

# Izpētes projekta Nr. 1.2.1.1/16/A/009 “Metodes koku augšanas apstākļu uzlabošanas pasākumu plānošanai un kvalitātes kontrolei” rezultātu kopsavilkums



*Andis Lazdiņš*

*09.01.2019*

*LVMI SILAVA*

*RĪGAS IEĻA 111, SALASPILS LV-2169, LATVIJA*

*TĀLRUNIS: 67942555, FAKSS: 67901359*

*E-PASTS: [INST@SILAVA.LV](mailto:INST@SILAVA.LV), [WWW.SILAVA.LV](http://WWW.SILAVA.LV)*



NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA  
Eiropas Reģionālās  
attīstības fonds

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Pētījumu īsteno Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava” ar Eiropas Reģionālās attīstības fonda atbalstu, projekta “Meža nozares kompetences centrs” ietvaros, saskaņā ar 13.10.2016 noslēgto līgumu nr. 1.2.1.1/16/A/009 starp SIA “Meža nozares kompetences centrs” un Centrālo finanšu un līgumu aģentūru.

# A1 Tehniskā risinājuma izstrādāšana uz mazgabarīta tehnikas bāzes minerālmēsļu un koksnes pelnu ienešanai mežā



- **Aktivitātes ietvaros veiktās darbības:**
  - izstrādāta tehniskā dokumentācija un inženiertehniskie pelnu izkliedēšanas iekārtas pielāgošanai Vimek BioCombi 610 harvarderam pelnu un minerālmēslojuma izkliedēšanai;
  - sagatavots Latvijas patenta pieteikums (Nr. P-17-39) pelnu izkliedēšanas iekārtas ātrai montāžai;
  - vadlīniju sagatavošana koksnes pelnu izmantošanai koku augšanas apstākļu uzlabošanai.
- **Aktivitātes rezultāts:**
  - Latvijas patenta pieteikums tehniskajam risinājumam un darba metodei augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanai mežā, izmantojot mazgabarīta tehniku;
  - vadlīnijas koksnes pelnu izmantošanai mežā (pieejamas projekta interneta vietnē).

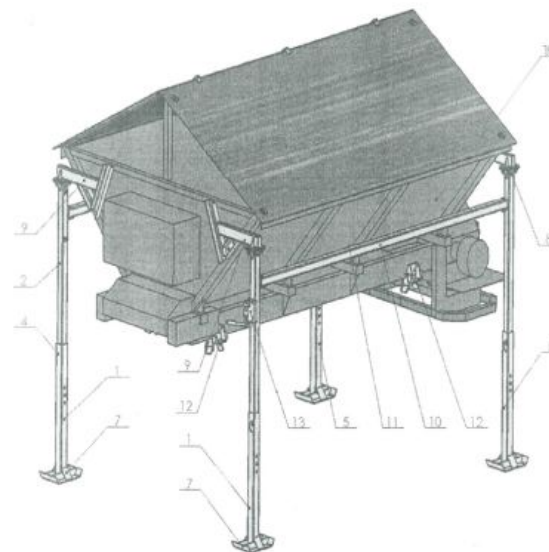
## A sekcija

- (51) **A01B63/32** (11) **15376** **A**  
(21) P-17-39 (22) 16.06.2017  
(41) 20.12.2018  
(71) LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS 'SILAVA',  
Rīgas iela 111, Salaspils, Salaspils nov., LV-2169, LV  
(72) Andis LAZDIŅŠ (LV),  
Valentīns LAZDĀNS (LV),  
Agris ZIMELIS (LV),  
Modris OKMANIS (LV),  
Igoris GUSAREVS (LV),  
Germans GUSAREVS (LV)  
(54) **IEKĀRTA KOKSNES PELNU IZKLIEDĒTĀJA MONTĀŽAI UN DEMONTĀŽAI UZ KOKMATERIĀLU PIEVEDĒJTRAKTORA UN TĀS PIELIETOŠANAS PAŅĒMIENS DEVICE FOR ASSEMBLING AND DE-ASSEMBLING THE WOOD ASH SPREADING UNIT ON ROUNDWOOD FORWARDER AND METHOD OF USE**

(57) Izgudrojums attiecas uz mežsaimniecības nozari un ir paredzēts koksnes pelnu izklienētāja (15) montāžai un demontāžai uz kokmateriālu pievedējtraktora, veicot šos darbus mežā, apstākļos, kur nav pieejami citi kravu celšanas mehānismi. Šim mērķim izveidota iekārta, kas sastāv no četriem divdaļīgiem sabīdāmiem atbalsta statņiem (1), kuru augšējo daļu (2) korpusu iekšpusē iemontēti hidrocilindri (3), kas darbināmi ar rokas piedziņas hidrosūkni (13). Šī iekārta spēj pacelt pelnu izklienētāju (15) hidrocilindru darba gājiena augstumā virs kokmateriālu pievedējtraktora un to nostiprināt paceltā stāvoklī, ļaujot no izklienētāja apakšas izbraukt traktoram, lai veiktu kokmateriālu pievešanas darbus. Pēc darbu izpildes traktors atgriežas pie paceltā pelnu izklienētāja, iebrauc zem tā un tiek veikta tā montāža uz pievedējtraktora. Izveidotā iekārta izmantojama darbiem, kad ar kokmateriālu pievedējtraktoru jāveic gan pelnu izklienēšana mežaudzēs, gan kokmateriālu pievešanas darbi, operatīvi pielāgojot pievedējtraktoru dažādiem darba veidiem.

The invention refers to forestry sector and it is developed for assembling and de-assembling the wood ash spreading unit on roundwood forwarder in the field conditions, when other load lifting mechanisms are not available. For this purpose a device consisting of four telescopic support stacks (1) assembled from two pieces each and with manually operated hydro-cylinders (13) mounted inside the stacks is developed. The device can lift wood

ash spreader (15) to a certain height above forwarder and keep it in this position, while forwarder can drive out from the lifted wood ash spreader unit and continue transportation of logs. After completion of forwarding operation, forwarder can return to the lifted wood ash spreader unit, drive in between the stacks and assemble again the wood ash spreading unit. The developed device can be used with forwarder if there is need to transform the machine from log forwarding to wood ash spreading operation and backwards.





# Augsnes ielabošanas līdzekļu izkliešana izmēģinājumu platībās



# A2 Empīrisko datu ieguve algoritmu izstrādāšanai LiDAR datu analīzei un KAAU pasākumu īstenošanai piemēroto teritoriju identificēšanai



- **Aktivitātes ietvaros veiktās darbības:**
  - mežaudžu uzmērīšana LiDAR datu analīzei un KAAU pasākumu īstenošanai piemēroto teritoriju identificēšanai (*221 ha augsnes ielabošanas pasākumu efektivitātes novērtēšanai un 165 ha LiDAR analīzes datu kopas iegūšanai*);
  - ievākti skuju un augsnes paraugi, pieaugumu urbumu skaidas, ieplakās noteikts gruntsūdens līmenis un veikti lapu laukuma indeksa mērījumi un veģetācijas uzskaitē;
  - laboratorijā veiktas lapu, skuju un augsnes paraugu analīzes (*N, P, K, Ca, Mg, Mn, augsnē papildus blīvums, pH un Corg.*);
  - veikta pelnu kaisīšana (20 ha) ražīguma un darbu izpildes kvalitātes raksturošanai.
- **Aktivitātes rezultāts:**
  - mežaudžu taksācijas rādītāju datu kopa augšanas apstākļu raksturošanai, kas izmantota turpmākajās darbībās attālās izpētes algoritmu izstrādāšanai;
  - eksperimentāli iegūtie dati par koksnes pelnu izkliedēšanas ietekmi uz radiālo pieaugumu;
  - publikācija – Okmanis, M., Kalvis, T., & Lazdiņa, D. (2018). Initial evaluation of impact of evenness of spreading wood ash in forest on additional radial increment. *Engineering for rural development, 1902–1908.*

# Krājas papildpieauguma un izmaksu pieņēmumi



- Krājas papildpieaugums 10 gadu laikā pēc slāpekļa mēslojuma ienešanas briestaudzēs:
  - bērza audzēs –  $10,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ;
  - egles audzēs –  $13 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ;
  - priedes audzēs –  $17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .
- Krājas papildpieaugums 10 gadu laikā pēc koksnes pelnu ienešanas kūdreņos briestaudzēs:
  - neatkarīgi no koku sugas –  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .
- Mēslojuma izkliešanas izmaksas:
  - slāpekļa mēslojums –  $160 \text{ € ha}^{-1}$  ( $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ );
  - koksnes pelni -  $120 \text{ € ha}^{-1}$  ( $5 \text{ tonnas ha}^{-1}$ ).

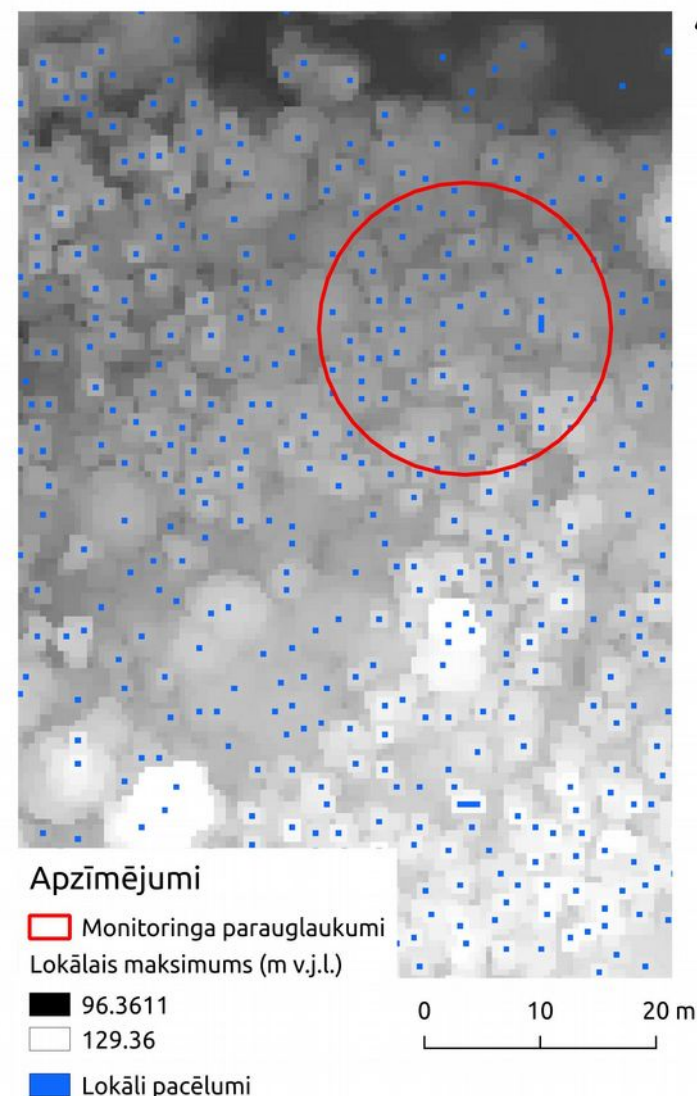
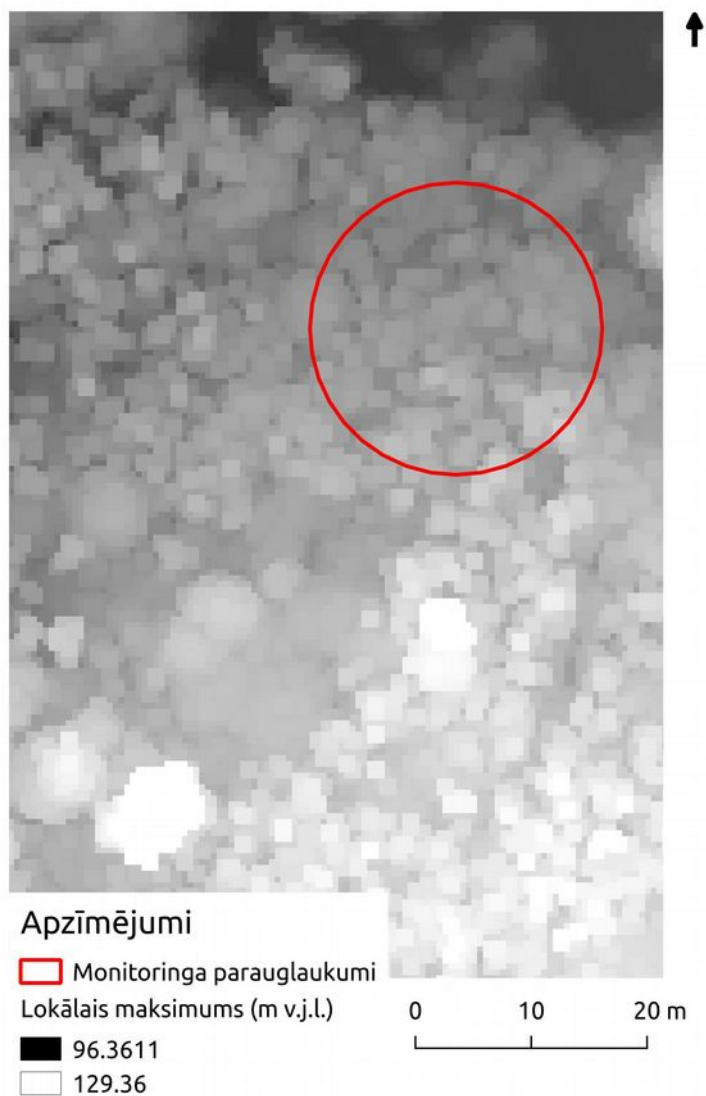
# A3 Algoritmu izstrādāšana izstrādāšanai LiDAR datu analīzei



- Aktivitātes ietvaros veiktās darbības:
  - pārmitro ieplaku noteikšanas algoritmu salīdzināšana 98 ha platībā (*“Fill sinks”, “GRASS Wetness index” un “Flow accumulation” algoritmi*);
  - secināts, ka *“Depth to water” (DTW)* algoritms, ko izmanto komerciālās programmās, Latvijā nedarbojas pietiekoši labi;
  - pētījumā secināts, ka nav iespējama automatizēta caurteku modelēšana ar Whitebox rīku. tāpēc turpmāk jāpilnveido metodes pazemes caurteku dešifrēšanai;
  - izstrādāti algoritmi pārmitro ieplaku noteikšanai dažāda granulometriskā sastāva augsnēs;
  - pārbaudīti vienādojumi, kas korelē ar augšanas gaitas rādītājiem, papildus mežaudžu atlasei izmantojot Sentinel 2 datus.
- Aktivitātes rezultāts:
  - algoritmi mežaudžu taksācijas rādītāju un LiDAR datu sakarības raksturošanai (1. stāva koku augstuma un skaita, kā arī lapkoku grupas), rezultāti publicēti – Ivanovs, J., & Lazdins, A. (2018). Evaluation of tree height and number of trees using LiDAR data. Engineering for rural development, 1390–1394;
  - algoritmi pārmitro ieplaku identificēšanai izmantojot LiDAR datus, publicēti Ivanovs, J., Sietina, I., & Spalva, G. (2017). Identification of wet areas in forest by using LiDAR based DEM. Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017.

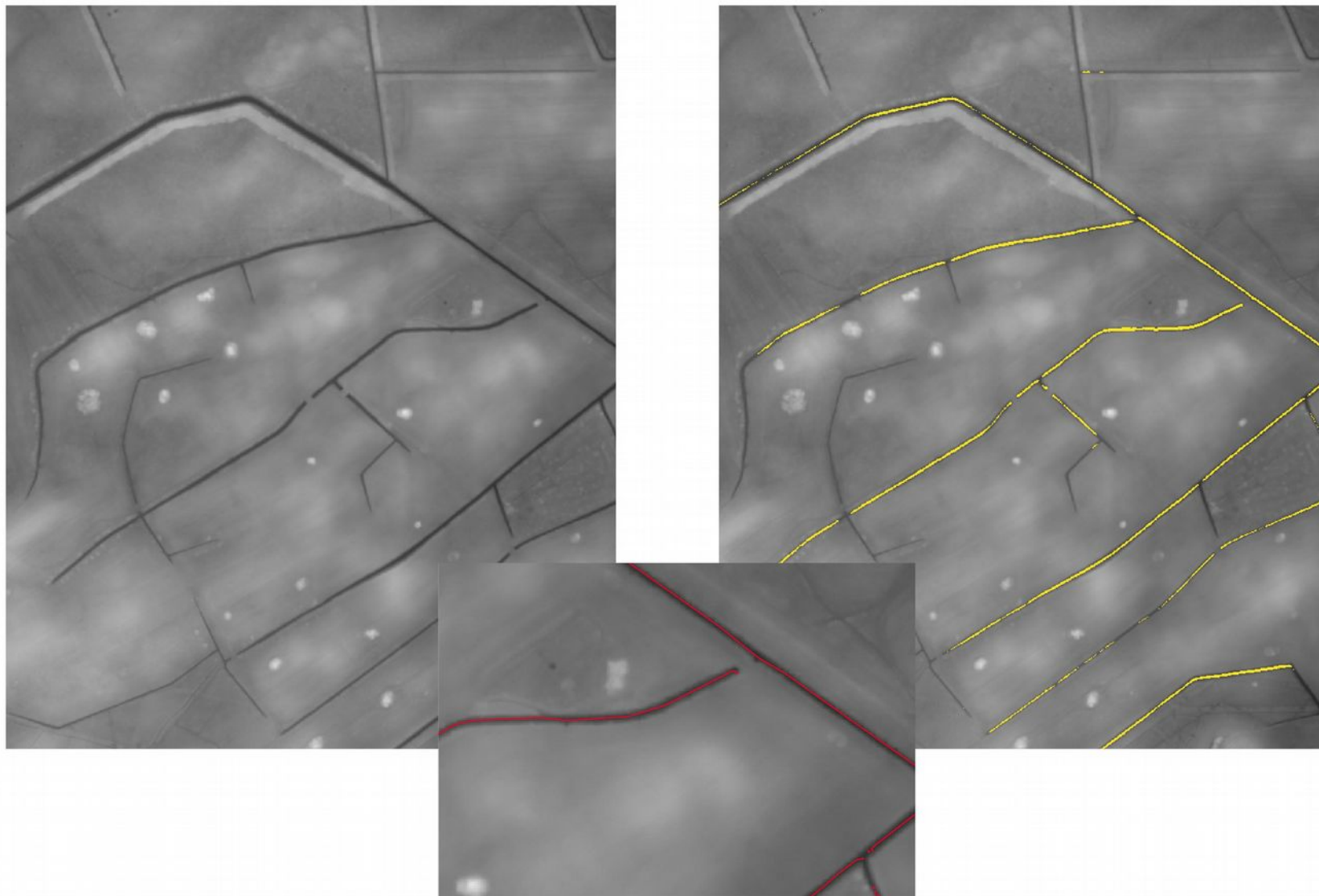


# Koku augstuma un skaita izpētes rezultāti

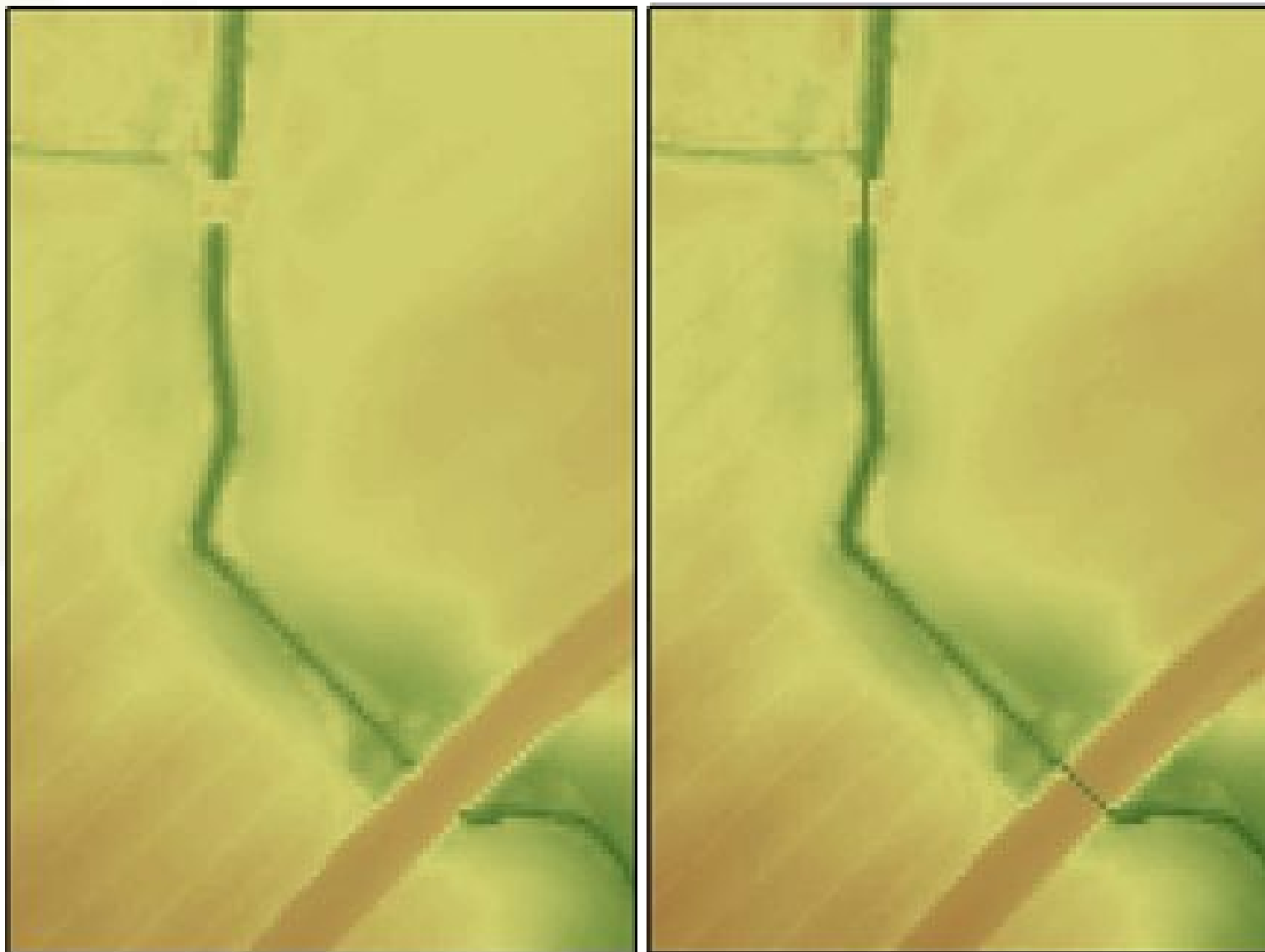




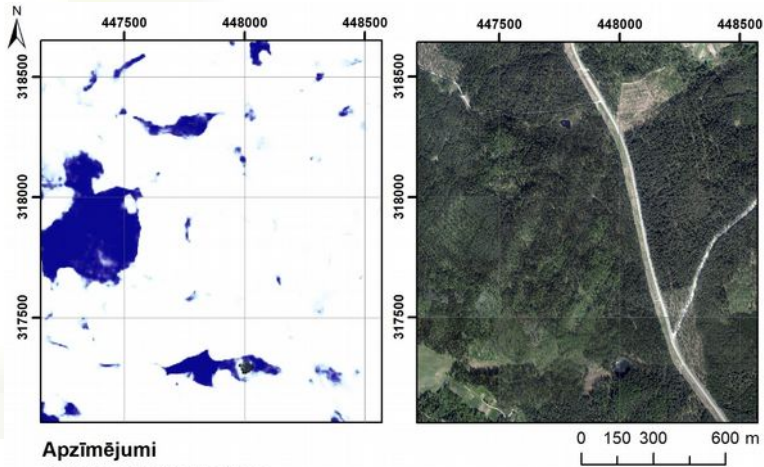
# Automatizēta grāvju dešifrēšanas metode, izmantojot LiDAR datus



# Caurteku iezīmēšana ceļa šķērsojumā vietās

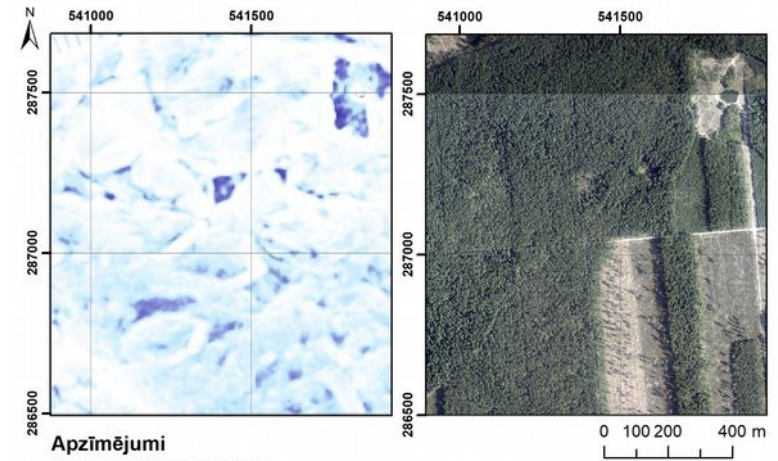


# Pārmitro ieplaku iezīmēšana



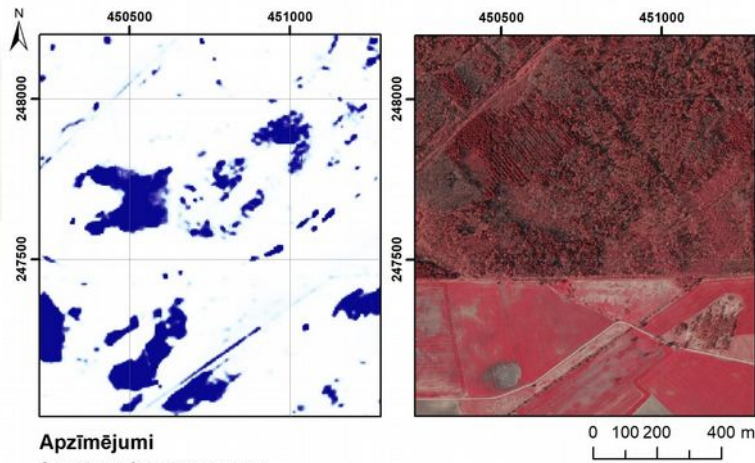
Apzīmējumi  
Augsnes mitruma prognoze

*fluviālie nogulumi – SAGA mitruma indekss*



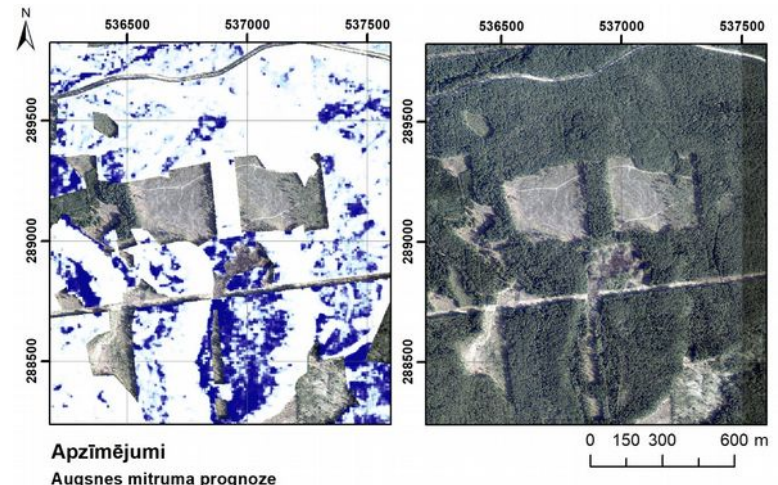
Apzīmējumi  
Augsnes mitruma prognoze

*glaciolimniskie nogulumi – nogāzes un  
normalizētais augstums*



Apzīmējumi  
Augsnes mitruma prognoze

*glaciogēnie nogulumi – sateces baseina indeksa metode*



Apzīmējumi  
Augsnes mitruma prognoze

*eolie nogulumi – NDVI un normalizētā  
augstuma rastrs*

# Vienādojumi nodrošinājuma ar barības vielām raksturošanai, izmantojot Sentinel 2 satelītainas



- Egļu audzēs – **NDNI** (*Normalized difference nitrogen index indeksu*).
- Priedes un egles audzēs – **REM** (*Red-edge model*) vai **GM** (*Green model*) indeksi.
- Indeksu aprēķinos izmanto Band 3–Green joslu 10 m, kā arī Band 5 – Vegetation Red Edge un Band 7 Vegetation Red Edge joslu 20 m izšķirtspējā.
- Papildus var izmantot koku augstuma aprēķinus, kas raksturo mežaudžu bonitāti koku grupu līmenī.
- Šobrīd pietrūkst metodes SAR (Sentinel 1) datu izmantošanai koku augstuma rādītāju aktualizēšanai.

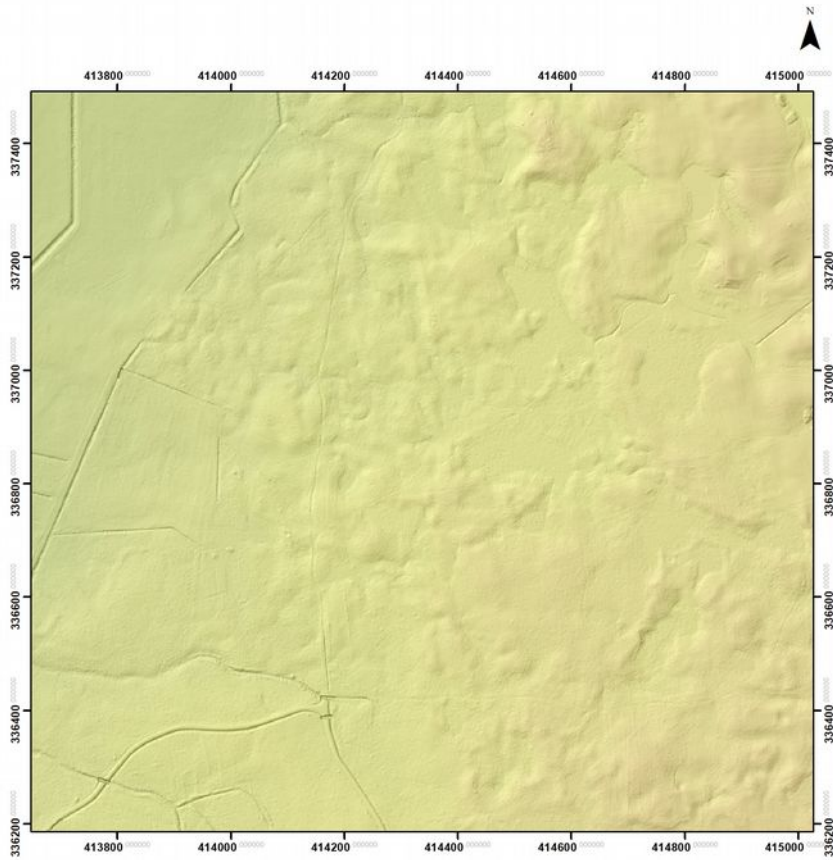


# A4 Plānošanas rīka izstrādāšana LiDAR datu analīzei un papildus darbību veikšanai mežaudzēs, kur paredzēti KAAU pasākumi



- **Aktivitātes ietvaros veiktās darbības:**
  - izmantojot jaunus darba ražīguma datus un Meža resursu monitoringa datus, pilnveidots augsnes ielabošanas līdzekļu izmantošanas potenciāla aprēķins valsts un privātajos mežos;
  - izstrādāta un praksē pārbaudīta automatizēta metode virszemes ūdens noteces vāgu ģenerēšanai augšanas apstākļu uzlabošanai, novadot lieko ūdeni no ieplakām;
  - izmantojot AGM modeli, izstrādāts modelis krājas kopšanas ciršu un augšanas apstākļu uzlabošanas pasākumu efekta modelēšanai.
- **Aktivitātes rezultāts:**
  - atbalsta sistēmas rīka prototipa apraksts, kas ietver metodes sākotnējai audžu atlasei, augsnes ielabošanas pasākumu saimnieciskā efekta analīzei, mikromeliorācijas pasākumu plānošanai un efekta novērtēšanai, kā arī papildus audžu atlasei un efekta monitoringam, izmantojot Sentinel 2 satelītainas un veģetācijas indeksus.

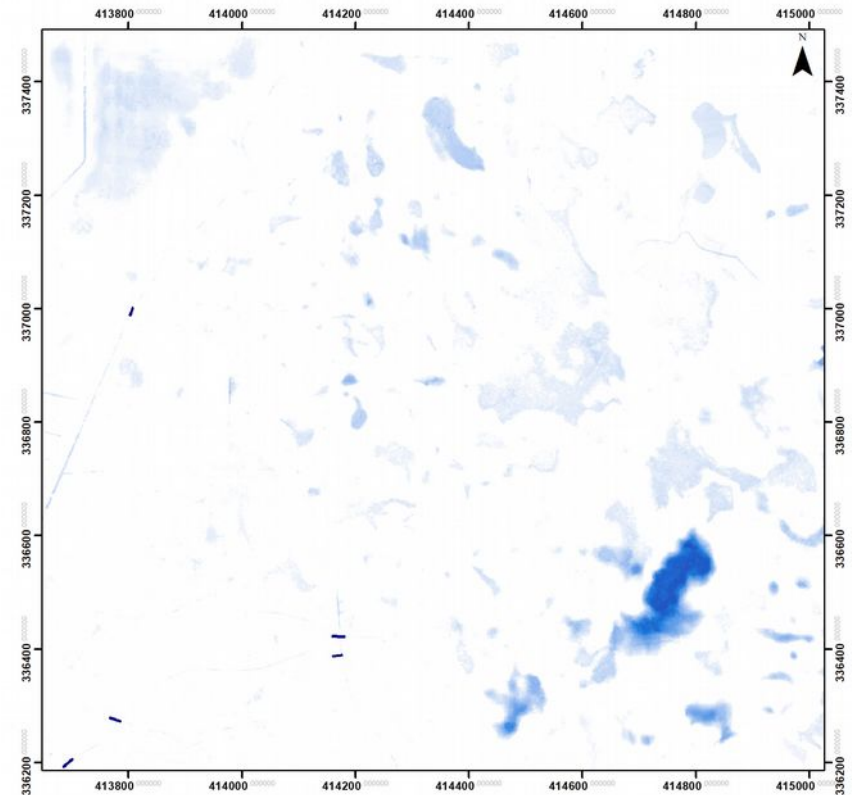
# Reljefa karte ar iezīmētām caurtekām un grāvjiem un sākotnējās pārmitro vietu analīzes rezultāti



0 50 100 200 300 400 m

Koordinātu sistēma: LKS-92 TM (EPSG:3059)

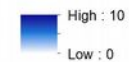
augstums m. vjl.



0 50 100 200 300 400 m

Koordinātu sistēma: LKS-92 TM (EPSG:3059)

pārmitrās ieplakas dziļums, m

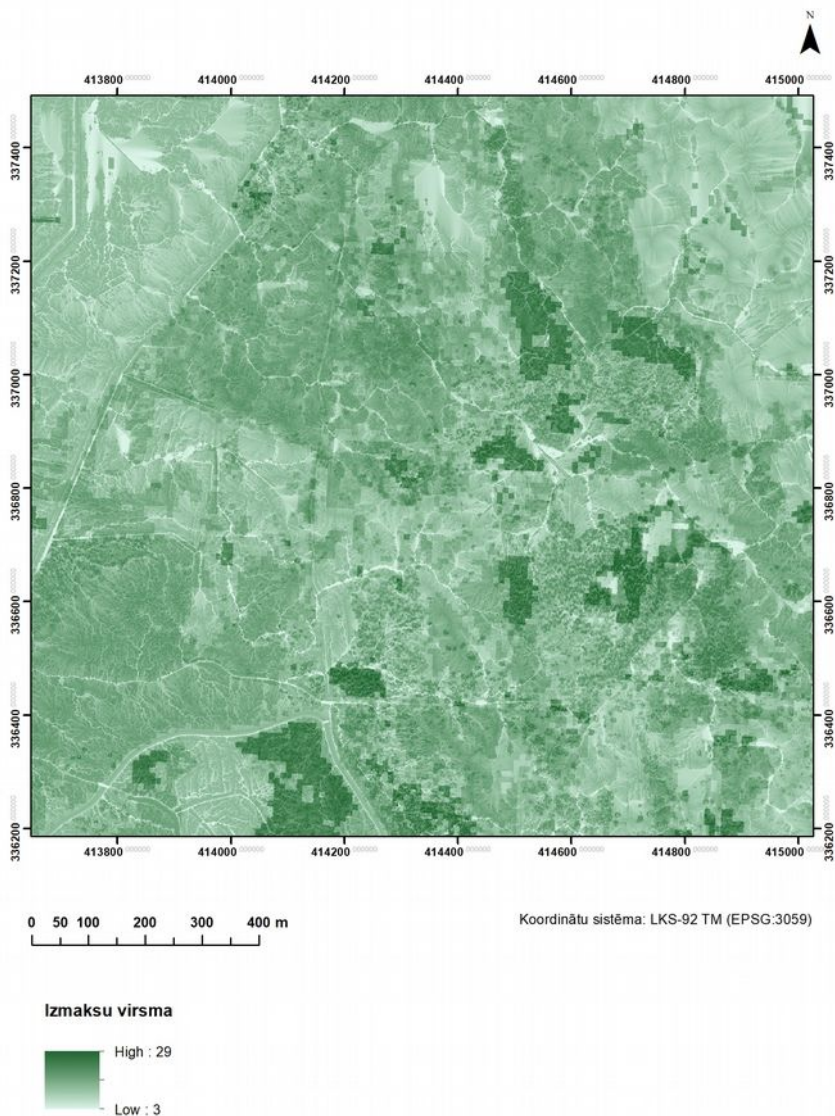


# Izmaksu virsmas sagatavošana



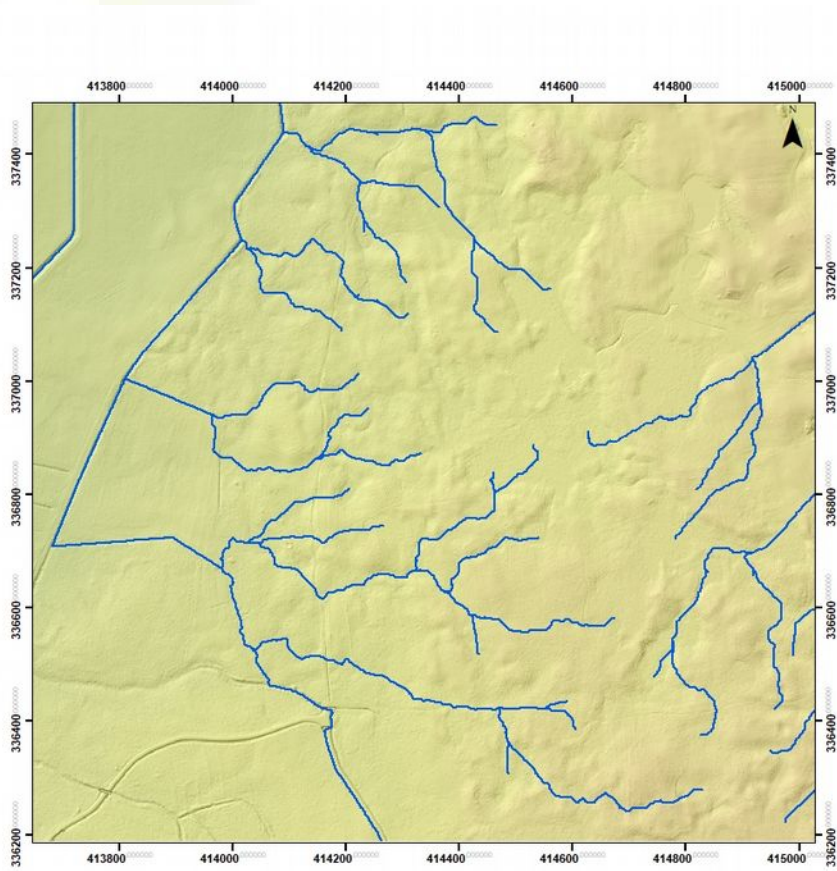
- Izmantotie parametri:

- Sugu sastāvs (*lapkoki vai skujkoki*), mazākas izmaksas lapkoku aizņemtajās platībās;
- Relatīvais koku augstums nogabalā (*lielākas izmaksas vietās, kur koki ir augstāki*);
- Dabiska straume (*mazākas izmaksas vietās, kur ir dabiska straume*);
- Nogāzes slīpums (*mazākas izmaksas lēzenās nogāzēs*).





# Vagu izvietojums pirms un pēc papildus analīzes, atsijājot vietas, kur noteci nodrošina dabiskais reljefs



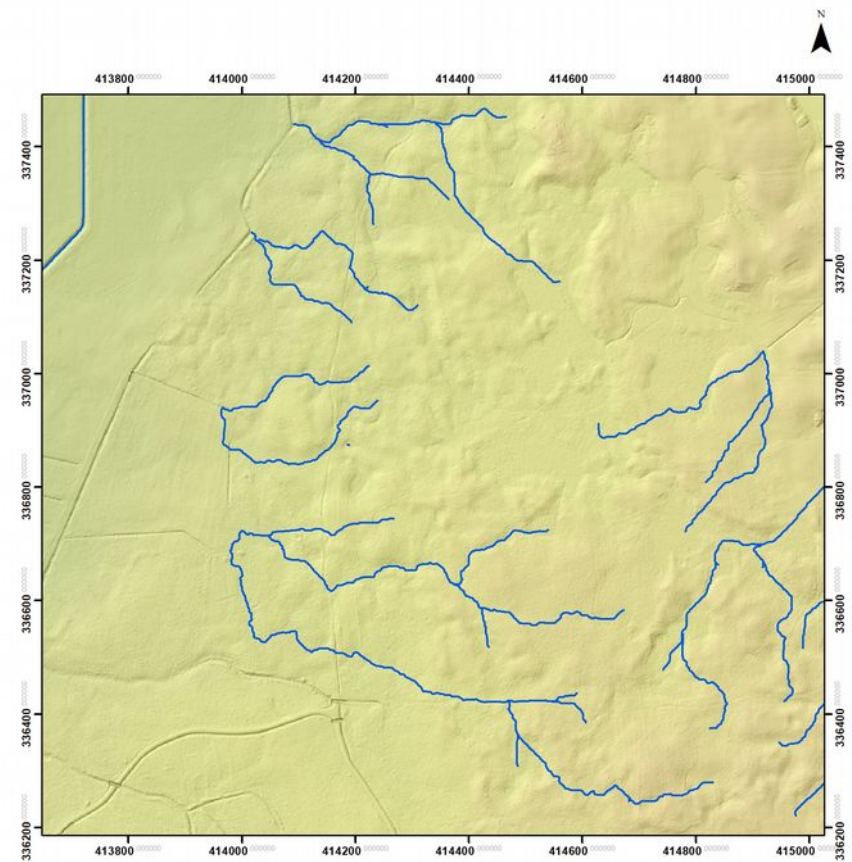
0 50 100 200 300 400 m

Koordinātu sistēma: LKS-92 TM (EPSG:3059)

augstums m. vjl.



— ģenerētas virszemes noteces vagas



0 50 100 200 300 400 m

Koordinātu sistēma: LKS-92 TM (EPSG:3059)

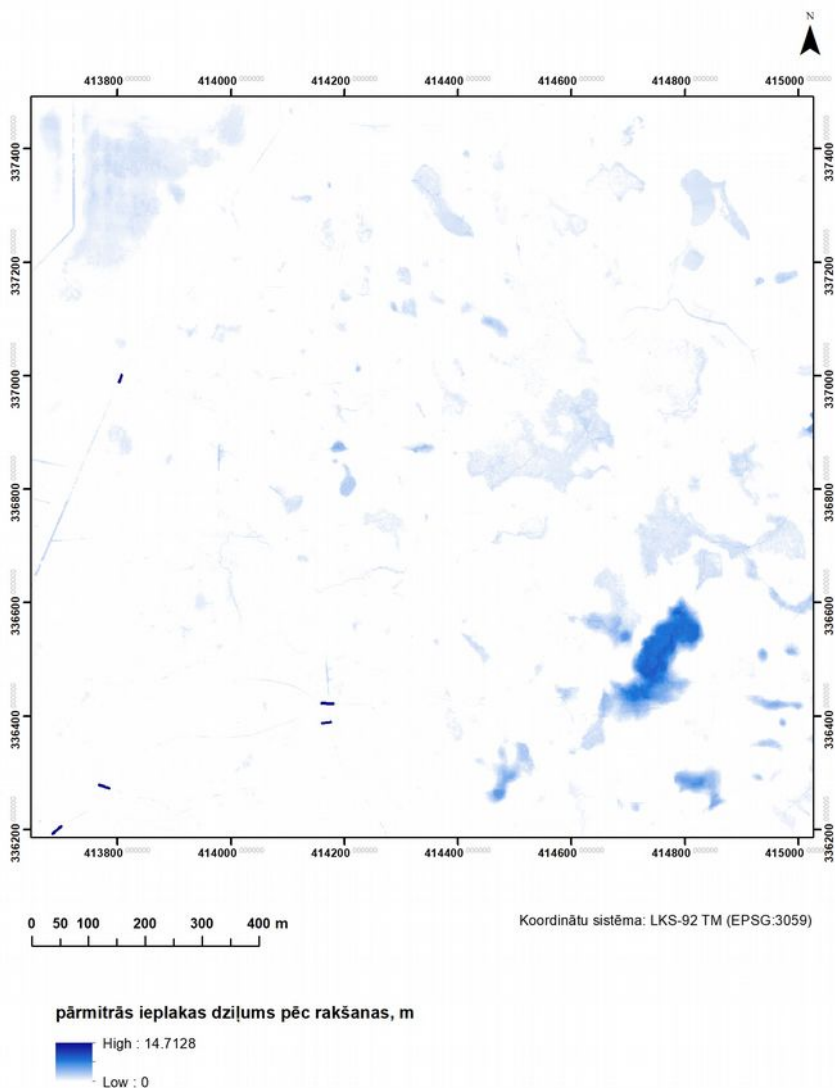
augstums m. vjl.



— atlasītas virszemes noteces vagas



# Pārmitro ieplaku atkārtota analīze pēc vagu modelēšanas



- Pēc rastra datu analīzes veic pārmitro vietu datu vektorizāciju un nosaka platības izmaiņas.
- Balstoties uz platības izmaiņām, raksturo pārmitro vietu platības prognozējamās izmaiņas un nosaka noteces vagu rakšanas prognozējamo ekonomisko efektu.
- Iegūto rezultātu kombinē ar meža mēslošanas darbībām, tajā skaitā novērtējot potenciālo tehnoloģisko koridoru izvietojumu.

# A5 Ekonomiskās analīzes algoritmu izstrādāšana KAAU pasākumu saimnieciskās atdeves novērtēšanai un lēmuma pieņemšanas atbalstam par šo pasākumu īstenošanu



- Aktivitātes ietvaros veiktās darbības:
  - izstrādāts izmaksu un ieņēmumu prognožu kalkulators slāpekļa mēslojuma un koksnes pelnu izmantošanai pieaugušās audzēs pirms galvenās cirtes, kas integrēts ekonomiskās analīzes modelī;
  - sagatavots izmaksu un ieņēmumu prognožu modelis ekonomiskās analīzes un ietekmes uz klimata izmaiņām raksturošanai;
  - novērtēts augsnes ielabošanas līdzekļu potenciāls valsts un privātajos mežos, izmantojot MRM datus, 3 scenārijiem – mežizstrāde pēc vecuma, par 10 gadiem saīsināta aprīte un atbilstoši šobrīd pieejamajām pieaugušajām skujkoku un bērza audzēm.
- Aktivitātes rezultāts:
  - algoritmi KAAU un papildus pasākumu (*kopšanas cirtes un pārmitro ieplaku platības samazināšanas*) ekonomiskajai analīzei, aprēķinu modeļi publicēti projekta interneta vietnē;
  - ekonomiskās analīzes rezultāti publicēti zinātniskā rakstā – Petaja, G., Okmanis, M., Makovskis, K., Lazdiņa, D., & Lazdiņš, A. (2018). Forest fertilization: economic effect and impact on GHG emissions in Latvia. *Baltic Forestry*, 24(1), 9–16.

## Darbības dati:

- audzes taksācijas rādītāji;
  - meža tips, koku sugu sastāvs, bonitāte, šķērslaukums, krāja;
  - mežaudzes vecums, valdošās koku sugas 1. stāva koku vidējais caurmērs;
- vispārīgie dati:
  - mežaudzes platība;
  - kokmateriālu pievešanas attālums un pievešanas apstākļu raksturojums.



## Sākotnējā audžu atlase:

- audžu atlase pēc taksācijas rādītājiem (meža tips, sugu sastāvs, prognozējamā atbilstība galvenās cirtes kritērijiem);
- atlase pēc saimnieciskās darbības ierobežojumiem, tajā skaitā buferjoslu iezīmēšana;
- atlase pēc pievešanas apstākļiem (platības ar ekstrēmiem apstākļiem nav piemērotas mēslojuma izkliešanas).

## Papildus aprēķinu parametri:

- kokmateriālu iznākuma un sadalījuma modelēšana krājas kopšanas cirtē.

## Attālās izpētes metožu pielietošana:

- pārmitro vietu identificēšana, nepieciešamības gadījumā iezīmējot caurtekas (*teritorijām, kam pieejami LiDAR dati*);
- mikro-meliorācijas pasākumu lietderīguma izvērtēšana (*līdz 30 cm dziļu ievalku efekta un potenciālā darba apjoma novērtējums*);
- Sentinel II datu analīze nodrošinājuma ar barības vielām raksturošanai (*teritorijām, kas nogabala robežās neatbilst beznoteces ieplaku pazīmēm*).

## Saimnieciskā efekta analīze:

- izmaksu un ieņēmumu analīze;
  - kopšanas cirte;
  - augsnes ielabošanas pasākumi, tajā skaitā ievalku ierīkošana;
  - galvenā cirte
- Ietekme uz klimata izmaiņām:
  - mēslojuma izmantošana (*N emisijas*);
  - dzīvā kokaugu biomasa;
  - nedzīvā biomasa un augsne (*meliorācijas pasākumu un papildus ieneses ietekme*);
  - koksnes produkti.

## Virszemes noteces vāgu modelēšana un ietekmes novērtēšana:

- noteces vāgu tīkla iezīmēšana hidroloģiskā režīma uzlabošanai beznoteces ieplakās (*teritorijām, kur pieejami LiDAR dati*);
- noteces vāgu ierīkošanas ietekmētā platība (katrai cagai);
- krājas papildpieaugums noteces vāgu ietekmētajā platībā augsnes ielabošanas pasākumu rezultātā;
- noteces vāgu ierīkošanas izmaksu un ieņēmumu attiecības novērtējums un ekonomiskā analīze;
- precizēta noteces vāgu tīkla izveidošana, atlasot tos objektus, kur noteces vāgu ierīkošana nodrošina vēlamu ekonomisko efektu.

## Audžu atlase un darbu plānošana:

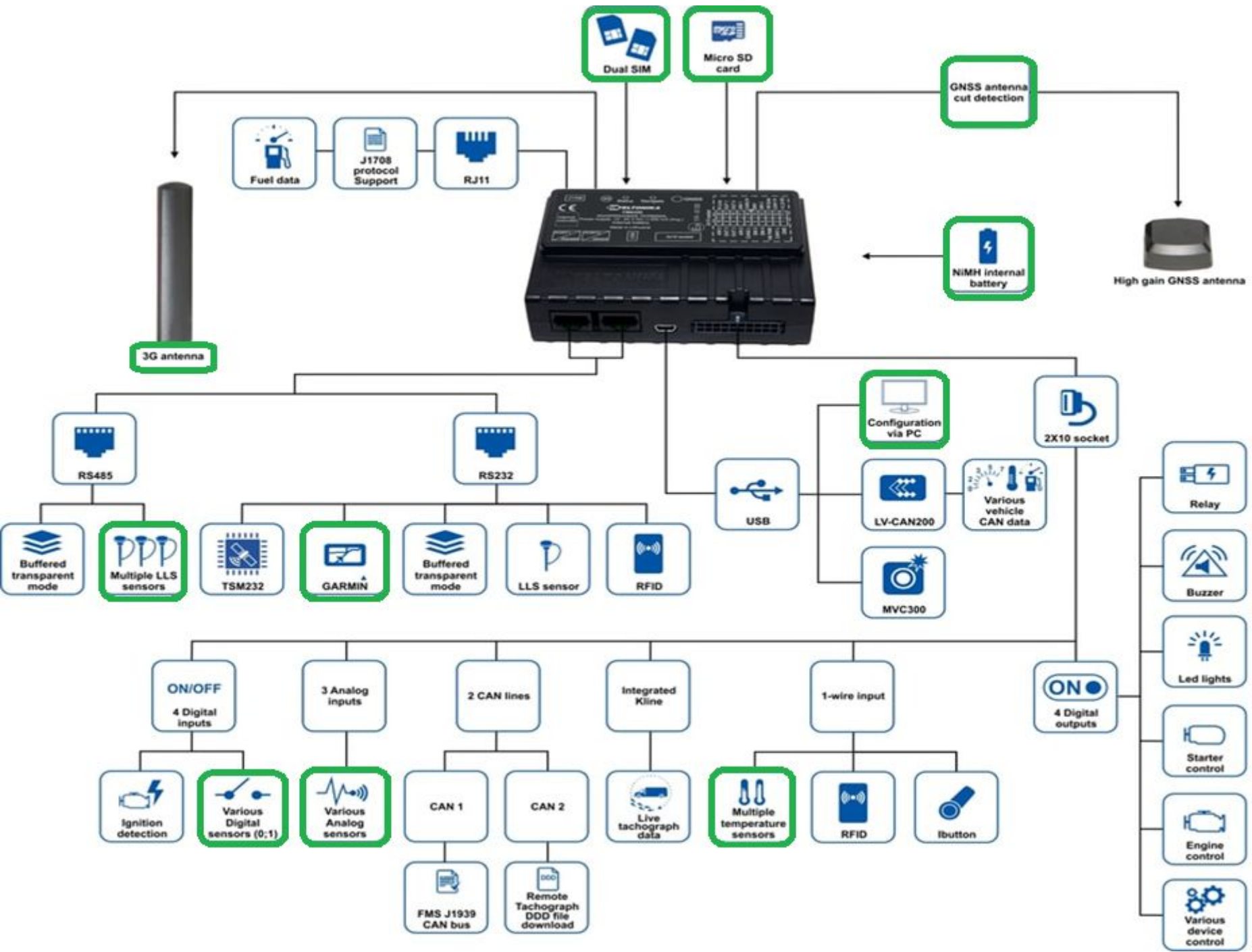
- augsnes ielabošanas pasākumiem piemēroto teritoriju atlase un kartogrāfiskā materiāla sagatavošana;
- vides aizsardzības nosacījumu definēšana (*buferjoslu un augsnes ielabošanas līdzekļu krautuvei piemēroto vietu iezīmēšana*);
- tehnoloģisko koridoru tīkla izplānošana (*ja nepieciešams*);
- kopšanas cirtes plānošana (*kokmateriālu iznākums un sadalījums, nosacījumi mežizstrādes atlieku izmantošanai, sagaidāmās izmaksas un ieņēmumi*);
- ievalku tīkla ierīkošanas izmaksu novērtēšana (*precizētais ievalku tīkls*);
- augsnes ielabošanas plānošana (*mēslojuma daudzums, darba laika patēriņš un izmaksas, ierobežojumi tehnikas pielietošanai*);
- galvenās cirtes plānošana (*kokmateriālu iznākums un sadalījums, nosacījumi mežizstrādes atlieku izmantošanai, sagaidāmās izmaksas un ieņēmumi*).

# A6 Kvalitātes kontroles instrumentu izstrādāšana minerālmēslojuma un koksnes pelnu ieneses monitoringam



- **Aktivitātes ietvaros veiktās darbības:**
  - Izstrādāts augsnes ielabošanas pasākumu kvalitātes kontroles sistēmas prototips, kas veidots uz praksē izmantota transporta vienību sekošanas iekārtas bāzes;
  - izstrādāta telpisko datu apstrādes metode datu logera punktveida datu analīzei, lai noteiktu ienestā mēslojuma devu un sadalījumu audzē.
- **Aktivitātes rezultāts:**
  - kvalitātes kontroles sistēmas apraksts KAAU pasākumu monitoringam;
  - metode sekošanas iekārtu telpisko datu analīzei.





# Lēmuma pieņemšanas atbalsta rīku veidojošās metodes, kas izstrādātas pētījuma ietvaros



- Sākotnējās KAAU pasākumiem piemēroto mežaudžu atlases algoritms (*QGIS formulu redaktora vienādojums un tā nosacījumi*), izmantojot Meža valsts reģistra datus.
- Pārmitro ieplaku dešifrēšanas metode, izmantojot LiDAR, Sentinel 2 un citus darbību datus.
- Pilnveidota metode koku augstuma un skaita raksturošanai koku grupu līmenī.
- Grāvju dešifrēšanas metode, izmantojot LiDAR datus (*jāpilnveido lielāka automatizācijas līmeņa sasniegšanai*).
- Virszemes ūdens noteces vagu modelēšanas metode, izmantojot LiDAR datus un mazāko izmaksu metodi.
- hidroliģiskā režīma uzlabošanas pasākumu ietekmes uz krājas pieaugumu raksturošanas metode, izmantojot AGM modeli.
- Kalkulators (izklājlapa) KAAU pasākumu ekonomiskajai analīzei briestaudzēs.

- Petaja, G., Okmanis, M., Makovskis, K., Lazdiņa, D., & Lazdiņš, A. (2018). **Forest fertilization: economic effect and impact on GHG emissions in Latvia.** *Baltic Forestry*, 24(1), 9–16.
- Okmanis, M., Kalvis, T., & Lazdiņa, D. (2018). **Initial evaluation of impact of evenness of spreading wood ash in forest on additional radial increment.** *Engineering for rural development*, 1902–1908. <https://doi.org/0.22616/ERDev2018.17.N491>
- Ivanovs, J., Sietina, I., & Spalva, G. (2017). **Identification of wet areas in forest by using LiDAR based DEM.** *Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017.* <https://doi.org/10.15544/RD.2017.094>
- Ivanovs, J., & Lazdins, A. (2018). **Evaluation of tree height and number of trees using LiDAR data.** *Engineering for rural development*, 1390–1394. <https://doi.org/10.22616/ERDev2018.17.N153>