumā
	5.	Izbraukšana no lauka
Ar tiešo darbu nesaistīts laiks	6.	Ar darbu nesaistītas darbības (runāšana pa telefonu un citas darbības, ka neattiecas uz darbu, bet tiek veiktas pie ieslēgta dzinēja- par darbībām izdara piezīmes, lai vēlāk tās atšifrētu)

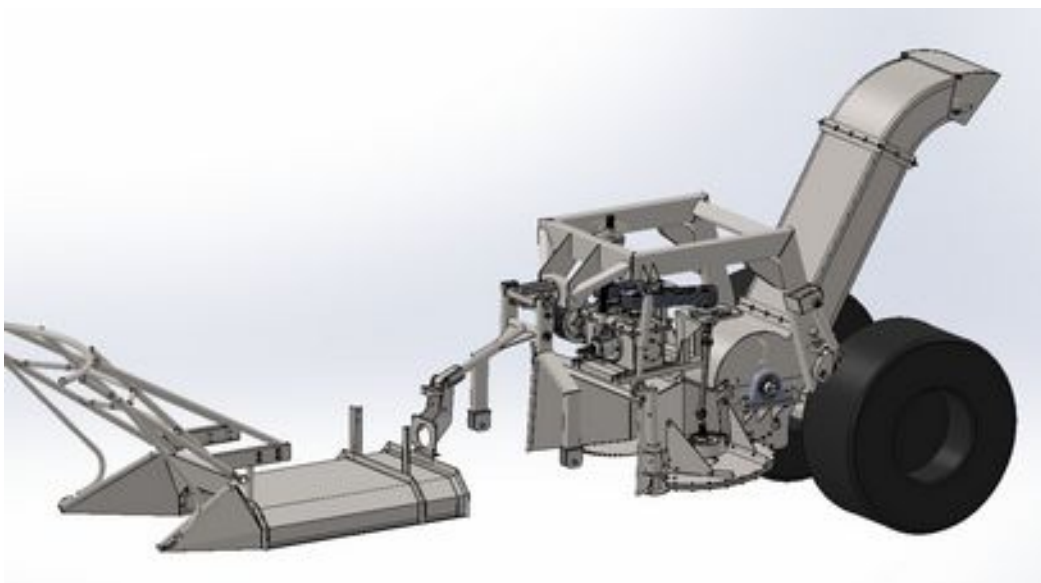
# Rezultāti un to analīze

## Harvestera prototipa izstrādāšana

Harvestera prototipa tehnisko dokumentāciju izstrādāja LVMI Silava inženieri Germans Gusarevs, Igors Gusarevs un Jordane Champion ar citu meža darbu mašīnizācijas radošās grupas speciālistu atbalstu. Dokumentācijas izstrādāšanai un dažādu mezglu testēšanai izmantota programma Solidworks, kas iznomāta uz projekta īstenošanas laiku.

Projekta tehniskā dokumentācija elektroniskā veidā \*.pdf formātā pieejama LVMI Silava, bet galveno mezglu shēmas pievienotas 1. pielikumā.

Harvesters sastāv no trīs galvenajiem elementiem – hedera, kas nostiprināts traktora priekšpusē un izveido kociņu kūlīti, ko noliec un novada uz traktora apakšā zem rāmja nostiprinātu sili jeb veidni, kas vēl vairāk kompaktizē sīkkokus. Nākošais un lielākais harvestera elements ir zāģēšanas – šķeldošanas komplekss, kas ar 2 uz iekšpusi rotējošiem ripzāģiem nogriež noliektos zarus un tālāk, traktoram kustoties, tie nonāk perpendikulāri traktora kustībai novietotā šķeldošanas mehānismā un izvades mehānismā, ko nepieciešamības gadījumā var pagarināt ar starplikas palīdzību. Šķeldu izpūšanas virzienu var koriģēt ar kustināma vāka palīdzību (Att. 7).



**Att. 7: Harvestera prototips kopskatā.**

Harvestera hederis un veidne ir jāpielāgo konkrētam traktora modelim, mainot stiprinājuma vietas, garumu un augstumu. Hederi var veidot zemāku, lai kompaktizētu zemākus un plašākus kārklus, kas raksturīgi lauksaimniecības zemju apaugumam. Harvestera prototipā izmantotā hedera konstrukcija pielāgota kārklu plantācijām.

Šķeldotāja mezgls stiprināms pie trīs punktu uzkares, attiecīgi, tas ir universāls un bez izmaiņām izmantojams ar jebkuru traktoru, kam ir trīs punktu uzkares. Zāģu griešanas augstums un leņķis regulējams ar uzkares palīdzību, kā arī mainot šķeldotāja mezglu pozīciju rāmī, ko var izdarīt manuāli, paceļot vai nolaižot šķeldotāja aizmugurējo daļu, bet šo procesu var arī mašīnizēt, uzstādot 2 papildus cilindrus. Zāģiem jābūt nedaudz noliektiem uz leju priekšpusē, lai nozāģēto kociņu celmi atliecoties nebremzētu zāģa

ripu. Pētījuma ietvaros izstrādātā harvestera prototipa zāģim un šķeldotājam ir tieša piedziņa caur zobratu un siksnu sistēmu, attiecīgi, traktora transmisija var būt pakļauta stipriem triecieniem. Ražošanas apstākļos zobratu sistēmas piedziņa jāaizstāj ar hidropiedziņu, kas ļauj samazināt slodzi, vienlaicīgi palielinot darba režīma regulēšanas iespējas.

Šķeldu lielumu var regulēt ar šķeldotāja rotora kustības ātrumu (vismaz 900 RPM), traktora kustības ātrumu un nažu garumu. Praktiskos izmēģinājumos pārliecinājāmies, ka efektīvākais un vienkāršākais risinājums ir traktora kustības ātruma izmaiņas, jo gan nažu garuma, gan rotora ātruma izmaiņas prasa pārējo parametru pielāgošanu, piemēram, pretņa garuma izmaiņas.

Pēc tehniskās dokumentācijas izstrādāšanas un pārbaudes, izmantojot SolidWorks vides iebūvēto funkcionalitāti, organizējām iepirkumus materiālu piegādei un harvestera prototipa izgatavošanai, piegādei un palaišanai. Materiālu iepirkumu nodalījām no harvestera izgatavošanas, lai gūtu pārliecību, ka piegādātās detaļas un materiāli atbilst izvirzītajām kvalitātes prasībām. Materiālu un detaļu atbilstību pārbaudīja LVMI Silava inženieri.

Pēc visu materiālu un detaļu piegādes uzsākta harvestera prototipa būvniecība, ko vadīja un kontrolēja LVMI Silava un SIA Laflora inženieri. Harvestera prototipa izgatavošanu nodrošināja SIA Džipu darbnīca.

## Ražīgums

Izmēģinājumu ietvaros nozāģēti un sasmalcināti kārkļu stādījumi un dabisks grāvju trašu apaugums 3 ha platībā. Ražīguma aprēķinos izmantoti dati no kārkļu stādījuma izstrādes izmēģinājumiem, kas notika ar jau tehniski uzlabotu iekārtu, kuras darbību mazāk ietekmēja reljefa un apauguma nevienmērīgums.

Dati, kas raksturo ražošanas apstākļus, tajā skaitā dzinumu skaits, dimensijas, krāja un biomasa, parādīti Tab. 2. Vidējais biomasas uzkrājums izstrādājamajās platībās ir no 10,1 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> viengadīgu dzinumu atvasājā līdz 90,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> piecgadīgā stādījumā.

**Tab. 2: Harvestera ražīguma aprēķinu ievades dati**

Rādītājs	Mērvienība	Viengadīgi dzinumi	Trīsgadīgi dzinumi	Piecgadīgi dzinumi
Izstrādātā platība	ha	0,5	0,5	0,5
Attālums starp dubultrindām	m	2,2	2,2	2,2
Attālums starp augiem rindā	m	0,5	0,5	0,5
Vidējais rindu skaits uz platības vienību	gab. ha <sup>-1</sup>	44	44	44
Iestādīto spraudņu skaits	gab. ha <sup>-1</sup>	17424	17424	17424
Izdzīvojušie spraudņi	-	95%	80%	70%
Izdzīvojušo augu skaits	gab. ha <sup>-1</sup>	16553	13939	12197
	gab. m <sup>-1</sup>	3,8	3,2	2,8
Vidējais pārvietošanās attālums	km ha <sup>-1</sup>	4,4	4,4	4,4
Dzinumu skaits cerā	gab.	16	8	4

Rādītājs	Mērvienība	Viengadīgi dzinumi	Trīsgadīgi dzinumi	Piecgadīgi dzinumi
Vidējais dzinumu augstums	m	1,5	3,2	6,3
Vidējais caurmērs pie sakņu kakla	cm	0,8	1,8	3,2
Pieņemtais galotnes caurmērs	cm	0,3	0,3	0,3
Vidējā dzinuma tilpums	m <sup>3</sup>	0,00004	0,0003	0,0019
Vidējais dzinumu tilpums cerā	m <sup>3</sup>	0,0006	0,0026	0,0074
Vidējā krāja	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	10,1	36,1	90,8
	m <sup>3</sup> m <sup>-1</sup>	0,002	0,008	0,021
Nosacītais koksnes blīvums	tonnas m <sup>-3</sup>	0,45	0,45	0,45
Vidējā biomasa	tonnas ha <sup>-1</sup>	4,5	16,3	40,9
	tonnas m <sup>-1</sup>	0,001	0,004	0,009
Vidējais biomasas pieaugums	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> gadā	10,1	12,0	18,2
	tonnas h <sup>-1</sup> gadā	4,5	5,4	8,2

Darba laika uzskaites un ražīguma rādītāju kopsavilkums dots Tab. 3. No darba laika uzskaites izslēgti ilgstoši remontu un pārtraukumi, kas saistīti ar tehnikas remontiem un neietekmēs ražīgumu tad, kad harvesteru prototipā būs novērsta visas nepilnības, kas raksturīgas prototipiem un būs iegūti optimāli iestatījumi dažādiem mežgliem. Vidējais braukšanas ātrums samazinās līdz ar biomasas pieaugumu un optimālos apstākļos piecgadīgā stādījumā tam vajadzētu būt vēl mazākam, taču tehniski to nevarēja panākt, vienlaicīgi saglabājot pietiekoši lielus jūgvārpstas apgriezienus.

Viena ha nopļaušanai un papildus darbībām patērētas 4,4-6,8 stundas ha<sup>-1</sup>, atkarībā no atvasāja vecuma. Jo vecāka plantācija un lielāka augošo krūmu krāja, jo lielāks darba laika patēriņš. Pārrēķinot uz berkubikmetriem, ražošanas izmaksas pieaug no 1,8 eur ber. m<sup>-3</sup> piecgadīgā plantācijā līdz 10,6 eur ber. m<sup>-3</sup> viengadīgā plantācijā. Neskatoties uz straujo izmaksu samazinājumu piecgadīgā stādījumā, bāzes mašīnas (MTZ82) jauda un citi tehniskie rādītāji (minimālais kustības ātrums, saglabājot pietiekoši lielus jūgvārpstas apgriezienus) nav piemēroti piecgadīgu, faktiski pāraugušu stādījumu pļaušanai. Iespējams, ka šādos stādījumos ražīguma pieaugumu var panākt, ja resnākos dzinumus pirms izstrādes nozāgē ar krūmgriezi, taču tik blīvā stādījumā šos dzinumus ir grūti nogāzt zemē un tas, visticamāk, praksē neuzlabos ražošanas rādītājus.

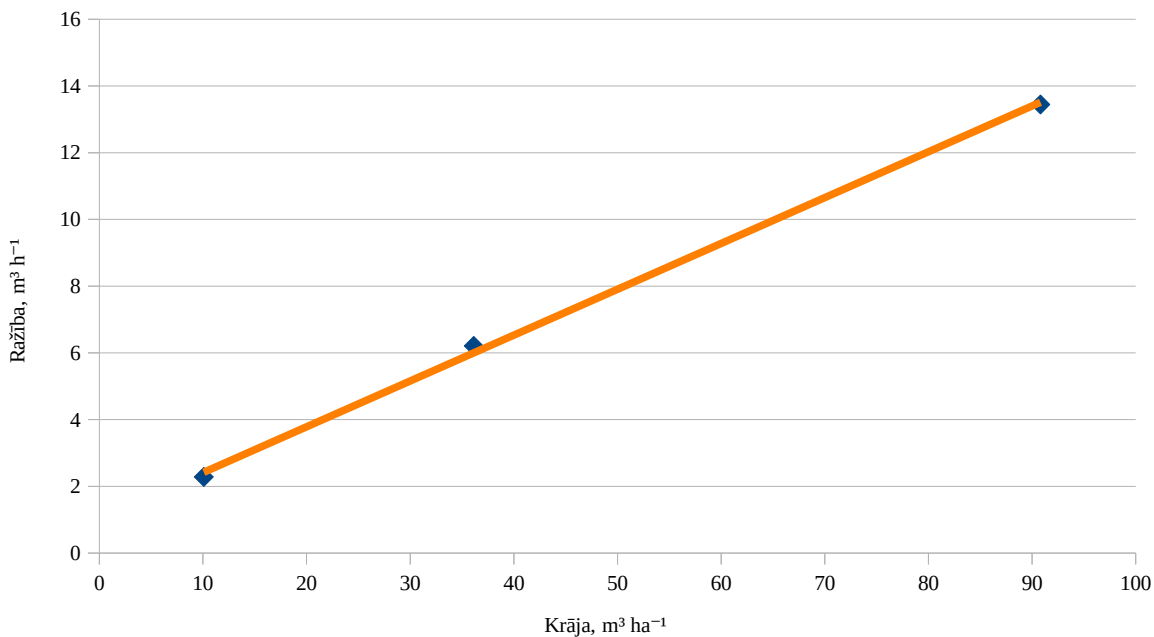
**Tab. 3: Harvesteru ražīguma rādītāju aprēķins**

Rādītājs	Mērvienība	Viengadīgi dzinumi	Trīsgadīgi dzinumi	Piecgadīgi dzinumi
Braukšanas ātrums darba laikā	km h <sup>-1</sup>	1,2	0,9	0,8
Vidējais svērtais iebraukšanas laiks	cmin	600	600	600
Iebraukšanas laiks kārklu rindā	cmin	450	550	900
Manevrēšana darba laikā (nenotiek pļaušana)	cmin	400	600	1000
Īslaicīgi pārtraukumi	cmin	220	440	660
Vidējais svērtais izbraukšanas laiks	cmin	600	600	600
Darba laika patēriņš uz 1 ha				
Vidējais svērtais iebraukšanas laiks	stundas	0,2	0,2	0,2

Rādītājs	Mērvienība	Viengadīgi dzinumi	Trīsgadīgi dzinumi	Piecgadīgi dzinumi
Iebraukšanas laiks kārklu rindā	stundas	0,2	0,2	0,3
Izstrāde un smalcināšana	stundas	3,7	4,9	5,5
Manevrēšana darba laikā (nenotiek pļaušana)	stundas	0,1	0,2	0,3
Īslaicīgi pārtraukumi	stundas	0,1	0,1	0,2
Vidējais svērtais izbraukšanas laiks	stundas	0,2	0,2	0,2
Kopējais darba laika patēriņš	stundas	4,4	5,8	6,8
Ražība	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	2,3	6,2	13,4
	tonnas h <sup>-1</sup>	1,0	2,8	6,1
Tehnikas izmantošanas efektivitāte <sup>4</sup>	-	85%	85%	85%
Koriģēta ražība	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	1,9	5,3	11,4
	tonnas h <sup>-1</sup>	0,9	2,4	5,1
Darba stundas izmaksas	€ h <sup>-1</sup>	48	48	48
Šķeldu bēruma blīvums	ber. m <sup>3</sup> tonna <sup>-1</sup>	5,2	5,2	5,2
Ražošanas izmaksas	€ m <sup>-3</sup>	24,8	9,1	4,2
	€ tonnas <sup>-1</sup>	55,0	20,2	9,3
	€ ber. m <sup>-3</sup>	10,6	3,9	1,8

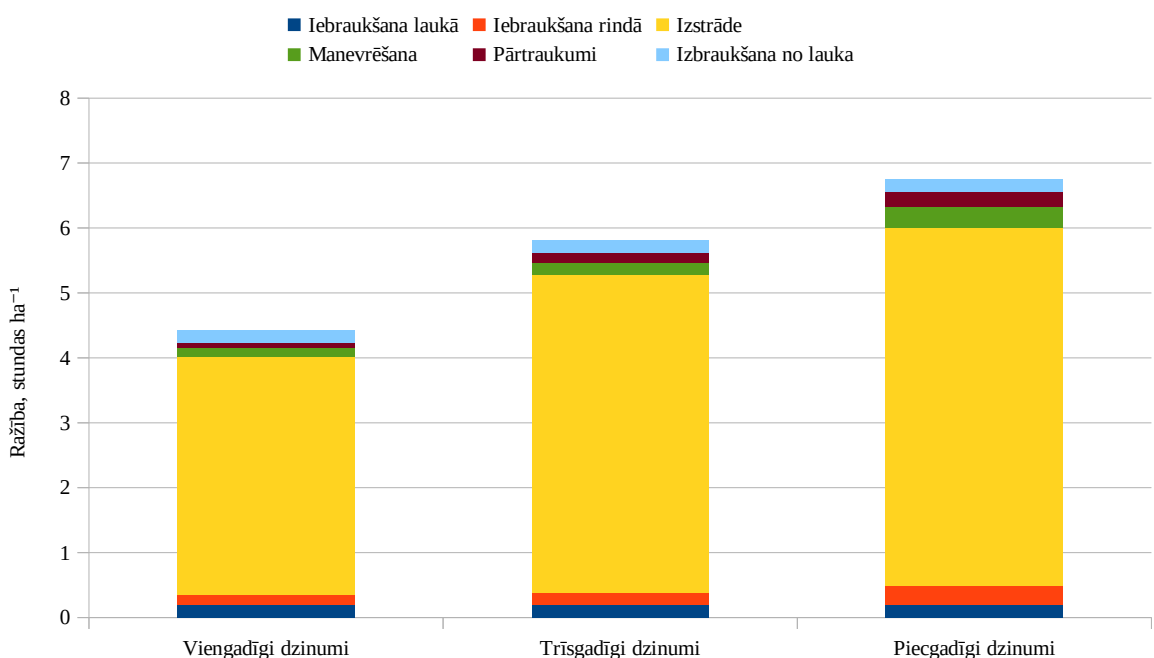
Būtiskākais ražīgumu ietekmējošais faktors, kā arī ierobežojošais kritērijs tehnikas pielietošanai ir augošo dzinumu krāja (Att. 8). Tehnika ir optimāli pielietojama trīsgadīgu dzinumu stādījumā, lai gan arī šajā gadījumā nepieciešams jaudīgāks traktors, kas var samazināt braukšanas ātrumu, vienlaicīgi saglabājot pietiekoši lielus jūgvārpstas apgriezienus (vismaz 1000 apgriezieni minūtē). Būtiska arī stādījuma kvalitāte – attālumam starp rindām dubultrindu stādījumā jābūt ne vairāk kā 75 cm. Dzinumus rindu galos, iespējams, lietderīgi nozāģēt ar krūmgriezi, lai atvieglotu tehnikas iebraukšanu uz lauka.

<sup>4</sup> Pārrēķins paredz, ka katru stundu operators 15 min. atpūšas.



**Att. 8: Ražīgums atkarībā no krājas.**

Lielākā daļa darba laika patērēta pļaušanai, bet, pieaugot zāgējamo dzinumu vecumam, attiecīgi, arī dimensijām, palielinās darba laika patēriņš iebraukšanai rindās un manevrēšanai (rindu galu pļaušanai), kā arī pārtraukumu kopējais ilgums, atbrīvojot zāģa ripas vai šķeldotāja padevi (Att. 9).



**Att. 9: Darba laika elementu sadalījums, atkarībā no zāgējamo dzinumu vecuma.**

Šķeldu sagatavošanas izmaksas atbilstoši tehnikas darba stundas izmaksām ir no 10,6 eur ber. m<sup>-3</sup> viengadīgos stādījumos līdz 1,8 eur ber. m<sup>-3</sup> piecgadīgā stādījumā. Tomēr reālistisks izmaksu rādītājs ir vidējais, kas iegūts trīsgadīgā stādījumā – 3,9 eur ber. m<sup>-3</sup>, jo piecgadīgā stādījumā, vismaz šobrīd, tehnikas jauda ir nepietiekoša ilgstošam darbam ražošanas apstākļos.

## Tehnikas pielietojanas robežvērtības un to paplašināšanas iespējas

Pētījumā secināts, ka harvestera prototips veic savas funkcijas un ir piemērota kārkļu stādījumu pļaušanai, ja kārkļu dzinumi ir līdz 3 gadus veci un vidēji 3 m gari. Darbam ar lielākiem kārkļiem ir jāpārbūvē un jāpaplašina priekšvadnis, kas koncentrē dzinumus un apakšrāmis, kas veido zāgējamo un šķeldojamo dzinumu kūli. Zāģu un šķeldotāja caurlaidība šķiet pietiekoša, ja jūgvārpsta nodrošina nemainīgi lielus apgriezienus.

Izmēģinājumi parādīja, ka zāgējamo kociņu izvietojumam ir kritiska nozīme zāgēšanas procesā, un iekārta pagaidām nav gatava vienlaidus dabiska apauguma pļaušanai un smalcināšanai. Galvenā problēma ir zāģu noķīlēšanās, atliecoties nozāģēto koku celmiņiem, ja celmi nozāģēti ar zāģa malu nevis centrālo daļu, kas pieliekta vistuvāk zemei. Šo problēmu var risināt, aizstājot ripzāģus ar ķēdes zāģiem – zāģa ripām, pa kurām pārvietojas ķēdes (šāda pieeja izmantota Bracke C.16 harvestera griezējgalvā). Tas pilnībā novērstu zāģu noķīlēšanās problēmu. Alternatīvs risinājums ir brīvi karājošās ķēdes izmantošana (šāda pieeja realizēta Zviedrijā ražotā harvesterā Bender), tomēr šis risinājums nav izrādījies dzīvotspējīgs un, neskatoties uz vismaz 30 gadus ilgu attīstības vēsturi, nav realizēts nevienā sērijveidā ražotā mašīnā.

Zāģu noķīlēšanās problēmu var atrisināt arī, samazinot braukšanas ātrumu darba laikā. Braukšanas ātruma samazināšana palīdzētu arī novērst šķeldotāja nosprostošanos, jo šobrīd traktors brauc ar mazāko iespējamo ātrumu un jebkura slodzes palielināšanās izraisa jūgvārpstas palēnināšanos un zāģu vai šķeldotāja nosprostošanos.

Sākotnēji plānotā bāzes mašīna MTZ82 nav piemērota harvestera izmantošanai, jo pie optimālā jūgvārpstas griešanās ātruma traktora braukšanas ātrums ir pārāk liels un to nevar samazināt, tāpēc ražošanai paredzētie harvesteru prototipi jābūvē jaudīgākai tehnikai, izvēloties traktoros ar mazāko iespējamo kustības ātrumu pie optimāla jūgvārpstas griešanās ātruma. Arī MTZ82 var izmantot nelielu dzinumu zāgēšanai. Pētījumā izdevās veiksmīgi nozāģēt trīsgadīgu plantāciju, taču arī šajā gadījumā tehnikas pārvietošanās ātrums bija par lielu.

Šķeldotāja griešanās ātrumam jābūt vismaz 1000 apgriezieni minūtē, lai iegūtu kvalitatīvas – līdz 10 cm garas šķeldas. Samazinot šķeldotāja griešanās ātrumu, šķeldu garums pieaug un pie 500 apgriezieniem minūtē šķeldas faktiski vairs neveidojas, bet šķeldotājs izrauļ veselu, daļēji skarificētus dzinumus, kas pirms sadedzināšanas ir vēlreiz jāšķeldo. Šķeldu garuma regulēšanas iespējas, mainot šķeldotāja griešanās ātrumu vai nažu asmeņu izvirzījumu ir ierobežotas, jo naža asmeņu izvirzīšana būtiski traucē dzinumu ievilkšanu šķeldotājā un koksne uzkrājas virs un zem zāģiem. Šķeldotāja griešanās ātruma samazināšana noved pie augstāk aprakstītajām šķeldotāja nosprostošanās problēmām. Alternatīvs risinājums ir reduktora pārbūve, mainot uz zāģiem un šķeldotāju ejošo pārneseņu lielumu, lai gan šāds risinājums praksē nav pārbaudīts.

Optimāls zāģa ripu novietojuma leņķis ir 7°, leņķa samazināšana veicina zāģa ripu noķīlēšanos, bet leņķa palielināšana neuzlabo rezultātu, veicinot zāģu noķīlēšanos situācijās, kad lielu daļu dzinumu zāģē ar malu nevis zāģa centru, atstājot garus celmus, kas, atliecoties, noķīlē zāģi.



## Darba uzdevums tehnikas pilnveidošanai

Pētījumā secināts, ka uzlabojumi veicami 2 virzienos – bāzes mašīnas izvēle un ar to saistītā pārbūve un paša harvestera uzlabošana, kas ietver vienkāršus un sarežģītākus, harvestera cenu būtiski ietekmējošus risinājumus.

Bāzes mašīnas izvēle:

- jaudīgāks traktors, kas var braukt ar  $0,5 \text{ km h}^{-1}$  ātrumu vienlaicīgi nodrošinot jūgvārpstas griešanos ar ātrumu vismaz 1000 apgriezieni minūtē;
- traktora jaudai nav augstākās robežvērtības, bet, saskaņā ar sākotnējiem aprēķiniem, jūgvārpstas izejas jaudai jābūt vismaz 80 zirgspēki;
- lietderīgi izvēlēties traktoru ar lielāku klīrensu, lai dzinumū kūlīša veidošana radītu mazāku slodzi uz kārklu ceru un zāģējums iznāktu lēzenāks nevis  $45^\circ$  vai pat lielākā leņķī.

Harvestera pilnveidojumi:

- jāpalielina pretnaža plātnes biezums, lai samazinātu šķeldotāju nažu izvīzījumu un novērstu pretnaža atliekšanās risku;
- priekšvadnī lietderīgi nodalīt pašu mehānismu un stiprinājuma vietu, lai to varētu vieglāk pielāgot dažādiem traktoriem, nepārbūvējot visu priekšvadni;
- priekšvadni var pazemināt, lai aptvertu arī salīdzinoši plašus cerus, it īpaši rindu galos. Alternatīvs risinājums ir priekšvadņa platuma palielināšana, taču tas apgrūtinās tehnikas pārvietošanos pa ceļiem un samazinās efektivitāti zemu krūmu apaugumā;
- apakšrāmis jāpielāgo bāzes mašīnai, lai tas neierobežotu tehnikas manevrus;
- harvestera zāģu konstrukciju lietderīgi būtiski izmainīt, nomainot ripzāģus ar ķēdes zāģiem un uzstādot ķēdes uz 2 fiksētām ripām vai aprīkojot harvesteru 1 vai 2 sliedēm, pa kurām kustas ķēde. Sliedēm var nodrošināt papildus regulēšanas iespējas, savukārt, diskveida ķēdes zāģis, visticamāk, labāk novirzīs nozāģētos kokus uzšķeldotāju;
- Šķeldotāja rotora stiprinājums ir jāuzlabo, palielinot tā izturība palielinātas slodzes apstākļos (palielinot rotora griešanās ātrumu līdz 1500 apgriezieni minūtē).

Būtiskākais uzlabojums, kas var dubultot harvestera izmaksas un palielināt tā uzturēšanas izmaksas, ir ripzāģu aizstāšana ar ķēdes zāģiem. Šis uzlabojums nodrošinātu iespēju harvesteru izmantot dabiskā apaugumā.

Veicot tehniskos uzlabojumus, ir jāpilnveido arī iekārtas iestatījumi – nažu un pretnaža izvīzījumi, optimālās traktora kustības iestatījumi, atkarībā no veģetācijas biezuma utt.

## Ieguvumi no pētījuma īstenošanas

Projekta galvenā mērķa grupa ir primārie lauksaimniecības un mežsaimniecības produktu ražotāji – lauku saimniecības, lauksaimniecības pakalpojumu sniedzēji, ilggadīgo kokaugu stādījumu apsaimniekotāji, mežsaimnieki, mašīnbūves uzņēmumi, u.c.

Projekta rezultātu ieviešana praksē, pilnveidojot izstrādāto prototipu atbilstoši sagatavotajiem ieteikumiem, palielinās mērķa grupas (lauku saimniecību, lauksaimniecības pakalpojumu sniedzēju, ilggadīgo kokaugu stādījumu apsaimniekotāju, u.c.) ekonomiskos rādītājus. Izgatavotā iekārta nodota LVMI Silava izmēģinājumiem un esošās konstrukcijas ietvaros iespējamo uzlabojumu ieviešanai. Ņemot vērā, ka prototips ir būtiski nolietots izmēģinājumu laikā to paredzēts izmantot rezerves daļām jauna prototipa izgatavošanai, ko jau varētu izmantot ražošanas apstākļos. Iekārtas pārbūves nepieciešamību nosaka arī SIA “Laflora” tehnikas parka nomaiņa – harvesteru hederis un centrālais kanāls zaru kūļa veidošanai jāpārstrādā, lai tas atbilstu traktoram, ko uzņēmums vai zinātnieku kontraktors var izmantot apauguma novākšanai un kokaugu stādījumu pļaušanai.

# Projekta publicitāte

Pētījuma rezultāti apkopoti manuskriptā “Productivity of new harvester prototype in willow plantations with different growing stock”, kas iesniegts publicēšanai Web of Science un Scopus indeksētā rakstu krājumā Engineering for rural development. Ir saņemtas recenzentu atsauksmes par rakstu un šobrīd notiek labojumi, lai iesniegtu publicēšanai pilnveidotu manuskriptu.

Informācija par pētījumu publicēta projekta pieteicēja interneta vietnē<sup>5</sup>, SIA Laflora interneta vietnē<sup>6</sup>, kā arī portāla Researchgate šim projektam veltītā vietnē<sup>7</sup>. Video no izmēģinājumiem ar harvesteru prototipu publicēti Youtube vietnē:

- Skrīveru apkārtnē, 14.09.2022, Dabiskā apauguma pļaušana ar eksperimentālo harvesteru (<https://youtu.be/mg3S1DjKc6I>);
- 2022. gads, kārķu pļaušanas izmēģinājumi Skrīveru un Jelgavas apkārtnē. Vēl viens izmēģinājums ar kārķu plantāciju harvesteru divrindu stādījumā. Mašīna strādā labāk, bet vēl arvien braukšanas ātrums ir par lielu (<https://youtu.be/3arZnaoL7yE>);
- 2022. gads, pļaušana Skrīveru un Jelgavas apkārtnē. Izstrādes izmēģinājumi Skrīveru un Jelgavas apkārtnē, Jūgvārpstas griešanās ātrums palielināts līdz 1000 RPM. Veiksmīgs darbs vienlaidus apaugumā, bet traktora jauda jāpalielina un ātrums jāsamazina (<https://youtu.be/AEKvDcNVLDC>);
- 11.08.2022, pirmie izmēģinājumi ar harvesteru. Kārķu plantācijas pļaušanas izmēģinājumi, vēl arvien problēmas ar ātrumu un jaudu. 45 gadi traktoram šķiet par daudz. Mūsu partneri izmēģinājumos ir SIA Laflora un Skrīveru Zemkopības institūts (<https://youtu.be/EeA8qXZixbs>).

Informācija par izstrādāto harvesteru prototipu iekļauta TV24 sižetā par jaunākajiem pētījumiem LVMI Silava, kas pirmo reizi rādīts 14. oktobrī, un šobrīd ir pieejams youtube (<https://www.youtube.com/watch?v=xvYrD2fhHnU>).

---

<sup>5</sup> <http://www.silava.lv/23/section.aspx/View/262>

<sup>6</sup> <http://laflora.lv/lv/uznemums/aktualitates/pabeigts-peti-jums-harvesteru-prototipa-izstradasana-kokaugu-stadijumu-un-iscirtmeta-plantaciju-zagesanai-un-biokurinama-sagatavosanai>

<sup>7</sup> <https://www.researchgate.net/project/Harvesteru-prototipa-izstradasana-kokaugu-stadijumu-un-iscirtmeta-plantaciju-zagesanai-un-biokurinama-sagatavosanai-Nr-19-00-A01620-000089>

## Secinājumi

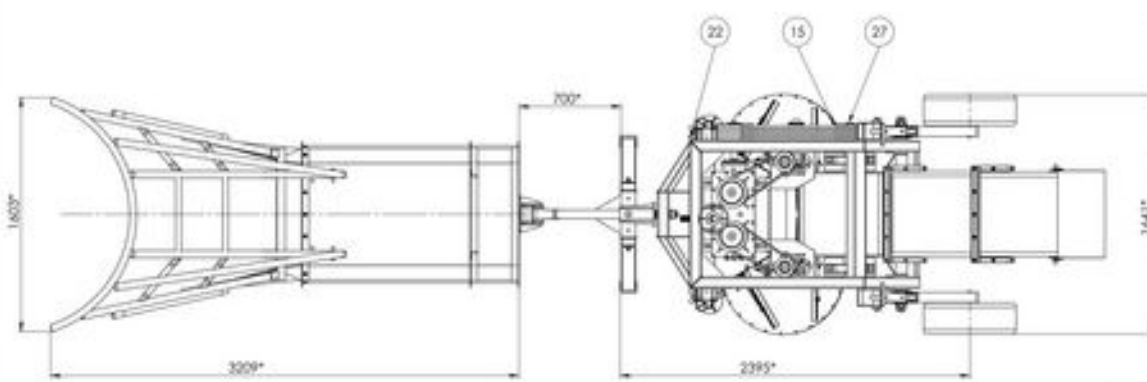
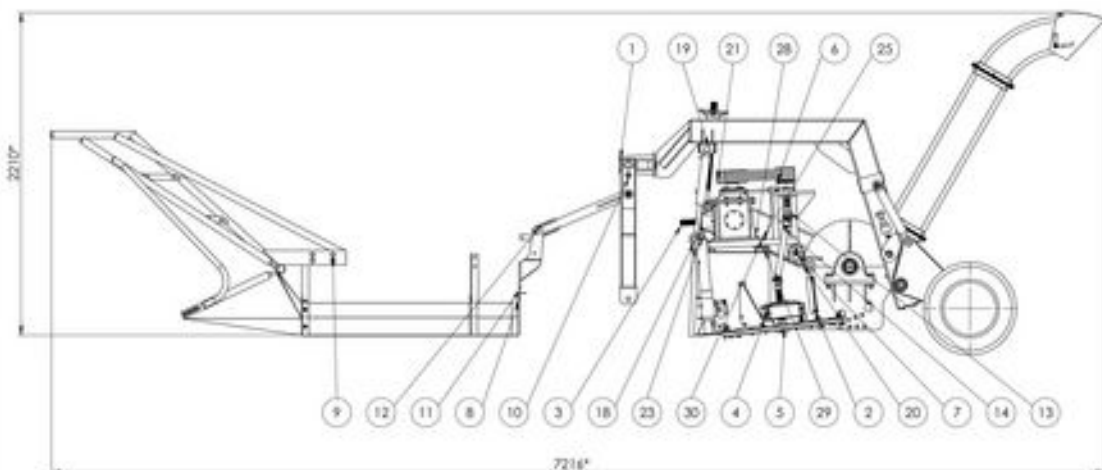
1. Pētījuma hipotēze – apakšrāmja izmantošana koksnes kūlīša veidošanai un materiāla ievadīšanai šķeldotājā samazina šķeldu izstrādei nepieciešamās tehnikas jaudu – ir apstiprinājies. Dzinumu “ielaušanas” risinājuma aizstāšana ar noliekšanu samazina kārklu pļaušanai rekomendējamās tehnikas jaudu līdz pat 3 reizes, līdz 3 gadus vecu kārklu atvasājā arī MTZ82 ir pietiekoši efektīvs.
2. Kārklu pļaušanai nepieciešama tehnika ar mazu kustības ātrumu, kas, pārvietojoties ar ātrumu 0,5 km h-1, griež jūgvārpstu ar vismaz 1000 apgriezieni minūtē ātrumu. Dabiskā apauguma pļaušanai nepieciešami būtiskāki uzlabojumi (zāģēšanas mehānisma aizstāšana ar ķēdes zāģi, kas novērš mehānisma nosprostošanos.
3. Izstrādātais risinājums rekomendējams izmantošanai praksē jaunos kārklu un papeles atvasājos, it īpaši vienrindas stādījumā, taču ir jāizmanto jaudīgāka bāzes mašīna.

## Izmantotā literatūra

1. Berhongaray, G., El Kasmioui, O., & Ceulemans, R. (2013). Comparative analysis of harvesting machines on an operational high-density short rotation woody crop (SRWC) culture: One-process versus two-process harvest operation. *Biomass and Bioenergy*, 58, 333–342. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.07.003>
2. Ehlert, D., & Pecenka, R. (2013). Harvesters for short rotation coppice: Current status and new solutions. *International Journal of Forest Engineering*, 24(3), 170–182. <https://doi.org/10.1080/14942119.2013.852390>
3. F. Lavoie, P. Savoie, L. D'Amours, & H. Joannis. (2008). Development and Field Performance of a Willow Cutter-Shredder-Baler. *Applied Engineering in Agriculture*, 24(2), 165–172. <https://doi.org/10/gdxs94>
4. Magagnotti, N., Pari, L., Picchi, G., & Spinelli, R. (2012). Energy biomass from the low-investment fully mechanized thinning of hardwood plantations. *Biomass and Bioenergy*, 47(0), 195–200. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.09.042>
5. Pecenka, R., Ehlert, D., & Lenz, H. (2014). Efficient harvest lines for Short Rotation Coppices (SRC) in Agriculture and Agroforestry. *Agronomy research*, 12(1), 151–160.
6. Scholz, V., & Lücke, W. (2007). *SRC Harvesting Machinery—A Status Report*. LANDTECHNIK.

**1. Pielikums. Izstrādā harvestera mezglu  
principiālās shēmas**

HPBS.00.00.000 KR



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	HPBS.01.00.000	Rāmā	1
2	HPBS.02.00.000	Smalcinātājs	1
3	HPBS.03.00.000	Reduktor	1
4	HPBS.04.00.000	Zāģu sekcija krešā	1
5	HPBS.05.00.000	Zāģu sekcija labā	1
6	HPBS.06.00.000	Skrūvis spriegums	1
7	HPBS.07.00.000	Spriegotājs	1
8	HPBS.08.00.000	Fornēšanas iekārta	1
9	HPBS.09.00.000	Pielikšanas iekārta	1
10	HPBS.10.00.000	Uzlādes sistēma	1
11	HPBS.11.00.000	Kronšteins	1
12	HPBS.12.00.000	Svira	1
13	HPBS.13.00.000	Kardāns	1
14	HPBS.14.00.000	Kardāns	1
15	HPBS.00.00.001	Sietmēls	1
16	HPBS.00.00.002	Papildkone	1
17	HPBS.00.00.003	Pākarīte	1
18	HPBS.00.00.004	Pīkst	2
19	O	Pīkst	2
20	Kārkona C GOST 1284-88		7
21	Kārkona B GOST 1284-88		8
22	Hidrocilindr 50x30-200	Hidrocilindr	1
23	Hidrocilindr 50x30-200	Hidrocilindr	1
24	Washer DN 125 - A 31	Papildkone 30	4
25	Washer DN 125 - A 17	Papildkone 16	8
26	DN 94-6.3x45-F-51	Spērtne 6.3 - 45	4
27	DN EN 24018 - M12 x 30 N/C	Butskrūve M12 L=30	2
28	DN EN 24018 - M16 x 40 N/C	Butskrūve M16 L=40	4
29	DN EN 24018 - M16 x 70 N/C	Butskrūve M16 L=70	4
30	Spring washer DN 128 - A 16	Atpriegājkone 16	8
31	Hexagon Nut ISO 4032 - M16 - D - N	Uzglābēnis M16	4

HPBS.00.00.000 KR

HPBS	2,5	1:20
LVMI Sīlava		

CDB, Ev. Nr. Projekta un tālrunis, Adr. Ev. Nr. Uzdev. Nr. Projekta un tālrunis, Adr. Ev. Nr. Projekta un tālrunis

\* izmēri uzotai

Formas A2

HPBS.00.00.000 KR



Org. inv. Nr.	Paraksts un datums	Aizv. inv. Nr.	Dubl. inv. Nr.	Paraksts un datums

Izm.	Lapa	Dokum. Nr.	Paraksts	Data
Izstrād		I.Gusarevs		
Pārbaud.		G.Gusarevs		

HPBS.00.00.000 KR

HPBS

Litera	Masa	Mērogs
	2,5	1:35
Lapa 2	Lapas 2	

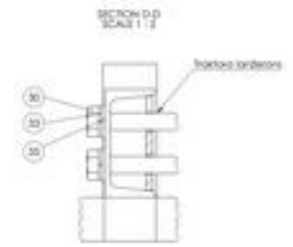
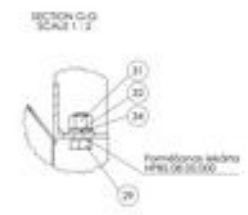
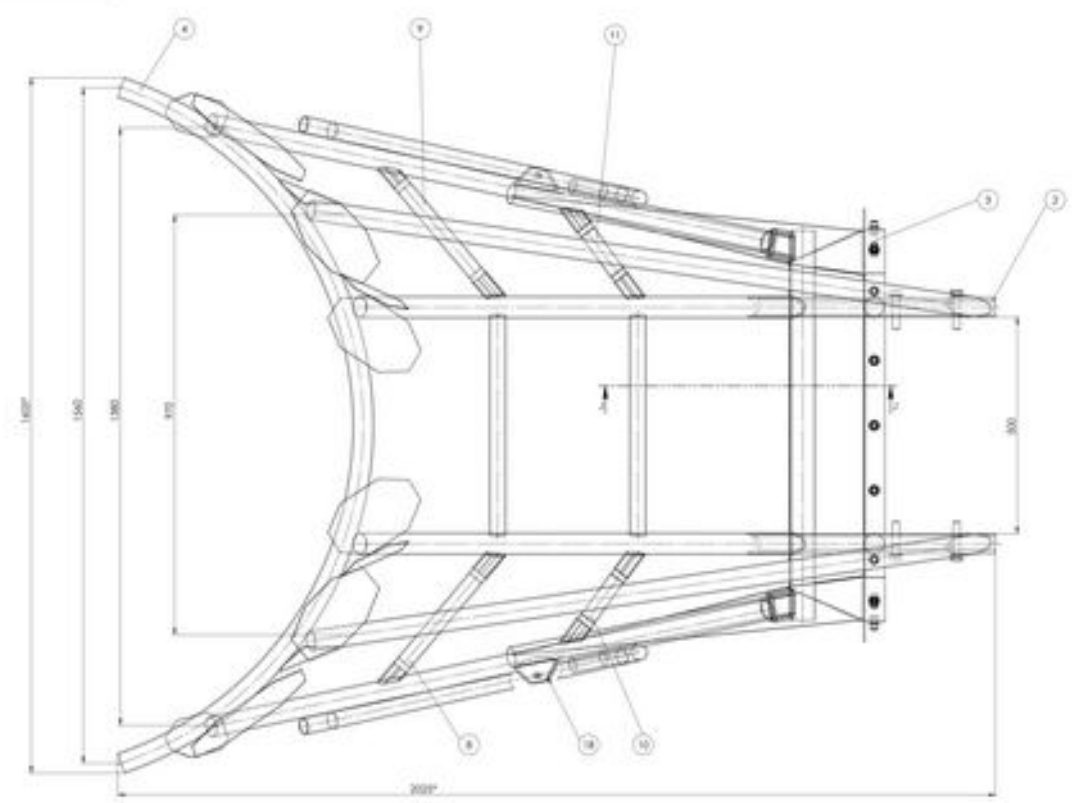
LVMI Silava

Formāts A4

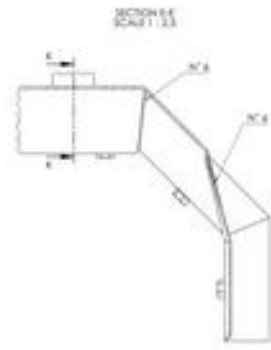
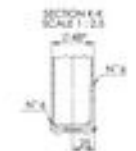
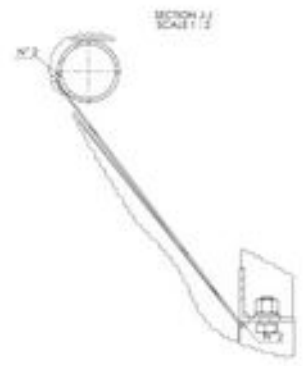
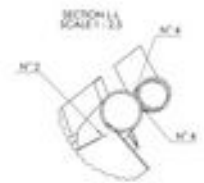
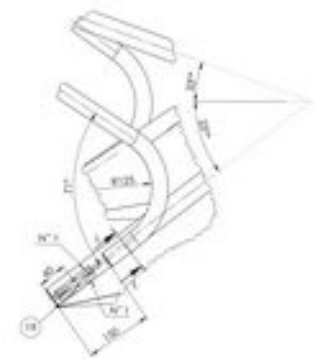




HPBS.09.00.000 KR



View F



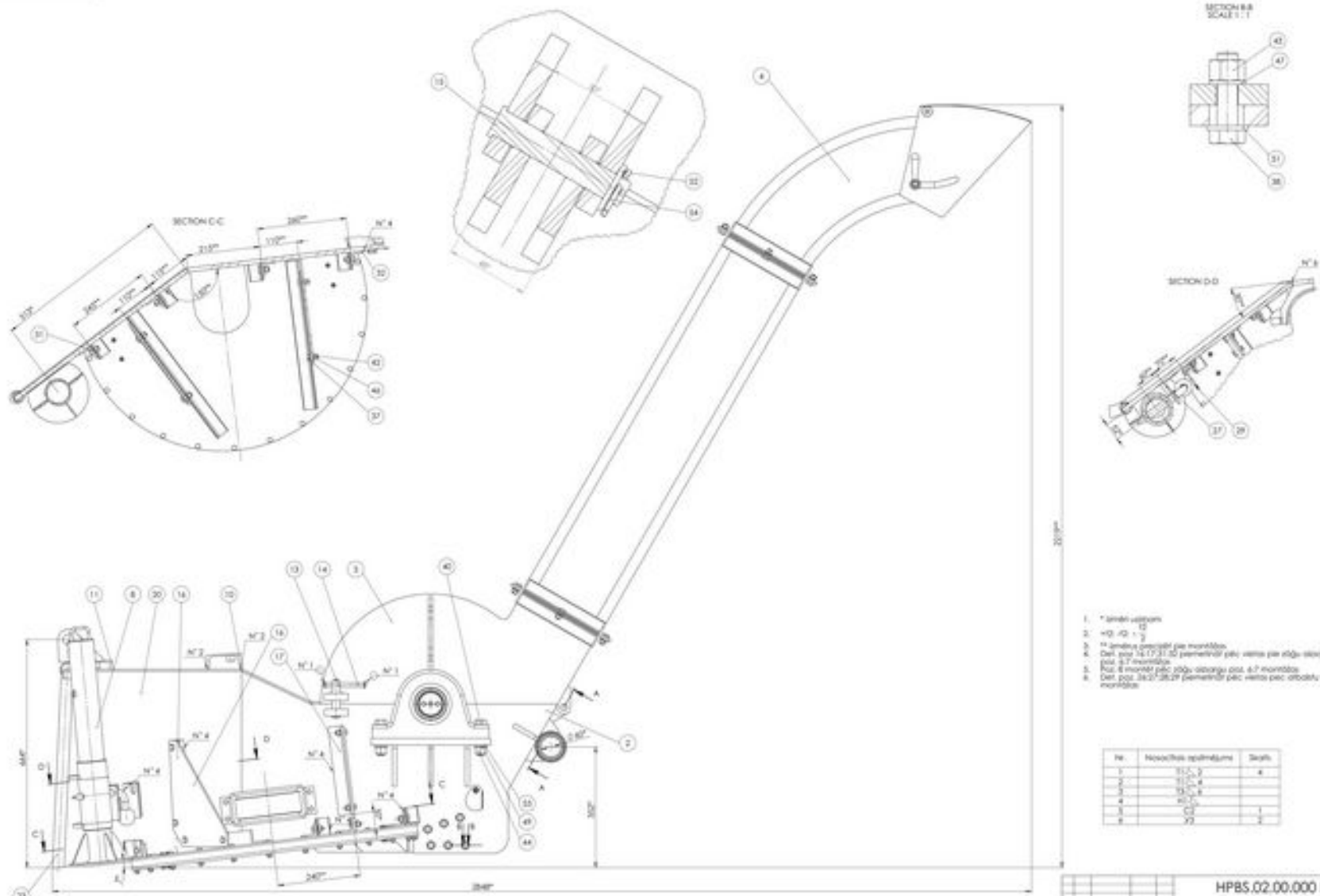
HPBS.09.00.000 KR		1:1	1:1
Pielikšanas iekārta		1:1	1:1
LVM Slava			

HP85.02.00.000 KR

SECTION A  
SCALE 1:1

SECTION B  
SCALE 1:1

SECTION D  
SCALE 1:1



- 1. \* Smērētājam
- 2. \*10-40-1
- 3. \*4 šķērsiņi pamatī pa montāžu.
- 4. Det. pos. 14.17.31.50 (ņemamā ar paku) vai citi pēc atļaujas.
- 5. Det. 4. montāža pēc atļaujas.
- 6. Det. pos. 34.27.38.29 (ņemamā ar paku) vai citi pēc atļaujas.
- 7. Det. pos. 34.27.38.29 (ņemamā ar paku) vai citi pēc atļaujas.

Nr.	Apraksts	Dažums
1	10-40-1	4
2	14.17.31.50	1
3	4. montāža	1
4	34.27.38.29	1
5	34.27.38.29	1

HP85.02.00.000 KR

Smalcinātājs

1	2	3	4	5
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5

LVM Sīva