

NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA  
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS  
Eiropas Lauksaimniecības fonds  
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

Latvijas Lauku attīstības programmas 2014. - 2020.gadam  
pasākuma 16. "Sadarbība" 16.2 apakšpasākuma: "Atbalsts jaunu produktu,  
metožu, procesu un tehnoloģiju izstrādei" projekta

## TĀLIZPĒTES TEHNOLOĢIJU PIELIETOJUMS AUGĻU DĀRZU NOVĒRTĒŠANAI

LAD projekta Nr.: 18-00-A01620-000039

Projekta izstrādātāji:

- *Projekta vadošais partneris:* Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte (LBTU)
- *Projekta partneri:*
  - Lauksaimniecības pakalpojumu kooperatīvā sabiedrība (LPKS) "Augļu nams"
  - SIA "GeoDevelopment"

Jelgava 2024

## SATURS

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| INFORMĀCIJAS SAGATAVOTĀJS                                                     | 2   |
| PROJEKTA KOORDINATORI UN TO<br>KONTAKTINFORMĀCIJA                             | 2   |
| SADARBĪBAS PARTNERI UN TO<br>KONTAKTINFORMĀCIJA                               | 2   |
| PROJEKTA ĪSTENOŠANAS PERIODS                                                  | 3   |
| PROJEKTA KOPĒJĀS IZMAKSAS                                                     | 3   |
| PROJEKTA MĒRĶIS UN UZDEVUMI                                                   | 3   |
| PROJEKTA OBJEKTI                                                              | 4   |
| TĀLIZPĒTES METOŽU TEORĒTISKI ANALĪTISKS<br>APSKATS                            | 5   |
| PROJEKTA OBJEKTU LAUKA APRAKSTI                                               | 24  |
| AUGŠŅU SASTĀVA NOTEIKŠANA AUGĻU DĀRZU<br>TERITORIJĀS                          | 39  |
| ĢEODĒZISKĀ TĪKLA IERĪKOŠANA                                                   | 57  |
| TĀLIZPĒTES DATU IEGUVE                                                        | 81  |
| ĢEOTELPISKO DATU APSTRĀDE UN VAIRĀKSLĀŅU<br>KARTOGRAFISKO ATTĒLU IZGATAVOŠANA | 94  |
| LAUKU APSEKOŠANAS UN ANALĪZES<br>REZULTATĪVIE RĀDĪTĀJI                        | 115 |
| PUBLICITĀTE                                                                   | 140 |
| KOPSAVILKUMS UN GALVENIE SECINĀJUMI                                           | 143 |

## INFORMĀCIJAS SAGATAVOTĀJS

Projekta Nr.18-00-A01620-000039 zinātniskā vadītāja Vivita Puķīte

## PROJEKTA KOORDINATORI UN TO KONTAKTINFORMĀCIJA

Projekta Nr.18-00-A01620-0000391 koordinators Ilze Vīķe

Tālrunis: +371 20346946

E-pasts: [ilze.vike@lbtu.lv](mailto:ilze.vike@lbtu.lv)

Adrese: Lielā iela 2, Jelgava, Latvija, LV-3001

Projekta Nr.18-00-A01620-000039 zinātniskā vadītāja Vivita Puķīte

Tālrunis: +371 29113347

E-pasts: [vivita.pukite@lbtu.lv](mailto:vivita.pukite@lbtu.lv)

Adrese: Lielā iela 2, Jelgava, Latvija, LV-3001

## SADARBĪBAS PARTNERI UN TO KONTAKTINFORMĀCIJA

LPKS “Augļu nams”, Jānis Lepsis

Tālrunis: +371 26336070

E-pasts: [auglunams@inbox.lv](mailto:auglunams@inbox.lv)

Adrese: Zemeņu ielā 22, Tukuma novads, Pūres pagasts, Latvija, LV-3124

SIA “GeoDevelopment”, Mārtiņš Rutkovskis

Tālrunis: +371 28659881

E-pasts: [martins@geodevelopment.lv](mailto:martins@geodevelopment.lv)

Adrese: Lapeņu iela 7, Rīga, LV-1013

## PROJEKTA ĪSTENOŠANAS PERIODS

- 22.05.2019 – 31.05.2023.
- 01.06.2023.- 21.05.2024.

## PROJEKTA KOPĒJĀS IZMAKSAS

Kopējās projekta izmaksas ir 97150 Eur

## PROJEKTA MĒRĶIS UN UZDEVUMI

Projekta mērķis - izstrādāt Latvijas vides apstākļiem atbilstošu tehnoloģisku risinājumu augļu dārzu novērtēšanai ar tālīzpētes tehnoloģiju pielietošanu.

Projekta uzdevumi:

- Apkopot informāciju par citu pētnieku iestrādēm, metodēm un rezultātiem par tālīzpētes pielietojumu lauksaimniecībā.
- Apkopot vēsturiskos un aktuālos datus no esošām datu bāzēm par izvēlētajiem objektiem, veikt kontrolmērījumus zemes kvalitatīvai novērtēšanai.
- Katram dārzam (laukam) sagatavot aprakstu, kurā tiek ietverta informācija par platību, stādīšanas gadu, šķirnēm, potcelmiem, stādīšanas attālumiem. Labībām par šķirni, sējas laiku, izsējas normu.
- Veikt ģeodēzisko punktu apsekošanu teritorijā un atbalsta punktu ierīkošanu lidojumu maršrutu sagatavošanai.
- Plānot bezpilota lidaparāta lidojuma maršrutus, vadoties pēc pirmreizējas informācijas par objektiem, ietverot ģeodēziskās izpētes atbalstu punktu izvietojumu.
- Veikt ģeodēzisko izpēti vairākas reizes sezonā. Izpētei ir šādi uzdevumi: dārza (lauka) mikroreljefa mērījums; augu mērījums pirms veģetācijas perioda sākuma; augu mērījums ziedēšanas perioda beigās; augu mērījums aktīvas augšanas periodā.

- Apstrādāt iegūtos ģeotelpiskos datus, lai izveidotu karti, kas sastāv no vairākiem slāņiem.
- Pēc ģeodēziskās izpētes datiem identificēt problemātiskos (lauka) sektorus, kuri tiek apsekoti, meklējot faktorus, kas ietekmēja koku (labības) augšanu (barības vielu daudzums augsnē, mitruma režīms, u.c.).
- Veikt ražas uzskaiti parauglauciņos ābelēm ražu no koka, labībām ražu no 1m<sup>2</sup>.
- Organizēt lauka dienas dārzkopjiem.
- Organizēt seminārus un piedalīties starptautiskās zinātniskās konferencēs, veicinot projekta publicitāti.

## PROJEKTA OBJEKTI

- SIA «Daigone», ābeles 8 ha, kadastra nr. 90740070041, lauka bloks nr 43123-32239
- ZS «Ausekļi», ābeles 8.5 ha, kadastra nr. 84440030103, lauka bloks nr 42132-27741
- ZS «Lapenieki», ābeles 2.8 ha, kadastra nr. 84580020028, lauka bloks nr 39899-29895
- ZS «Akmentiņi», ābeles 7.5 ha, kadastra nr. 54900020002, lauka bloks nr 46896-25486

## TĀLIZPĒTES METOŽU TEORĒTISKI ANALĪTISKS APSKATS

Ģeomātikas terminu skaidrojošajā vārdnīcā jēdziens tālīzpēte skaidrota, kā zinātnes un ražošanas nozare, kas nodarbojas ar objektīvās informācijas par Zemi, procesiem un stāvokli uz tās ieguvī, mērīšanu, analīzi un vizualizāciju, izmantojot datu ieguvī ar bezkontakta attēlu veidojošām sistēmām (Štrauhmanis u.c., 2009)

V. Vanags savā 2003. gada grāmatā Fotogrammetrija raksta, ka tālīzpēte ir zinātnes nozare, kas nodarbojas ar objekta vai parādību izziņāšanu, datu ģeometrisku, fizikālo raksturojumu iegūšanu netiešā veidā – bez fiziska kontakta (Vanags, 2003).

Tālīzpētes pirmsākumi meklējami jau 1840 gados, kad no piesietie baloniem tika uzņemtas zemes fotogrāfijas. Pirmā pasaules kara laikā noritēja arī sistemātiska aerofoto uzņemšana militārām vajadzībām (Remote sensing [b.g.]).

Barrets un Kurtis (Barrett E. C., Curtis L. F.) 1976. gadā tālīzpēti definēja kā datu iegūšanu par objektu, tam nepieskaroties (Barrett, Curtis, 1976). Šī definīcija ir īsa un vienkārša, bet diemžēl ne pilnībā atbilstoša.

Lūnijs un Dills (Luney P.R. and Dill H.W.) 1970. gadā tālīzpēti definēja, kā bezkontakta informācijas ierakstīšanu no elektromagnētiskā spektra ultravioletajiem, redzamajiem, infrasarkanajiem un mikroviļņu apgabaliem, izmantojot tādus instrumentus kā skeneri un kameras, kas atrodas uz mobilajām platformām, piemēram, lidmašīnām vai kosmosa kuģiem, un tālīzpēte ir arī iegūtās informācijas analīze, izmantojot fotoattēlu interpretācijas paņēmieni, attēlu interpretācijas un vismodernāko attēlu apstrādes sistēmu (Luney, Dill, 1970).

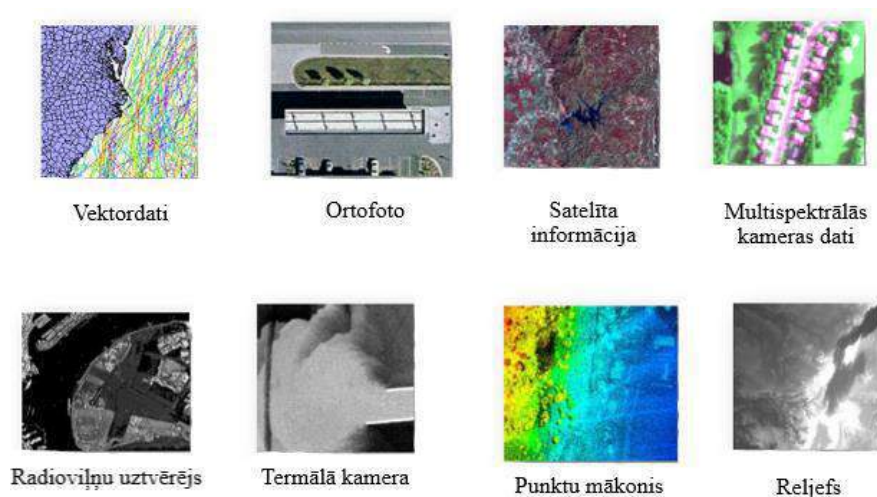
Savukārt Randals Smits (Randall B. Smith) savā grāmatā “Remote sensing for Environment (RSE)” raksta, ka tālīzpēte ir zinātne par informācijas iegūšanu un interpretēšanu no attāluma, izmantojot sensorus, kas nav fiziski kontaktā ar novērojamo objektu. Smits arī norāda, ka bioloģiskā evolūcija ir izmantojusi daudzas dabas parādības un enerģijas veidus, lai dzīvnieki (arī cilvēki) varētu sajūst apkārtējo vidi. Acis uztver elektromagnētisko enerģiju redzamās gaismas formā. Ausis uztver akustisko (skaņas) enerģiju, savukārt deguns satur jutīgus ķīmiskos receptorus, kas reaģē uz nelielu daudzumu gaisā esošo ķīmisko vielu, ko izdala mūsu apkārtņē esošie materiāli. Daži pētījumi liecina, ka migrējošie putni var sajūst Zemes magnētiskā lauka variācijas, kas palīdz izskaidrot viņu ievērojamo navigācijas spēju (Smith, 2012).

Analizējot dažādās tālīzpētes definīcijas, var secināt, ka tajās lielākoties ir atrodami šādi definīcijas elementi vai atslēgas vārdi:

- bezkontakta datu iegūšana;
- izmantojot elektromagnētisko starojumu – no elektromagnētiskā spektra reģioniem, kas ietver ne tikai redzamās gaismas reģionu, bet arī pārsniedz to;
- izmantojot instrumentus
- atrodas uz mobilajām platformām
- iegūto datu apkopošana un pārveidošana dažādos formātos
- izmantojot interpretācijas paņēmienus un /vai datorprogrammas datu apstrādei.

Tālīzpēte nodrošina datus globāli, izmantojot satelītus, lokāli ar lidmašīnām vai samērā nesen, ar mazākiem bezpilota lidaparātiem (UAV, ko parasti sauc par droniem) un rokas ierīcēm (van der Linden et al., 2019).

Tālīzpētes datu iegūšanai tiek izmantoti tādi sensori kā optiskā vai digitālā fotokamera, kā arī lāzera staru raidītājs-uztvērējs (LIDAR), vai radioviļņu raidītājs-uztvērējs (RADAR), kā arī multispektrālās kameras, kas fotogrāfē ne tikai cilvēka acij redzamajā spektra diapazonā. (Tālīzpēte [b.g.]). Izmantojot dažādos sensorus, var iegūt dažāda veida galaproduktus (1. attēls).



**1.att. Tālīzpētes uzmērīšanas iegūtie rezultātu daudzveidība**  
(Avots: Tālīzpēte [b.g.]).

Nereti par objektu var iegūt informāciju, kuru cilvēks ar neapbruņotu aci nespēj saskatīt. Šo neredzamo informāciju iespējams dabūt, izmantojot elektromagnētisko starojumu, kas tiek reģistrēts ar pasīvo sensoru.

Tālizpētes pamats balstās uz diviem faktoriem:

- elektromagnētisko starojumu, kuru veido elektromagnētiskie viļņi,
- objektu un materiālu spēja atstarot, izmainīt elektromagnētisko starojumu (Hamlyn, Robin, 2011) (Campbell, 2002).

Elektromagnētiskais starojums ir kādu noteiktu vai nosakāmu elektromagnētisko viļņu kopa, savukārt visu elektromagnētisko viļņu kopa tiek saukta par elektromagnētisko viļņu spektru. Atkarībā no viļņu garumiem tiek izšķirti sekojoši elektromagnētiskā spektra apgabali:

- radioviļņi,
- mikroviļņu starojums,
- infrasarkanais starojums,
- redzamā gaisma,
- ultravioletais starojums,
- rentgena stari,
- gamma stari.

Vairāki autori, kā, piemēram, Kempbels (Campbell), Hamlins (Hamlyn) un Robins (Robin) savos zinātniskajos darbos ir norādījuši, ka elektromagnētiskais starojums ir enerģija, kura izplatās telpā ar gaismas ātrumu kā vilnis – periodiski svārstošs elektriskais un magnētiskais lauks. Elektromagnētiskais starojums var rasties dažādu iemeslu dēļ: atomreakcijas (zvaigznes), kad elektroni pāriet starp enerģijas līmeņiem, radioaktīvi materiāli ( $\gamma$  -starojums), visi objekti ar temperatūru, augstāku par  $0^{\circ}$  K arī izdala EMS (Campbell, 2002), (Hamlyn, Robin, 2011).

Elektromagnētiskais starojumu raksturo trīs parametri:

1. Viļņa garums [metri, m] – attālums starp divām viļņa virsotnēm;
2. Frekvence [herci, Hz] – izsaka pilnu viļņu skaitu vienas sekundes laikā;
3. Amplitūda [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] – izsaka enerģijas līmeni kā viļņa augstumu (Campbell, 2002), (Hamlyn, Robin, 2011), (Kumar, 2006), (Smith, 2012).

Elektromagnētiskos viļņus izstaro visi ķermeņi visumā. Tie izplatās pasaules telpā un sasniedz arī Zemi. Šie viļņi pārnes informāciju par to, kas notiek uz tālajiem debess objektiem, kuri citādā veidā no Zemes nav sasniedzami.

Analizējot vairāku autoru zinātniskās publikācijas, var secināt, ka tālīzpētes tehnoloģijas pielieto dažādos veidos, kurus var sagrupēt trīs kategorijās:

1. Meklēšanas operācijas (Hamlyn, Robin, 2011), (Shaw G.A., Burke, 2003), (Scott et al, 2015);
2. Kontrole un monitorings (Hamlyn, Robin, 2011), (Ozdarici-Ok et al. 2015), (Shaw G.A., Burke, 2003), (Srinivasan et al, 2015), (Tronin, 2010), (Wu et al., 2015) ;
3. Dabas un sociālo procesu pētīšana (Hamlyn, Robin, 2011), (Kyba et al., 2015), (Shaw G.A., Burke, 2003).

Tālīzpētes datu iegūšana pamatā tiek veikta ar dažādu tipu sensoriem:

- pasīvā tipa sensoru – sensoru, kas uztver tikai paša objekta izstarotos, vai no cita avota atstarotos elektromagnētiskos viļņus;
- aktīvā tipa sensoru – sensoru, kura darbības pamatā ir pašas sistēmas ģenerēts elektromagnētiskais starojums.

Tālīzpēte ar satelītainām un ortofoto iegūšana notiek ar pasīvā tipa sensoru. Savukārt aerolāzerskenēšana pieder pie aktīvo sensoru grupas.

*Ģeotelpisko datu ieguve ar lāzerskenēšanu.*

Aerolāzerskenēšana pieder pie tālīzpētes fotogrammetrijas kategorijas. Atkarībā no elektromagnētisko viļņu avota tālīzpētē izmantotie sensori tiek iedalīti: pasīvajos sensoros (optiskās sistēmas) (fotogrāfiskās datu iegūšanas iekārtas), un aktīvajos sensoros.

Nacionālais ģeotelpiskās izlūkošanas standartu centrs (National center for geospatial intelligence standards) akronīmu LIDAR vai Light Detection and Ranging izskaidro kā gaismas uztveršanu un diapazona noteikšanu. LIDAR sistēma, kas sastāv no:

1. Fotona avota (bieži, bet ne vienmēr – lāzera);
2. Fotona noteikšanas sistēmas;
3. Laika shēmas;
4. Avota un uztvērēja optikas, kas diapazona mērīšanai izmanto izstaroto gaismu uz cietajiem priekšmetiem, gāzēm vai daļiņām atmosfērā, lai noteiktu to īpašības.

Lidojuma laikā LIDAR izmanto īsus lāzera impulsus un precīzi reģistrē katra lāzera impulsa izstarojuma laiku un laiku, kad tiek saņemta katra atstarotā atdeve, lai aprēķinātu attālumu(-us) līdz izkliedētājam(-iem) ko izstaro impulss. Topogrāfiskajam LIDAR šie lidojuma laika mērījumi pēc tam tiek apvienoti ar precīziem platformas atrašanās vietas

vai stāvokļa datiem, kā arī norādīšanas datiem, lai iegūtu trīsdimensiju interesējošās izgaismotās ainas rezultātu (Light Detection and..., 2011).

Aerolāzerskenneris (LiDAR) pieder pie *aktīvo sensoru* grupas, kura darbības pamatā ir pašas sistēmas ģenerēts elektromagnētiskais starojums. LiDAR dati tiek iegūti reālā laikā un tiek var tikt aplūkoti no pāris minūtēm līdz dažām stundām pēc darbu veikšanas momenta, atkarībā no darba apjoma. LiDAR sistēmas galvenais uzdevums ir iegūt ģeotelpiskos datus par zemes virsmām un uz tām esošajiem objektiem un to raksturojošiem lielumiem. Ar LiDAR tehnoloģiju tiek iegūts trīsdimensiju punktu mākonis, kuru var ņemt par pamatu:

- digitālā augstuma modeļa (angļu val. *Digital Elevation Model* (DEM)),
- digitālā apvidus modeļa (angļu val. *Digital Terrain Model* (DTM)) un
- digitālā virsmas modeļa (angļu val. *Digital Surface Model* (DSM)) iegūšanai.

LiDAR datu iegūšanu iespējams veikt gandrīz jebkurā laikā – gan dienā, gan naktī, jo šī tehnoloģija nav atkarīga no saules izstarotās enerģijas un apgaismojuma. LiDAR datu iegūšanu ierobežo laikapstākļi – lietus, mākoņi, un ziemā sniegs.

LiDAR darbībā tiek izmantotas lāzera stara fizikālās īpašības. Svarīgākā lāzera funkcija ir impulsa veida vai nepārtraukta stara ģenerēšana un šī stara atstarošanās pret objektu, kas ļauj veikt attāluma noteikšanu līdz objektam. Tādēļ lāzera ierīce ir galvenā aerolāzerskennera funkcionālā daļa, bez kuras var būt iekļauts izvērse bloks, kolimātors, pastiprinātājs, uztvērējs, diskretizators un citi optiski vai elektroniski bloki (Данилин и др., 2007). Savukārt aplūkojot LiDAR sistēmu kopumā, jāmin arī tajā iekļauta kompleksa navigācijas sistēma (GPS/IMU sistēma), kura nodrošina iegūto attālumu mērījumu ģeoreferencēšanu, jo ar attāluma mērījumiem vien nepietiek.

Aerolāzerskenēšanas rezultāts ir trīsdimensiju punktu kopa, kura tiek attēlota un apstrādāta datorā ar atbilstošu programmnodrošinājumu – CAD (Computer Aided Desing).

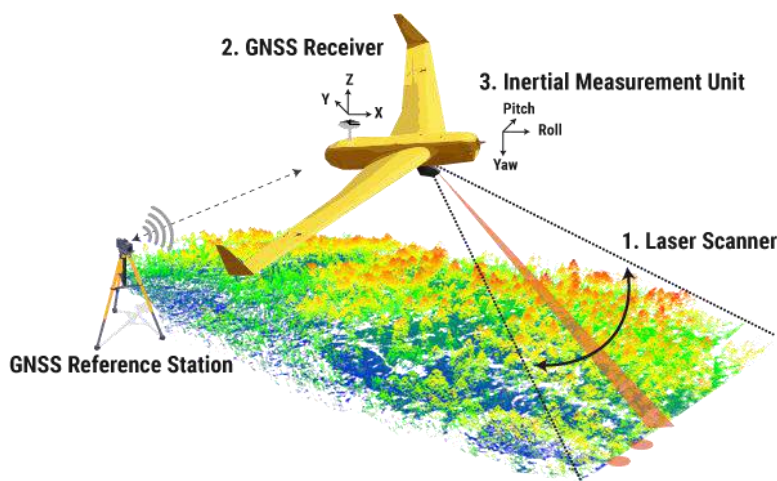
LiDAR tehnoloģija ir pastāvīgā attīstībā – attīstās gan datu iegūšanas, gan apstrādes tehnoloģijas.

Aerolāzerskenēšanas (LiDAR) sistēma ir uz helikoptera, lidmašīnas borta vai bezpilota gaisa kuģa (drona) novietots iekārtu kopums, kuru darbības rezultātā tiek iegūts trīsdimensiju punktu mākonis un intensitātes dati. Aerolāzerskenēšanas sistēma sastāv no vairākiem, tā saucamajiem, funkcionālajiem blokiem – iekārtām, kas sniedz atšķirīgu

informāciju. Apvienojot šo informāciju, galarezultātā tiek iegūts trīsdimensiju punktu mākonis. Katrs no šiem funkcionālajiem blokiem nodrošina atsevišķa veida mērījumus, tātad katrs no šiem blokiem var būt arī LiDAR sistēmas kļūdas avots un līdz ar to var secināt, ka visu šo bloku kļūdu summas raksturo LiDAR sistēmas precizitāti kopumā.

Aerolāzerskenēšanas sistēmas parasti sastāv no šādiem funkcionālajiem blokiem:

- lāzera tālmērs un skenējošā iekārta – aerolāzerskeneris;
- navigācijas sistēma – globālās navigācijas satelītu sistēmas (GNSS) uztvērējs un inerciālās mērīšanas ierīce (IMU);
- vadošā, kontrolējošā un reģistrējošā ierīce – dators. (Wehr et.al., 1999), (McWilliam et al., 2005) 2.attēlā parādīts aerolāzerskenēšanas princips.

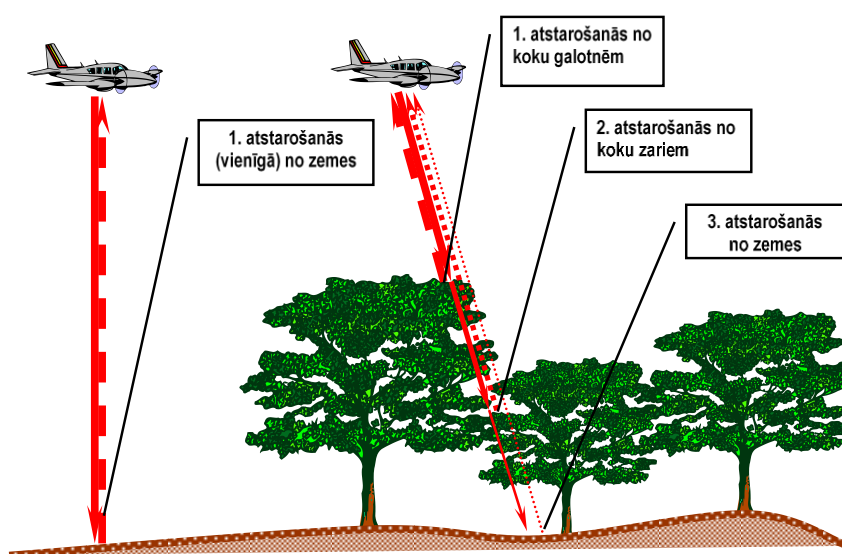


2. att. Aerolāzerskenēšanas princips  
(Avots: Light Detection and Ranging, [b.g.])

Aerolāzerskeneris LiDAR sistēmās – lāzera izstarotājs jeb lāzerdiode emitē īsu elektromagnētisko impulsu noteiktā viļņa garumā. Izstarotais stars atstarojas (parasti izkliedēti) pret objektu, un pret objektu atstarotais impulss vai tā daļa tiek uztverta atpakaļ sistēmā ar fotodiodes palīdzību. Laika momenti, kas atbilst abiem minētajiem procesiem, tiek fiksēti ar augstas precizitātes ierīci – laika intervāla mērītāju. Lāzera impulsi tiek izplatīti pa uzmērāmo teritoriju noteikta veida joslās perpendikulāri lidošanas virzienam, tādējādi joslās pēc joslas tiek uzmērīti attālumi līdz apvidus zemes virsmai un uz tās esošajiem objektiem. Lai varētu noteikt apvidus virsmas punktu koordinātas, papildus sinhronizējot laikā, tiek veikti mērījumi ar globālās pozicionēšanas sistēmas (GPS) un/vai kādas citas globālas navigācijas satelītu sistēmas (GNSS) uztvērēju un inerciālās navigācijas sistēmu (INS), kas vēlāk dod iespēju katram attāluma mērījumam, tātad

apvidus virsmas punktam, veikt koordinātu aprēķinu. Šādi tiek iegūts apvidus trīsdimensiju punktu mākonis, kuru tālāk lieto dažādiem mērķiem.

Aerolāzerskeneru sistēmas izstaroto impulsu skaits neatbilst saņemto (atstaroto) impulsu skaitam, jo stars atstarojas pret dažādām virsmām. Modernas sistēmas spēj uztvert pirmo un pēdējo atstarošanas, līdz ar to punktu blīvums ir atkarīgs no apvidus konfigurācijas (3. attēls).



3. att. Lāzera impulsa atstarošanās no vairākām virsmām  
(Avots: pētnieku veidots)

Varētu teikt, ka viens no galvenajiem aerolāzerskenēšanas uzdevumiem ir iegūt pēc iespējas lielāku punktu daudzumu (blīvumu) skenējamajā teritorijā, lai rezultāti būtu precīzāki. Punktu blīvums ir atkarīgs no aerolāzerskenēšanas parametriem, kuri tiek izvēlēti atkarībā no veicamā darba uzdevuma. Pēc darba uzdevuma saņemšanas no pasūtītāja, tiek sastādīts veicamā darba plāns, kurā tiek noteikti galvenie aerolāzerskenēšanas parametri, lai galarezultātā iegūtais produkts atbilstu pasūtītāja vēlmēm.

Galvenie aerolāzerskenēšanas parametri ir:

- Lidošanas augstums
- Lidošanas ātrums
- Impulsu frekvence
- Skenēšanas leņķis (amplitūda)
- Skenēšanas frekvence

- Skenējamās joslas platums
- Skenēšanas līniju (maršrutu) pārklāšanās (Light Detection and..., 2011).

Analizējot iegūstamo informāciju aerolāzerskenēšanā un tās galaproduktiem, jāmin arī aerolāzerskenēšanas izmantošanas jomas:

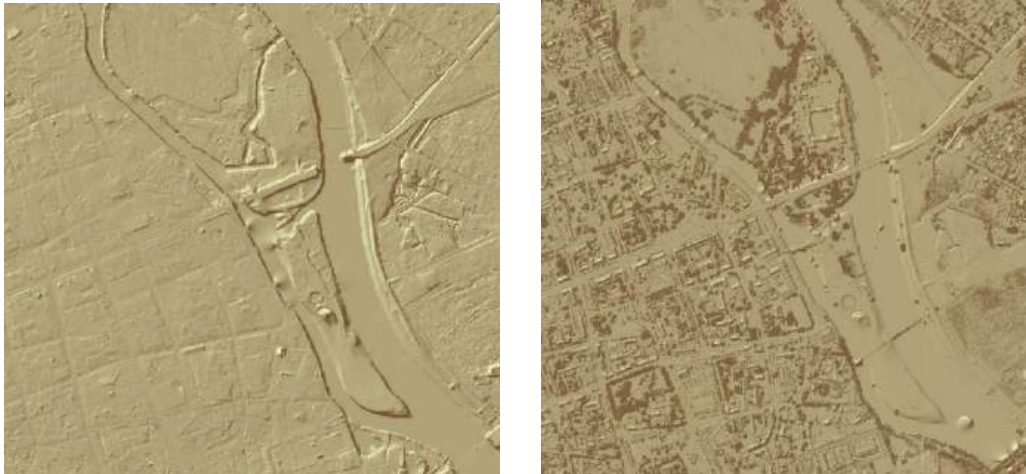
- Topogrāfiskā kartēšana, galvenokārt mežainā apvidū un apvidū, kas nav piemērots aerofotografēšanai tā nelielā kontrasta un tekstūras dēļ, piemēram, paisuma un bēguma sēkļi, šļūdoņi, pludmales
- Veģetācijas augstuma mērījumi
- Plūdu teritorijas kartēšana, aizsardzība pret plūdiem, upes krasta būvēšana un hidroloģiskā modelēšana
- Erozijas virsmu noteikšana, aizsardzība pret lavīnām
- Digitālie pilsētu modeļi
- Ceļu, dzelzceļu, cauruļvadu un elektrolīniju būvniecība
- Elektrolīniju monitorings
- Tilpumu mērījumi, piemēram, karjeros un atkritumu izgāztuvēs u.c. (Vanags, 2003), (Garcia et.al., 2019), (Liu, Samsung, 2018), (Matsumoto, Dickson, Masselink, 2017), (Czyńska, 2015)

#### *Aerolāzeskenēšana Latvijā*

Veicot Latvijas teritorijas vienlaidu aerolāzerskenēšanu tika izvēlēti sekojoši galvenie tehniskie parametri:

1. Kopējais iegūto punktu blīvums ne mazāks par  $4\text{p/m}^2$ , Zemes virsmu raksturojošo punktu vidējais blīvums ne mazāks par  $1,5\text{ p/m}^2$ ;
2. Datu vertikālā precizitāte līdz 12 cm (2 sigmas ar 95% ticamības līmeni) pret Valsts ģeodēzisko tīklu;
3. Datu horizontālā precizitāte līdz 36 cm (2 sigmas ar 95% ticamības līmeni) pret Valsts ģeodēzisko tīklu.

Latvijas ģeotelpiskās aģentūras karšu pārlūkā ir pieejami dažādi LIDAR 3D modeļi. Kā, piemēram, 4. attēlā kreisajā pusē parādīts Digitālais reljefa modelis (40 cm) un attēla labajā pusē parādīts Digitālais virsmas modelis (40 cm), ar Jelgavas pilsētas daļu, kur attēlota Jelgavas pils un Pasta sala. LIDAR skenēšanas datumi ir 01.10.2014. un 06.10.2014.



#### 4. att. **Digitālais virsmas modelis (DSM) un digitālais apvidus modelis (DTM)** (Avots: DSM/DTM Creation [b.g.])

Latvijā pieejamie digitālo augstumu modeļu produkti:

- digitālā augstuma modeļa pamatdati ir klasificētu aerolāzerskenēšanas punktu kopums, kur katram punktam ir zināmas plaknes koordinātas (X,Y) un augstums virs jūras līmeņa (Z). Modeļa dati ir piesaistīti koordinātu sistēmai LKS-92 TM un Latvijas normālo augstumu sistēmai LAS-2000,5. Pamatdati iegūti ar aerolāzerskenēšanas metodi. Kopējais iegūto punktu blīvums ne mazāks par 4 p/m<sup>2</sup>, zemes virsmu raksturojošo punktu vidējais blīvums ne mazāks par 1,5 p/m<sup>2</sup> (digitālā augstuma modeļa pamatdati pieejami atvērto datu formā);
- digitālais virsmas modelis ir punktu kopums, Zemes virsmas pacēluma modelis, kas ietver veģetāciju, saimniecisku objektu un citu objektu virsotnes;
- no aerolāzerskenēšanas datiem sagatavotā digitālā virsmas modeļa vizualizēti attēli ar izšķirtspēju 25 cm (pieejams rastra datu formāts - TIFF un ECW);
- no aerolāzerskenēšanas datiem sagatavotais digitālais virsmas modelis ar izšķirtspēju 1 m (pieejams rastra datu formāts - TIFF)
- digitālais reljefa modelis ir Zemes virsmas punktu kopums, bez veģetācijas, saimniecisko un citu objektu virsotnēm;
- digitālā reljefa modeļa pamatdati ar regulāro tīkla soli 20 m no datiem, kas iegūti ar lāzerskenēšanas metodi (pieejams teksta ASCII datu formāts) (dati pieejami atvērto datu formā);

- digitālā reljefa modeļa pamatdati ar regulāro tīkla soli 5 m no datiem, kas iegūti ar lāzerskenēšanas metodi (pieejams teksta ASCII datu formāts);
- no aerolāzerskenēšanas datiem sagatavotā digitālā reljefa modeļa vizualizēti attēli ar izšķirtspēju 25 cm (pieejams rastra datu formāts - TIFF un ECW);
- no aerolāzerskenēšanas datiem sagatavotais digitālais reljefa modelis ar izšķirtspēju 1 m (pieejams rastra datu formāts - TIFF);
- digitālais reljefa modelis aeronavigācijas vajadzībām ar horizontālo soli 3 loka sekundes.
- digitālais reljefa modelis, vizualizēts horizontāļu veidā - vispārīgās reljefa formas vektorfailu formātā. Horizontāles ataino vispārīgas reljefa formas un atspoguļo arī mākslīgus uzbērumus, kuri augstāki par 3 m. Solis starp horizontālēm - 1 m, uzsvērtās horizontāles - ik pa 10 m. Dati tiek papildināti ar augstumatzīmēm un kritumrādītājiem. Horizontāles ir sadalītas līmeņos pēc augstumu vērtībām (pieejamie datu formāti - DGN, Esri Shapefile, Esri File Geodatabase);
- digitālais paaugstinājuma modelis (Latvijas Ģeotelpiskās informācijas..., [b.g.])

#### *Ģeotelpisko datu iegūšana no satelītainām*

Ir vairākas satelītainu iegūšanas programmas. Šī darba ietvaros tiek analizētas divas satelītainu iegūšanas programmas – Landsat un Copernicus.

Copernicus ir Eiropas Savienības Zemes novērošanas programma, ko izmanto, lai novērotu mūsu planētu un tās vidi un tādējādi sniegtu maksimālu labumu visiem Eiropas iedzīvotājiem. Tā sniedz informācijas pakalpojumus, izmantojot Zemes novērošanas satelītu datus un “in situ” (no kosmosa neatkarīgus) datus (About Copernicus, [b.g.]).

Ārkārtīgi lieli globālu datu apjomi, kas iegūti no satelītiem un no mērīšanas sistēmām uz zemes, gaisā un jūrā, tiek izmantoti, lai sniegtu informāciju un tā palīdzētu pakalpojumu sniedzējiem, valsts iestādēm un citām starptautiskām organizācijām uzlabot Eiropas iedzīvotāju dzīves kvalitāti.

Copernicus programmas ietvaros darbojas 7 satelītu misijas:

- SENTINEL – 1 misija paredzēta zemes un okeāna monitoringam;
- SENTINEL – 2 misija paredzēta zemes novērošanai – monitoringam;
- SENTINEL – 3 misija paredzēta jūras novērošanai, un tajā tiks pētīta jūras virsmas topogrāfija, jūras un zemes virsmas temperatūra, okeāna un zemes krāsa;

- SENTINEL – 4 misija paredzēta gaisa kvalitātes novērošanai – monitoringam;
- SENTINEL – 5 misija paredzēta gaisa kvalitātes novērošanai – monitoringam;
- SENTINEL – 5P misija paredzēta, lai savlaicīgi sniegtu datus par dažādām gāzēm un aerosoliem, kas ietekmē gaisa kvalitāti un klimatu.
- SENTINEL – 6 misija paredzēta, lai mērītu pasaules jūras virsmas augstumu, galvenokārt operatīvai okeanogrāfijai un klimata pētījumiem. (Discover our satellites, [b.g.]

Copernicus datus iespējams pielietot dažādās jomās, ka, piemēram, lauksaimniecībā, zilajā ekonomikā, klimata pārmaiņu un vides pētījumos, attīstībā un sadarbībā, enerģētikā un dabas resursu pētījumos, mežsaimniecībā, veselības jomā, apdrošināšanā un katastrofu pārvaldībā, drošībā un aizsardzībā, tūrismā, transportā, kā arī pilsētplānošanā.

Copernicus piedāvā savus pakalpojumus 6 dažādās jomās:

- Atmosfēra – kas ietver informāciju par gaisa kvalitāti un atmosfēras sastāvu; ozona slāni un ultravioleto starojumu; emisijām un virsmas plūsmām; saules radiāciju u.c., (Debacker et.al, 2019) (Louis et.al., 2010);
- Jūra – kas ietver jūras drošības veicināšanu; jūras resursu aizsardzību; piekrastes un jūras vides lietojumu; meteoroloģiju, tas ir, laikapstākļu, klimata un sezonālās prognozes (Liibus et.al., 2020), (Lavergne et.al., 2020);
- Zeme – kas ietver sistemātisku biofizikālo parametru novērošanu; zemes seguma un zemes izmantošanas kartēšanu; tematisko kartēšanu par kādām noteiktām teritorijām, u.c., (Foiravante et.al., 2021) (Lupia, Bonati, Pulighe, 2018).
- Klimata pārmaiņas – kas sniedz informāciju par agrāko, tagadējo un paredzamo klimatu; (Buontempo, Thépaut, Bergeron, 2020).
- Drošība – kas ietver robežu uzraudzību, jūras uzraudzību, u.c.
- Ārkārtas situācijas – kas ietver kartēšanu, kā arī agrīno brīdināšanu, piemēram, par plūdiem, meža ugunsgrēkiem vai sausumu (Wania et.al., 2021), (Lasko, 2019), (Pepe et.al., 2018).

Copernicus zemes monitoringa serviss nodrošina ģeogrāfisko informāciju par zemes segumu plašam lietotāju lokam. Šie dati ietver zemes seguma īpašības un zemes izmantošanas izmaiņas, veģetācijas stāvokli, ūdens ciklu un citus rādītājus. Zemes

monitoringa servisa datiem ir plašs pielietojuma klāsts, kā, piemēram, telpiskajā un pilsētplānošanā, mežsaimniecībā, ūdens resursu pārvaldībā, lauksaimniecībā, dabas aizsardzībā un atjaunošanā, ekosistēmas uzskaitē, kā arī klimata pārmaiņu mazināšanā.

Copernicus Zemes monitoringu nodrošina satelītu sistēma SENTINEL-2.

SENTINEL-2 ir plaša, augstas izšķirtspējas, daudz spektrāla attēlveidošanas misija, kas atbalsta Copernicus Zemes monitoringa pētījumus, tostarp veģetācijas, augsnes un ūdens pārklājuma, kā arī iekšējo ūdensceļu un piekrastes teritoriju novērošanu.

SENTINEL-2 misija sastāv no 2 orbītā esošiem satelītiem, kas izvietoti vienā un tajā pašā orbītā ar 180° nobīdi vienam pret otru. Viena satelīta atgriešanās laiks ir 10 dienas, bet, kombinējot abus satelītus, tās būs 5 dienas, pie nosacījuma, ja nav mākoņains. SENTINEL-2 satelīts 2A tika palaists 2015. gada 22. jūnijā, un satelīts 2B tika palaists 2017. gada 7. martā.

SENTINEL-2 satelīts nodrošina 13 spektrālās joslas: četras joslas ar 10 metru izšķirtspēju, sešas joslas ar 20 metru izšķirtspēju un trīs joslas ar 60 metru telpisko izšķirtspēju (1. tabula).

1. tabula

**SENTINEL-2 parametri**

| Izšķirtspēja (m) | Spektrālā josla | S2A               |                     | S2B               |                     | Pielietojums                                                                                           |
|------------------|-----------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |                 | Viļņa garums (nm) | Joslas platums (nm) | Viļņa garums (nm) | Joslas platums (nm) |                                                                                                        |
| 10               | B2              | 492.4             | 66                  | 492.1             | 66                  | Klasiskais RGB (sarkanā (~665nm), zaļā (~560nm), zilā (~493nm) un tuvu infrasarkanais attēls (~833nm)) |
|                  | B3              | 559.8             | 36                  | 559.0             | 36                  |                                                                                                        |
|                  | B4              | 664.6             | 31                  | 664.9             | 31                  |                                                                                                        |
|                  | B8              | 832.8             | 106                 | 932.9             | 106                 |                                                                                                        |
| 20               | B5              | 704.1             | 15                  | 703.8             | 16                  | Sniega/ledus/ mākoņu noteikšana vai veģetācijas mitruma stresa novērtēšana                             |
|                  | B6              | 740.5             | 15                  | 739.1             | 15                  |                                                                                                        |
|                  | B7              | 782.8             | 20                  | 779.7             | 20                  |                                                                                                        |
|                  | B8a             | 864.7             | 21                  | 864.0             | 22                  |                                                                                                        |
|                  | B11             | 1613.7            | 91                  | 1610.4            | 94                  |                                                                                                        |
|                  | B12             | 2202.4            | 175                 | 2185.7            | 185                 |                                                                                                        |
| 60               | B1              | 442.7             | 21                  | 442.2             | 21                  | Mākoņu un atmosfēras novērojumiem                                                                      |
|                  | B9              | 945.1             | 20                  | 943.2             | 21                  |                                                                                                        |
|                  | B10             | 1373.5            | 31                  | 1376.9            | 30                  |                                                                                                        |

(Avots: pētnieku veidota no SENTINEL joslu apraksta)

2. tabulā norādīti daži piemēri satelītainu joslu kombinācijām. Satelītainu iegūšana un dažādo joslu apvienošana ir pietiekami vienkārša, lai lietotājs pats varētu sastādīt savu joslu kombinācijas, attiecīgi nepieciešamajam mērķim.

2. tabula

**Tālizpētes programmas SENTINEL-2 joslu kombinācijas**

| <b>SENTINEL-2<br/>joslu kombinācijas<br/>attēlojums</b>                             | <b>SENTINEL-2 joslu kombinācijas apraksts</b>                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Dabiskās krāsas (B4, B3, B2) (sarkana, zaļa, zila)<br>Dabisko krāsu joslu kombinācija. Veselīga veģetācija ir zaļa, pilsētas iezīmes bieži parādās baltas un pelēkas, un ūdens ir tumši zilā nokrāsā, atkarībā no tā, cik tas ir tīrs.                                              |
|   | Dabiskās krāsas (B4, B3, B2) ar Infrasarkanā krāsu (B8)<br>Dabisko krāsu joslu kombinācijā ar infrasarkanā krāsu joslu veiksmīgi lietojams teritorijas skatīšanai un analīzei. Šāda kombinācija tiek sastādīta arī automātiski un tiek apzīmēta ar apzīmējumu RGBI                  |
|  | Infrasarkanā krāsa (B8, B4, B3)<br>Šī joslu kombinācija ir paredzēta, lai attēlotu veselīgu un neveselīgu veģetāciju. Izmantojot gandrīz infrasarkanā (B8) joslu, tas īpaši labi atspoguļo hlorofilu. Šajā attēlā blīvāka veģetācija ir sarkana, bet pilsētu teritorijas ir baltas. |
|  | Īsviļņu infrasarkanais (B12, B8A, B4)<br>Šī joslu kombinācija parāda veģetāciju dažādos zaļos toņos. Kopumā tumšāki zaļie toņi norāda uz blīvāku veģetāciju. Bet brūns norāda uz augsni un apdzīvotām vietām.                                                                       |
|  | Lauksaimniecība (B11, B8, B2)<br>To galvenokārt izmanto, lai uzraudzītu kultūru veselību, jo tā izmanto īsviļņus un tuvu infrasarkanā staru. Šīs joslas īpaši labi izceļ blīvu veģetāciju, kas parādās kā tumši zaļa.                                                               |

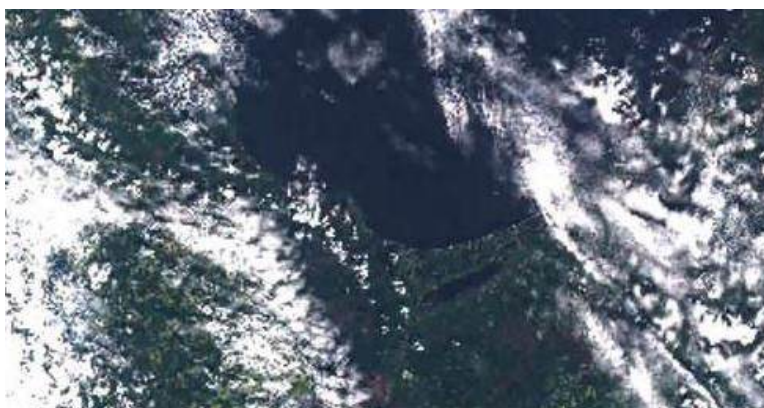
(Avots: pētnieku veidota no SENTINEL-2 datiem)

Viens no satelītainu pielietošanas traucējošajiem faktoriem ir mākoņainums, kas satelītainās var parādīties virs attiecīgās pētāmās teritorijas pat ilgāku laika posmu (5. attēls).

Tā kā satelītainu kvalitāti būtiski ietekmē dažādi ārēji faktori, tad veicot satelītainu apstrādi, nepieciešams izvēlēties kvalitatīvākās satelītainas. To iespējams izdarīt izvēloties satelītainas no satelīta, kas bijis darba kārtībā. Satelītainu kvalitāti ietekmē sekojoši faktori:

- mākoņu pārklājums (10 – 100%);
- diennakts stundas izvēle;
- gadalaika izvēle u.c.

Atlasot satelītainas tālākai apstrādei, būtiska nozīme ir mākoņu pārklājumam. Jāizvēlas pēc iespējas mazāks mākoņu pārklājums – 10%, lai satelītainā būtu izteikti redzama zemes virsma. Kā diennakts stunda jāizvēlas diena, lai būtu skaidri pārredzama satelītaina.



5.att. **Satelītattēla fragments ar mākoņainumu**  
(Avots: SENTINEL-2 satelītattēls).

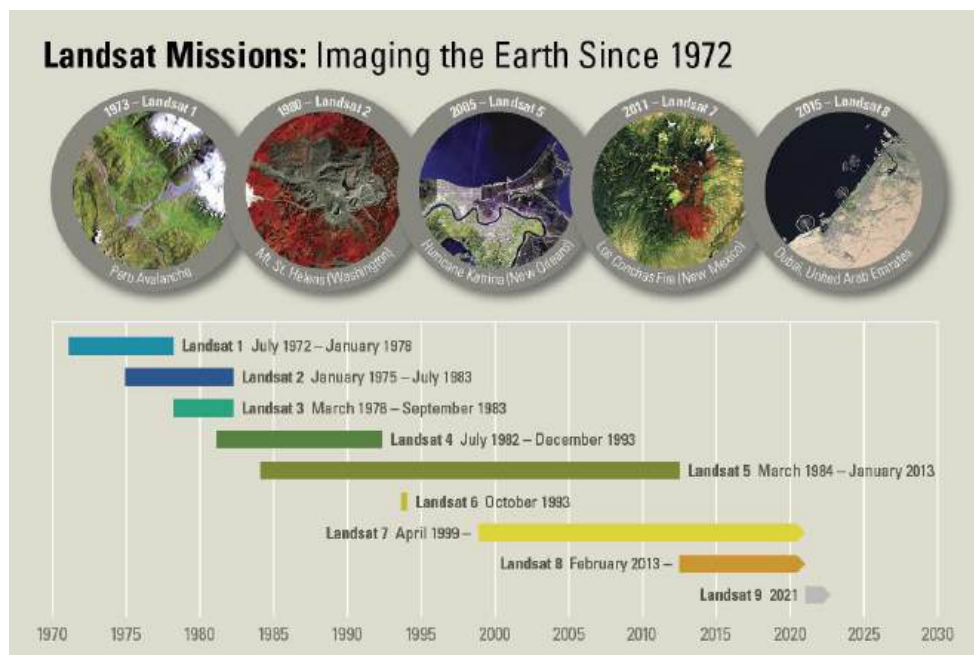
5. attēlā parādītais satelītainu izmantošanas ietekmējošais faktors – mākoņainums ir viens no galvenajiem faktoriem, kas liedz iegūt aktuālākos datus par attiecīgo pētāmo objektu.

#### *Tālīzpētes programma Landsat*

Viena no tālīzpētes metodēm, izmantojot satelītainas, ir Landsat programma. Programma Landsat savu darbību aizsāka 1970. gadā (Schowengerdt, 2007). Kopš 1970. gada tālīzpētes programmā Landsat regulāri tiek veidotas satelītainas, kas ļauj salīdzināt ainas pa gadiem un ļauj pētīt atšķirības laika gaitā, kas notiek uz Zemes. Tālīzpētes programma Landsat tika uzsākta Amerikas Savienotajās Valstīs. Tās galvenais mērķis ir veidot Zemes uzņēmumu – satelītainu krājumu, patstāvīgi iegūt datus, lai tie būtu izmantojami zinātnē, novērojot Zemes virsmas un vides pārmaiņas. Sākotnēji

programmas pamatā bija doma izpētīt mēnesi, taču līdz ar to tika izdarītas arī satelītainas, kas vērstas uz Zemi.

Pirmsākumos tālīzpēte tika veikta no lidmašīnai piekonstruētiem tālīzpētes instrumentiem, taču, sākot no 1970. gada, Nacionālā Aeronautikas un Kosmosa pārvalde atļāva būvēt satelītu. Landsat 1 satelīta būvniecība tika veikta divu gadu laikā, kas turpmāk iezīmēja jaunu ēru tālīzpētē no kosmosa (6. attēls).



6.att. Tālīzpētes programmas Landsat satelītu attīstība  
(Avots: Landsat Satellite Missions [b.g.] )

Šobrīd aktīvi ir satelīti Landsat 7 un Landsat 8, kā arī tiek plānota Landsat 9 darbības uzsākšana.

Satelīts Landsat 7 savu misiju uzsāka 1999. gada 15. aprīlī. Šis satelīts ir aprīkots ar modernākajām tālīzpētes ierīcēm: panhromatisko joslu ar 15m telpisko izšķirtspēju, borta 5% absolūto radiometrisko kalibrēšanu, termisko IR kanālu ar 60m telpisko izšķirtspēju un borta datu reģistratoru. Landsat 7 ir precīzākais Zemes novērošanas satelīts. Precizitātes ziņā tā mērījumi ir salīdzināmi ar mērījumiem, kuri tiek veikti uz zemes. Satelīta uztveršanas sensori tiek raksturoti kā visstabilākās un atbilstošākās ierīces kādas jebkad ievietotas orbītā Zemes novērošanai (Paul R.Baumann).

Satelīts Landsat 8 jeb LDCM (Landsat Datu Nepārtrauktības Misija) tika palaists orbītā 2013. gada 11. februārī. Satelītam ir 15m līdz 100m izšķirtspēja, kura atkarīga no

spektrālās frekvences. Tas sastāv no diviem sensoriem. Plānots, ka LDCM nodrošinās datu nepārtrauktību 36 gadus. Papildu zemes izmantošanas noteikšanai un kartēšanai, katastrofu konstatēšanai, LDCM mērījumi kalpo klimata pārmaiņu, ekosistēmas, oglekļa cikla, ūdens virsmas pārmaiņu noteikšanai (Landsat Satellite Missions [b.g.]).

Satelīts Landsat 9. Kosmosa kuģis Landsat 9 un instrumenti tika izstrādāti, un palaisti kosmosā 2021. gada 27. septembrī. Pēc palaišanas Landsat 9 pārvietosies pašreizējā Landsat 7 orbītā, kuram ir pietiekami daudz degvielas, lai darbotos līdz 2021. gada beigām, un pēc tam tā darbība tiks pārtraukta. Landsat 9 ik pēc 16 dienām attēlos Zemi ar 8 dienu nobīdē no Landsat 8. Landsat 9 apkopos 750 ainas dienā, un, izmantojot Landsat 8, abi satelīti Landsat arhīvam pievienos gandrīz 1500 jaunas ainas dienā. Landsat 9 ir 9 spektrālās joslas. (6. attēls) (Landsat 9 [b.g.]), (Masek et.al., 2020).

Mūsdienās tālīzpētei no kosmosa ir būtiska nozīme. Ar tālīzpētes programmas Landsat satelītu palīdzību jau no 1972. gada tiek uzkrāti dati par Zemes virsmas izmaiņām un citiem cilvēcei nozīmīgiem procesiem.

Izpētot un analizējot zinātnisko literatūru par tālīzpētes programmas Landsat datu pielietošanu, to var iedalīt sekojošās jomās:

- mežu apjoma izmaiņu noteikšana (Rendenieks et al., 2020), (Senf et.al, 2020);
- dažādu lauksaimniecības zemju izmaiņu noteikšana (Pax-Lenney, Woodcock, 1997), (Xie et al., 2019);
- pilsētvides izmaiņu noteikšana (Wellmann et al. (a), 2020), (Lu, Coops, Hermosilla, 2017);
- mežu ugunsgrēku platību noteikšana (Bar, Parida, Pandey, 2020), (Fernandez-Manso, Quintano, Roberts, 2016);
- dažādu dabas izraisītu katastrofu noteikšana (plūdi, zemes nogrūvumi, vulkāna izvirdums, viesuļvētras postījumi u.c.) (DeVries et al., 2020), (Mwaniki et al., 2017), (Gray, Burton-Johnson, Fretwell, 2019), (Feng, Negrón-Juárez, Chambers, 2020);
- savvaļas biotopu novērošana (Brum-Bastos et.al, 2020)
- Antarktikas ledus kustības un ģeoloģiskā stāvokļa izpēte (Dirscherl et al., 2020), (Pour et al., 2019);
- jūru un okeānu temperatūru un viļņu augstumu mērījumi (Fu et al., 2020), (Kubryakov, Kudryavtsev, Stanichny, 2021) u.c.

Analizējot satelītainas iespējams veidot dažādas kartes, piemēram, augšņu kartes, plūdu skarto teritoriju kartes, urbanizēto teritoriju kartes u.c.

Lai no Landsat satelītiem uzkrāto informāciju varētu izmantot, uz Zemes ir izveidotas 6 bāzes stacijas. Ar augstas radioviļņu frekvences palīdzību bāzes stacijas saņem datus no satelītiem (7. attēls).



7.att. Tālizpētes programmas Landsat bāzes staciju izvietojums uz Zemes  
(Avots: Landsat projekta apraksts.,[b.g.]).

7.attēlā redzamas visas aktīvās tālizpētes programmas Landsat bāzes staciju atrašanās vietas uz Zemes. Uz Zemes atrodas 6 bāzes stacijas:

1. Sūfolsa, Dienviddakotā. LGS atbalsta gan Landsat 7, gan Landsat 8 misijas.
2. Svalbāra, Norvēģija. SGS atbalsta gan Landsat 7, gan Landsat 8 misijas.
3. Alise Springs, Austrālija. ASN atbalsta gan Landsat 7, gan Landsat 8 misijas.
4. Ziemeļpols, Aļaska. NPA atbalsta Landsat 7 misiju.
5. Neustrelitz, Vācija. NSN atbalsta Landsat 8 misiju.
6. Fērbenksa, Aļaska. GLC atbalsta Landsat 8 misiju.

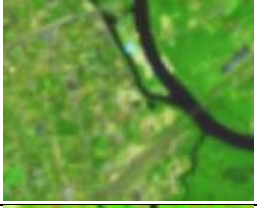
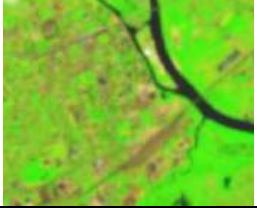
Redzami loki ap bāzes stacijām parāda aptuveno platību, kurā stacija spēj uztvert informāciju no satelīta. Landsat satelīti Zemi pilnībā apriņķo ik pēc 16 dienām, orbītā pavada 22 minūtes, 24 stundās noriņķo 15 orbītas. Satelītainas tiek uzņemtas neatkarīgi no laika apstākļiem vai citiem faktoriem (Ģeoloģijas dienesta un..., [b.g]).

Veicot Landsat ainu apstrādāšanu, joslas tiek apvienotas. Datora ekrānā iespējams attēlot jebkuru krāsu no trīs pamatkrāsām: sarkanās, zaļās un zilās. Tādējādi vienlaikus iespējams attēlot trīs satelītattēla joslas (3. tabula).

Ar sensoru tiek reģistrēta atstarotā enerģija, ja enerģija tiek atstarota vairāk, tad satelītaina ir gaišāka, ja enerģija atstarota mazāk, satelītaina ir tumšāka. 3. tabulā redzami biežāk izmantotie satelītainu joslu kombināciju piemēri. Šajā gadījumā Landsat joslu kombināciju attēlojumam ņemta Latvijas teritorija, Jelgavas pilsēta. 3. tabulā norādīti tikai daži piemēri satelītainu joslu kombinācijām. Landsat satelītainu iegūšanas vietas ir pietiekami interaktīva, lai lietotājs pats varētu sastādīt savu joslu kombināciju attiecīgi nepieciešamajam mērķim.

3. tabula

**Tālizpētes programmas Landsat 8 joslu kombinācijas**

| <b>Landsat joslu kombinācijas attēlojums</b>                                        | <b>Landsat 8 joslu kombinācijas apraksts</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | 4,3,2 sarkana, zaļa, zila (dabiskās krāsas)<br>Šīs krāsu kombinācijas ir tuvu tādām, ko iegūst no Landsat satelītainām. Piemērotas, lai analizētu ūdens biotopus. Jāmin, ka šai kombinācijai mēdz būt neskaidrs attēls.                                                                                                            |
|  | 5,4,3 tuvu infrasarkanā, sarkana, zaļa (Infrasarkanā krāsa (veģetācija))<br>Līdzīgas īpašības, kā joslu kombinācijai 4,3,2, tomēr tajā ir iekļauta 5 infrasarkanā josla, tāpēc zemes un ūdens robežas ir izteiktākas, un var redzēt dažāda veida veģetāciju. Veģetācija attēlojas sarkanā krāsā, ūdens melnā vai tumši zilā krāsā. |
|  | 7,6,4 vidēji-infrasarkanā, vidēji-infrasarkanā, sarkana<br>Šajā kombinācijā veģetācija ir redzama zaļos toņos. Tumšāki zaļie toņi norāda uz blīvāku veģetāciju, retai veģetācijai ir gaišāki toņi. Pilsētu teritorijas ir zilas, un augsnei ir dažādi brūni toņi.                                                                  |
|  | 6,5,2 vidēji-infrasarkanā, tuvu infrasarkanai, zila<br>Šo kombināciju parasti izmanto kultūraugu uzraudzībai, jo tiek izmantoti īsviļņi un tuvu infrasarkanie. Veselīga veģetācija šķiet tumši zaļa. Bet tukšai zemei ir purpursarkana nokrāsa.                                                                                    |

(Avots: pētnieku veidota pēc Landsat joslu kombināciju apraksta.)

Tā kā šī darba ietvaros tika pētītas 2 brīvi pieejamas satelītu sistēmas – Copernicus SENTINEL un Landsat, tad uzskatāmākai šo satelītsistēmu salīdzināšanai izveidota 4. tabula, kurā redzams Landsat 8 un SENTINEL 2 galveno parametru salīdzinājums.

**Landsat 8 un SENTINEL-2 salīdzinājums**

|                        | <b>SENTINEL-2</b>          | <b>Landsat 8</b>           |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Izšķirtspēja           | 10 – 60 m                  | 15-100 m                   |
| RGB joslu izšķirtspēja | 10 m                       | 30 m                       |
| Datu ieguves biežums   | 5 dienas                   | 16 dienas                  |
| Orbītas augstums       | 786 km                     | 705 km                     |
| Satelītainas lielums   | 100 x 100 km               | 185 x 180 km               |
| Datu pieejamība        | Brīvi pieejami, bez maksas | Brīvi pieejami, bez maksas |

(Avots: pētnieku veidota)

Kā redzams 4. tabulā, tad šo abi – SENTINEL-2 un Landsat 8 satelītsistēmu dati ir pieejami kā atvērtie dati un bez maksas. Kā redzams, tad SENTINEL-2 RGB (krāsainā spektra – sarkana, zaļa, zila (dabiskās krāsas)) joslu izšķirtspēja ir 10m, bet Landsat 8 tā ir 30m. Vēl viens būtiskais faktors ir arī datu ieguves – satelītainu uzņemšanas biežums, kas salīdzinoši SENTINEL-2 satelītsistēmai ir 5 dienas, bet Landsat 8 tās ir 16 dienas.

Lauka aprakstu veidošanai tika izmantoti šādi resursi:

- ## 1.Lauka apraksts

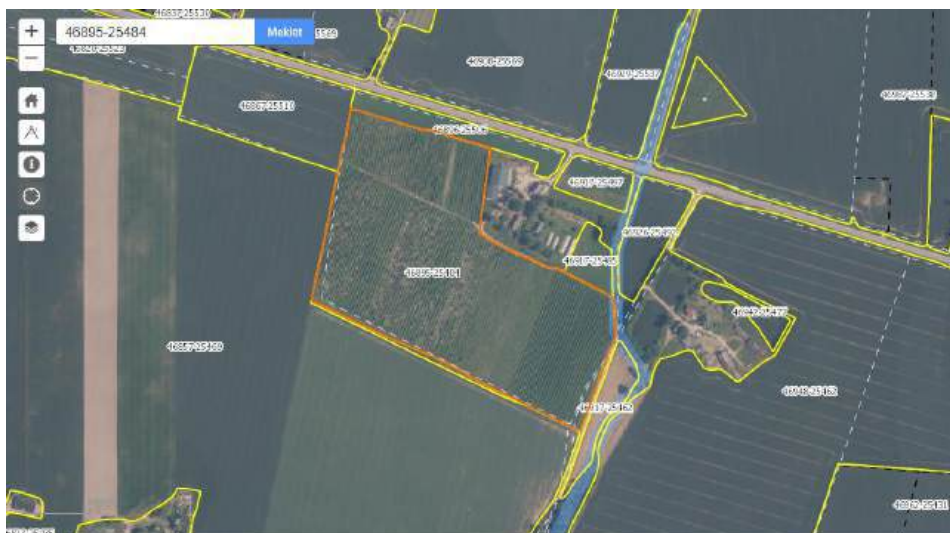
*Saimniecība: ZS Akmentiņi*

*Adrese: Vilces pagasts, Jelgava novads*

*Lauka bloka numurs: 46895-25484*

Lauka bloka platība: 12 ha

*Kultūra:* ābeles, bumbieres, plūmes, avenes



### 8.att. Lauka bloku karte

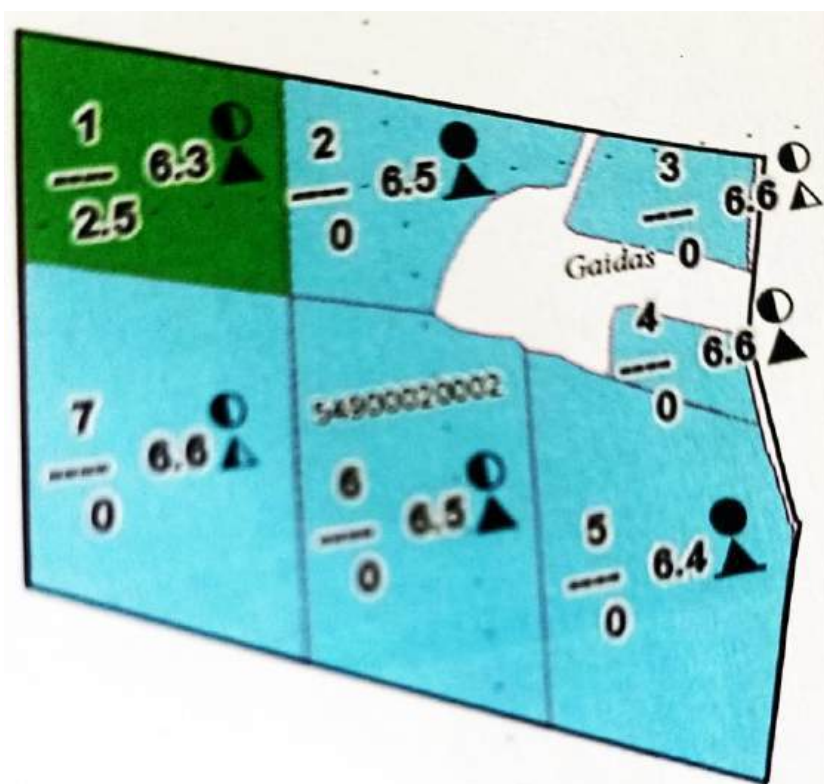
*Reljefs:*

Lauks atrodas Zemgales līdzenumā. Laukam ir līdzens reljefs, ar nelielām ieplakām un pacēlumiem. Lauka augstākā daļa ir 35 m virs jūras līmeņa, lauka lejasdaļa 30 m virs jūras līmeņa. Zemākā ir lauka austrumu mala, kur nogāzes slīpums ir 1-2%, lauka vidusdaļa un rietumu daļa ir praktiski līdzena. Reljefs nerada augsnes erozijas risku.

*Augsne:*

Laukā ir velēnu karbonātaugsne. Pēc mehāniskā sastāva viegls– vidējs smilšmāls. Mīruma apstākļi normāli, lauks ir meliorēts.

Augšņu agroķīmiskā izpēte veikta 2012. gadā. Veicot izpēti lauki sadalīts 7 nogabalos (9. attēls). Augļu dārz atrodas 1.-2. un 5.-7. nogabalos. Visos nogabalos ir velēnu karbonātu glejota smilšmāla augsne, augsnes reakcija ir vāji skāba vai neitrāla pH 6.3-6.6. Fosfora nodrošinājums vērtēts kā vidējs 1., 6. un 7. nogabalā (180-230 mg/kg), kā augsts 2. un 5. nogabalā (265-305 mg/kg). Kālija nodrošinājums ir ļoti augsts 2. un 5. nogabalā (360-450 mg/kg), augsts 1. un 6. nogabalā (280-300 mg/kg) un vidējs 7. nogabalā (226 mg/kg). Organiskās vielas saturs 2.3-2.7%. Kopumā augsnes agroķīmiskās iekultivēšanas pakāpe vērtēta kā augsta.



9. att. Augšņu agroķīmiskā karte

#### *Lauka izmantošana:*

Dārzs ir sadalīts kvartālos (10. attēls) atbilstoši kultūrām, kvartāla lielums 0.5-5 ha.

1. kvartāls stādīts 2004. gadā, šajā kvartālā ir ābeles (puspunduri)– attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 3 m. Rindu novietojums tuvu dienvidu–ziemeļu

virzienam. Šķirnes: `Alva`, `Antejs`, `Belorusskoje Maļinovoje`, `Auksis`, `Zarja Alatau`, `Agra`, `Konfetnoje` un nelielā daudzumā citas šķirnes.

2. kvartāls stādīts 2006. un 2010. gadā, šajā kvartālā ir bumbieres— attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 3 m. Rindu novietojums tuvu dienvidu—ziemeļu virzienam. Šķirnes: `Suvenīrs`, `Belorusskoje Pozdņeje`, `Pepi` un citas. Atsevišķi koki ir gājuši bojā (iemesls ir bijusi koku slimība) un to vietā ir stādīti jauni koki.

3. kvartāls stādīts 2006. un 2012.. gadā, šajā kvartālā ir bumbieres— attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 3 m. Rindu novietojums tuvu dienvidu—ziemeļu virzienam. Šķirnes: `Suvenīrs`, `Belorusskoje Pozdņeje`, `Mramornaja` un citas. Vietām koki ir gājuši bojā vai izzāgēti (iemesls ir bijusi koku slimība).

4. kvartāls stādīts 2021. gadā, šajā kvartālā ir plūmes— attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 3 m. Rindu novietojums tuvu dienvidu—ziemeļu virzienam. Šķirnes:..

5. kvartāls stādīts 2021. gadā, šajā kvartālā ir avenes— attālums starp rindām 3 m, attālums starp stādiem rindā 0,5 m, bet turpmākos gados veidojas vienlaidus sleja. Rindu novietojums tuvu dienvidu—ziemeļu virzienam. Šķirnes: `Polana`, un nedaudz citas šķirnes.



10.att. Dārza sadalījums kvartālos

6. kvartāls stādīts 2015. gadā, šajā kvartālā ir ābeles (punduri)– attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 2 m. Rindu novietojums ir tuvu dienvidu– ziemeļu virzienam. Šķirnes: `Auksis`, `Zarja Alatau`, `Aļesje`. Šī ir zemākā dārza daļa, aiz dārza robežas ir novadgrāvis un 1-2 m zemāka ieplaka.

Visos kvartālos rindstarpās tiek audzēts zālājs, kuru regulāri pļauj vairākas reizes sezonā. Kokiem ir veidota balstu sistēma– atsevišķām rindām 1. kvartālā špalieras ar 3-4 stieplēm, visām rindām 6. kvartālā ir balstu sistēma ar betona stabiem, vienu stiepli 2 m augstumā un bambusa mietiņu katram kokam.

Ābelēm 6. kvartālā tiek veidots slaidās vārpstas tipa vainags– kokiem ir piramidāla forma, taču ņemot vērā galotnes īsināšanas ietekmi (koku vēlamais augstums 2.5-3.5m), vainagam biežāk veidojas nošķelta konusa forma. Koku zari vainaga apakšdaļā pārklājas ar blakus esošajiem kokiem (visi kopšanas darbi paredzēti veikt vispirms no vienas puses un tad no otras puses), līdz ar to ir grūti nodalīt atsevišķa koka vainagu.

Puspunduru ābelēm un bumbierēm tiek veidots kombinētais vainags, koku augstums ap 2.5-3.5 m. Vainagiem ir nošķelta konusa forma, blakus esošo koku vainagi pamatdaļā var saskarties, bet ir skaidrāk nodalāmi vainagi nekā pundurkokiem.

Vizuāli vērtējot, katrā kvartālā ir redzamas atšķirības koku augumā. Atsevišķos gadījumos to ietekmē šķirnes īpatnības, bet ir atšķirības arī vienas šķirnes kokiem.

Projekta ietvaros ir lietderīgi vērtēt 1. un 2. kvartālu, jo šajos kvartālos koku vecums ir lielāks par 10 gadiem un kokiem ir izveidojies pietiekami liels vainags.

## 2.Lauka apraksts

*Saimniecība:* ZS Ausekļi

*Adrese:* Blīdenes pagasts, Saldus novads

*Lauka bloka numurs:* 42134-27743

*Lauka bloka platība:* 7,8 ha

*Kultūra:* ābeles

### *Reljefs:*

Lauks atrodas Austrumkursas augstienē starp Saldus pauguraini un Lielauces pauguraini. Lauka reljefs ir lēzena paugura ziemeļaustrumu nogāze ar nelielām ieplakām

un pacēlumiem. Nogāzes slīpums ir 5-6%. Lauks atrodas 128-135 m virs jūras līmeņa. Zemākā ir lauka mala robežojas ar dīķi. Reljefs rada nelielu augsnes erozijas risku.

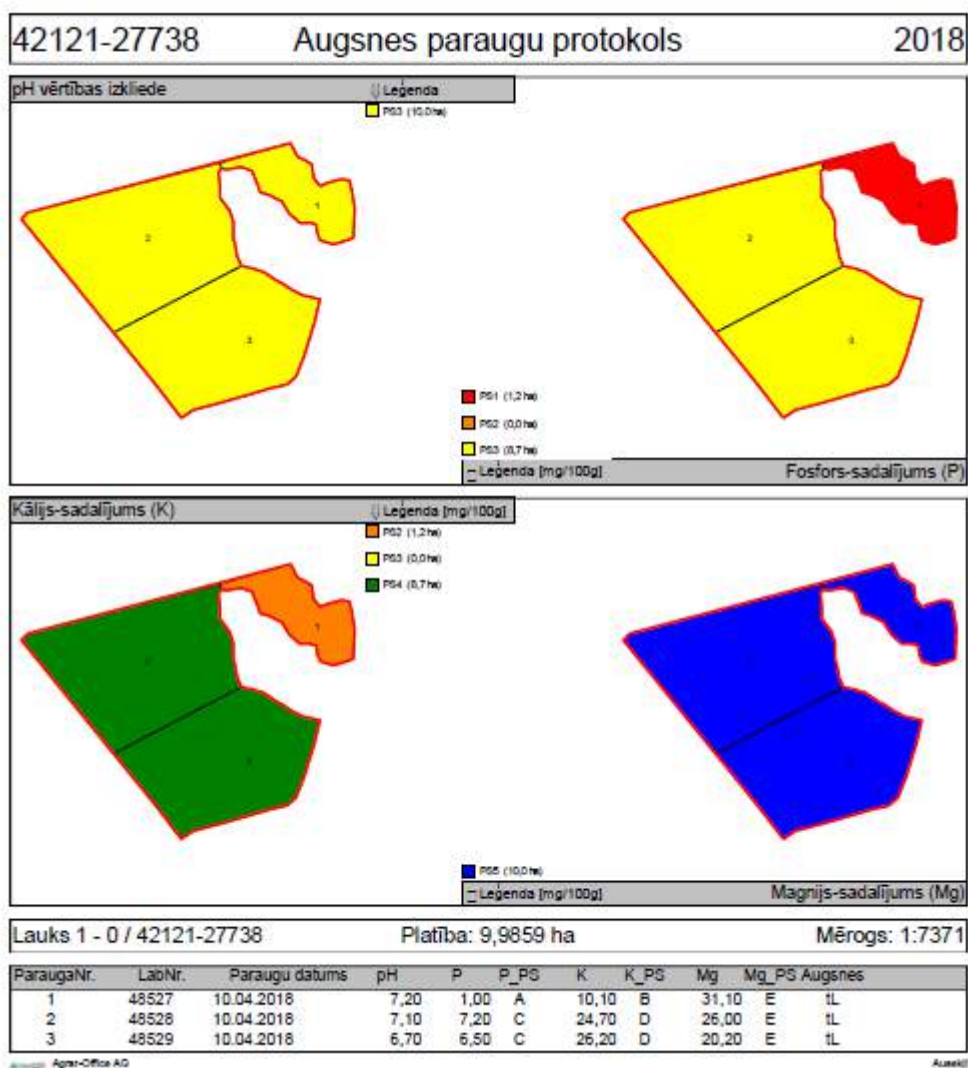


11.att. Lauka bloku karte

#### *Augsne:*

Laukā ir velēnu podzolaugsne. Pēc mehāniskā sastāva vidējs māls. Miruma apstākļi normāli, lauks ir meliorēts.

Augšņu agroķīmiskā izpēte veikta 2018. gadā. Veicot izpēti lauks sadalīts 2 nogabalos (12. attēls). Augšņu analīzes veiktas AGROLAB Agrarzentrum GmbH laboratorijā un tur izmantotā metodika nav tieši salīdzināma ar Latvijā tradicionāli pielietoto metodiku, tāpēc var salīdzināt tikai laboratorijas sniegto vērtējumu par barības elementu nodrošinājuma līmeni. Abos nogabalos barības elementu nodrošinājums ir līdzīgs— fosfora nodrošinājums vērtēts kā optimāls, kālija nodrošinājums augsts, magnijs ļoti augsts, bors optimāls, varš optimāls, mangāns ļoti, augsnes reakcija tuvu neitrālai pH 6.5-7.2.



12. att. Augšņu agroķīmiskā karte

#### Lauka izmantošana:

Dārzs ir sadalīts kvartālos (13. attēls) lai atvieglotu kopšanas darbu organizāciju, kvartāla lielums 0.8-1.8 ha.

1. kvartāls stādīts 2005. gadā, šajā kvartālā ir ābeles (puspunduri)– attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 3 m. Rindu novietojums tuvu dienvidu–ziemeļu virzienam. Šķirnes: `Zarja Alatau`, `Belorusskoje Maļinovoje`, `Kovaļenkovskoje`, `Auksis`, `Antejs` un nelielā daudzumā citas šķirnes. Kvartāla vidusdaļā ir 7 rindas, kas stādītas 2015. gadā.

2. kvartāls stādīts 2006. gadā, ābeles (puspunduri)– attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 3 m. Rindu novietojums tuvu dienvidu–ziemeļu virzienam. Šķirnes: `Antejs`, `Auksis`, `Dace` un citas.

3. kvartāls stādīts 2005. gadā, ābeles (puspunduri)– `Zarja Alatau`, `Belorusskoje Maļinovoje`, `Kovaļenkovskoje`, `Auksis`, `Antejs` un nelielā daudzumā citas šķirnes.

4. kvartāls stādīts 2006. gadā, ābeles (puspunduri)– `Antejs`, `Auksis`, `Dace` un citas.

5. kvartāls stādīts 2005. gadā, ābeles (puspunduri)– `Zarja Alatau`, `Belorusskoje Maļinovoje`, `Kovaļenkovskoje`, `Auksis`, `Antejs` un nelielā daudzumā citas šķirnes.



13. att. Dārza sadalījums kvartālos

6. kvartāls stādīts 2006. gadā, ābeles (puspunduri)– `Antejs`, `Auksis`, `Dace` un citas.

Visos kvartālos rindstarpās tiek audzēts zālājs, kuru regulāri pļauj vairākas reizes sezonā. Kokiem ir veidota balstu sistēma– atsevišķi koka stabi katram kokam.

Puspunduru ābelēm tiek veidots kombinētais vainags, koku augstums ap 2.5-3.5 m. Vainagiem ir nošķelta konusa forma, blakus esošo koku vainagi pamatdaļā var saskarties.

Vizuāli vērtējot, katrā kvartālā ir redzamas atšķirības koku augumā. Atsevišķos gadījumos to ietekmē šķirnes īpatnības, bet ir atšķirības arī vienas šķirnes kokiem.

Projekta ietvaros var vērtēt visu dārzu kopumā, bet galveno uzmanību pievērst 1. un 3. kvartālam, kur koku vecums ir lielāks par 10 gadiem un kokiem ir izveidojies pietiekami liels vainags.

### 3. Lauka apraksts

*Saimniecība:* ZS Lapenieki

*Adrese:* Jaunlutriņu pagasts, Saldus novads

*Lauka bloka numurs:* 39899-29895

*Lauka bloka platība:* 2,8 ha

*Kultūra:* ābeles



14.att. Lauka bloku karte

*Reljefs:*

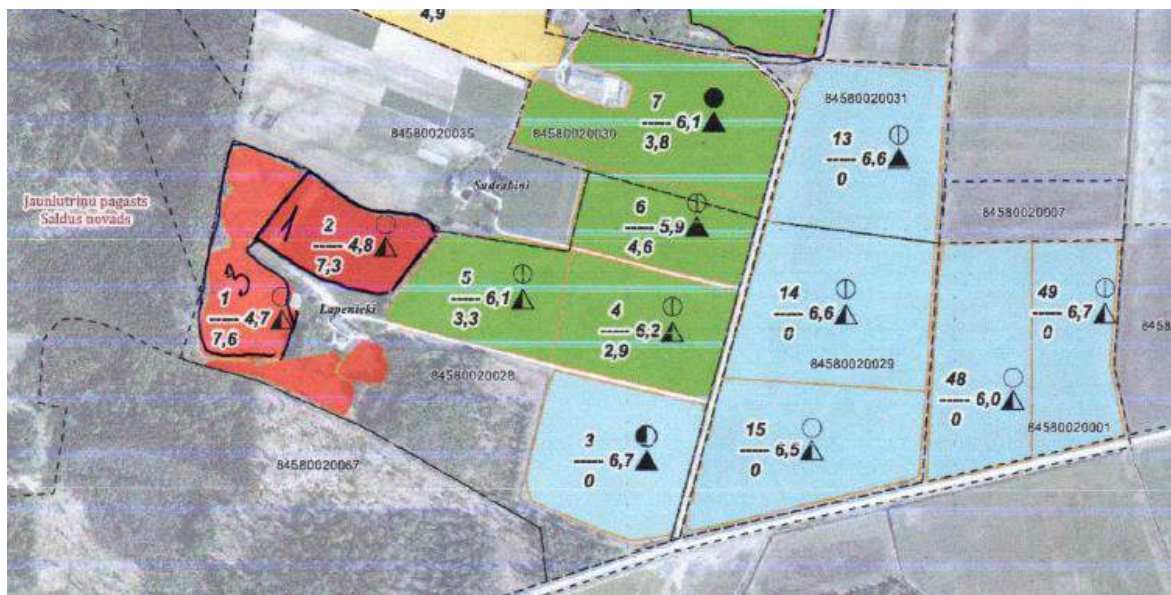
Lauks atrodas Austrumkursas augstienē Vārmes nolaidenumā. Lauka reljefs ir praktiski līdzens ar nelielu kritumu rietumu virzienā. Nogāzes slīpums ir ap 1%. Lauks

atrodas 91-92 m virs jūras līmeņa. Reljefs nerada augsnes erozijas risku. Ārpus lauka austrumu pusē 400-500 m attālumā ir 4-5 m zemāka ieplaka.

#### *Augsne:*

Laukā ir velēnu podzolaugsne. Pēc mehāniskā sastāva mālsmilts. Miruma apstākļi normāli, lauks nav meliorēts.

Augšņu agroķīmiskā izpēte veikta 2018. gadā. Veicot izpēti lauks nav dalīts nogabalos (15. attēls lauks nr. 1). Konstatēts zems nodrošinājums ar fosforu- kustīgā fosfora saturs ir 83 mg/kg (vēlams 245-295 mg/kg), nodrošinājums ar kāliju ir vidējs- kustīgā kālija saturs ir 204 mg/kg (vēlams 255-320mg/kg). Augsnes reakcija ir stipri skāba (pH 4,8), pēc analīzēm ir veikta augsnes kaļķošana.



15. att. **Augšņu agroķīmiskā karte**

#### *Lauka izmantošana:*

Dārzs nav sadalīts kvartālos. Ābeles stādītas 2001.-2003. gadā, attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 3 m. Rindu novietojums tuvu dienvidurietumu– ziemeļaustrumu virzienā, atbilstoši lauka konfigurācijai. Šķirnes: 'Rubin', 'Belorusskoje Maļinovoje', 'Kovaļenkovskoje', 'Auksis', 'Antejs', 'Orļiks' un nelielā daudzumā citas šķirnes. Dārza rietumu daļa ir stādīta 2008. gadā.

Visos kvartālos rindstarpās tiek audzēts zālājs, kuru regulāri plauj vairākas reizes sezonā. Kokiem nav bijusi veidota pastāvīga balstu sistēma.

Puspunduru ābelēm tiek veidots kombinētai vainags, koku augstums ap 2.5-3.5 m. Vainagiem ir nošķelta konusa forma, blakus esošo koku vainagi pamatdaļā var saskarties.

Vizuāli vērtējot, katrā kvartālā ir redzamas atšķirības koku augumā. Atsevišķos gadījumos to ietekmē šķirnes īpatnības, bet ir atšķirības arī vienas šķirnes kokiem. Vietām koki ir gājuši bijā dažādu iemeslu dēļ.

Projekta ietvaros var vērtēt visu dārzu kopumā.

#### 4.Lauka apraksts

*Saimniecība:* SIA Daigone

*Adrese:* Pūres pagasts, Tukuma novads

*Lauka bloka numurs:* 43123-32241

*Lauka bloka platība:* 11 ha

*Kultūra:* ābeles, bumbieres, ķirši



16.att. Lauka bloku karte

#### *Reljefs:*

Lauks atrodas Austrumkursas augstienē, Spārnenes viļņotā līdzenuma un Abavas ielejas robežā. Daļā lauka ir līdzens reljefs, daļa atrodas paugura rietumu un ziemeļ-ziemeļrietumu nogāzēs. Lauka augstākā daļa ir 63 m virs jūras līmeņa, lauka lejasdaļa 50

m virs jūras līmeņa. Rietumpuses nogāzes slīpums ir līdz 8-10%, ziemeļu nogāzē līdz 17-20%. Nogāzēs ir nelielas ieplakas vai līdzenākas vietas. Reljefs rada augsnes erozijas risku.

#### *Augsne:*

Laukā ir velēnu podzolētā augsne. Pēc mehāniskā sastāva nogāžu vidusdaļā un augšdaļā ir māls un smags smilšmāls, lejasdaļā smags– vidējs smilšmāls. Miruma apstākļi normāli, lauks ir meliorēts. Nogāžu augšdaļā un stāvākajās vietās ir viegli erodētas augsnes pazīmes. Savukārt nogāzes ieplakās ir vērojamas bagātīgākas augsnes, kur ir ieskalotas barības vielas no augstākām vietām.

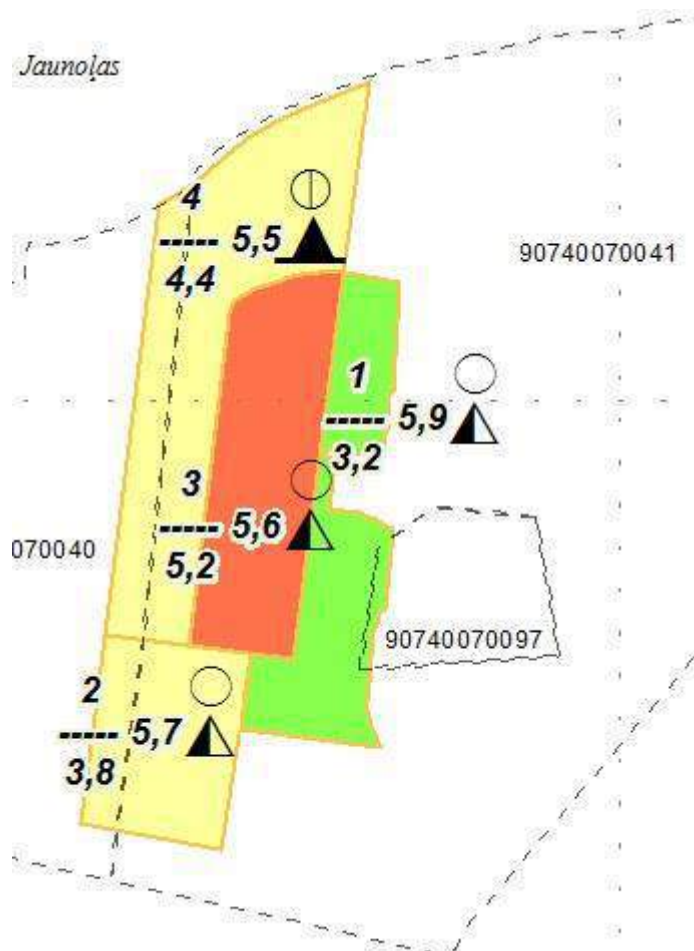
Augšņu agroķīmiskā izpēte veikta 2016. gadā. Veicot izpēti lauks sadalīts 4 nogabalos, daļēji ievērojot reljefa izmaiņas (17. attēls). 1. nogabalā ir paugura augšdaļa, daļēji rietumu un ziemeļrietumu nogāze, 2. nogabalā rietumu un ziemeļ-ziemeļrietumu nogāze, 3. un 4. nogabals ir līdzenums. Visos nogabalos fosfora nodrošinājums vērtēts kā zems 60-120 mg/kg, kālija nodrošinājums vidējs līdz augsts 170-340 mg/kg, organiskās vielas saturs 1.3-2.0%, augsnes reakcija vidēji skāba pH 5.5-5.9.

#### *Lauka izmantošana:*

Dārzs ir sadalīts kvartālos (18. attēls) atbilstoši stādīšanas laikam un kultūrām, kvartāla lielums 0.5-1 ha.

1. kvartāls stādīts 2002. un 2003. gadā, šajā kvartālā ir ābeles (punduri)– attālums starp rindām 4 m, attālums starp kokiem rindā 1.8 m. Rindu novietojums tuvu dienvidu– ziemeļu virzienam. Šķirnes: 'Belorusskoje Maļinovoje', 'Zaslavskoje', 'Kovaļenkovskoje', 'Aļesje', 'Auksis', 'Zarja Alatau', 'Merigold' un nelielā daudzumā citas šķirnes. Viena rinda koku ir pārpotēti– 2017. gadā šķirni 'Sinap Orlovskij' pārpotēja ar 'Bohēmija'. Pirmās 14.-15. rindas atrodas līdzenumā, pārējās ir rietumu nogāzē.

2. kvartāls stādīts 2003. gadā, šajā kvartālā ir ābeles (punduri)– attālums starp rindām 4 m, attālums starp kokiem rindā 1.7 m. Rindu novietojums tuvu dienvidu– ziemeļu virzienam. Šķirnes: 'Auksis', 'Merigold', 'Stars', 'Orlas Favorīts', 'Pervinka', 'Kovaļenkovskoje'. Piecas rindas koku ir pārpotētas– 2016.-2018. gadā šķirni 'Sinap Orlovskij' pārpotēja ar 'Bohēmija', 'Ligol' un 'Alva'. Pirmās 12.-14. rindas atrodas līdzenumā, pārējās ir rietumu nogāzē un rindu otrā puse arī ziemeļu nogāzē.



17. attēls **Augšņu agroķīmiskā karte**

3. kvartāls stādīts 2005. gadā, šajā kvartālā ir ābeles (punduri)– attālums starp rindām 4 m, attālums starp kokiem rindā 1.7 m. Rindu novietojums tuvu dienvidu–ziemeļu virzienam. Šķirnes: `Auksis`, `Pervinka`, `Aļesje`, `Kovaļenkovskoje`, `Merigold`, `Pirja`. Četras rindas koku ir pārpotētas– 2017.-2019. gadā šķirni `Zaslavskoje` pārpotēja ar `Aļesje`, `Monta` un `Dace`. Viss kvartāls atrodas līdzenumā.

4. kvartāls stādīts 2005. gadā, šajā kvartālā ir ķirši, bumbieres un ābeles– attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 3 m. Rindu novietojums tuvu dienvidu–ziemeļu virzienam. Šķirnes: bumbieres – `Vilma`, `Suvenīrs`, `Talismans`, `Latgale`; ķirši ir `Latvijas Zemais` un dažādi kloni. Vietām bumbieru šķirne ir gājusi bijā un aug potcelms- Kazraušu bumbiere. Trijās rindās ķirši ir stādīti jauktā stādījumā ar bumbierē, lai savstarpēji izolētu ķiršus ar mērķi samazināt ķiršu lapbīres izplatību. 2007. gadā kvartāla lejas daļā iestādīta viena rinda ābeļu (puspunduri) attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 2 m, šķirne `Auksis`. Tai pašā gadā kvartāla augšdaļā

iestādītas divas rindas ābeles – attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 3 m, dažādas šķirnes. Kvartāls atrodas rietumu nogāzē, vietām ir ieplakas vai līdzenas vietas ar auglīgāku augsni.

5. kvartāls stādīts 2006. gadā, šajā kvartālā ir ābeles (puspunduri)– attālums starp rindām 5 m, attālums starp kokiem rindā 3 m. Rindu novietojums tuvu dienvidu–ziemeļu virzienam. Šķirnes: `Kovaļenkovskoje`, `Antonovka` un nedaudz citas šķirnes. Rindu sākums atrodas rietumu nogāzē, tad seko ziemeļu nogāze un apmēram  $\frac{1}{2}$  rindas garuma ir līdzenumā. Ziemeļu nogāze ir ar atsevišķām ieplakām, stāvākajā daļā ir erozijas risks. Uz 5.un 6. kvartāla robežas ir viena rinda ar saldo ķiršu kolekciju. Ķiršu koki ir būtiski augstāki nekā blakus esošās ābeles.



18.att. Dārza sadalījums kvartālos

6. kvartāls stādīts 2015. gadā, šajā kvartālā ir ābeles (punduri)– attālums starp rindām 4 m, attālums starp kokiem rindā 1.5 m. Faktiski šajā kvartālā apvienoti trīs viena vecuma apakškvartāli. Rindu novietojums divos apakškvartālos ir tuvu dienvidu–ziemeļu virzienam un vienā apakškvartālā austrumu-rietumu virzienā. Šķirnes: `Auksis`, `Pervinka`, `Zarja Alatau`, `Aļesje`, `Bohēmija`, `Belorusskoje Sladkoje`. Viens apakškvartāls atrodas līdzenumā, viens rietumu nogāzē un viens pagura augšdaļā.

7. kvartāls stādīts 2015. gadā, šajā kvartālā ir ābeles (punduri)– attālums starp rindām 4 m, attālums starp kokiem rindā 1.5 m. Rindu novietojums ir tuvu dienvidu–ziemeļu virzienam. Šķirnes: `Auksis`, `Aļesje` un `Zarja Alatau`. Rindu sākums atrodas pagura augšdaļā, apmēram  $\frac{1}{2}$  rindu garuma ir ziemeļu nogāzē.

Praktiski visos kvartālos rindstarpās tiek audzēts zālājs, kuru regulāri pļauj vairākas reizes sezonā. Pundurkokiem ir veidota balstu sistēma– 1. un 2. kvartālā špalieras ar 3-4 stieplēm, 3. kvartālā spalieras vai balstu sistēma ar vienu stiepli 2 m augstumā un bambusa mietiņu katram kokam, 6. un 7. kvartālā ir balstu sistēma ar betona stabiem, vienu stiepli 2 m augstumā un bambusa mietiņu katram kokam. Puspunduri, bumbieres un ķirši tiek audzēti bez balstu sistēmas. Jāatzīmē, ka valdošo rietumu vēju ietekmē koki liecas austrumu virzienā, sevišķi izteikts tas ir 5. kvartālā nogāzes augšdaļā, kur ir mazāks blakus rindu aizvējš.

Pundurkokiem tiek veidots slaidās vārpstas tipa vainags– kokiem ir piramidāla forma, taču ņemot vērā galotnes īsināšanas ietekmi (koku vēlamais augstums 2.2-2.5m), vainagam biežāk veidojas nošķelta konusa forma. Koku zari vainaga apakšdaļā pārklājas ar blakus esošajiem kokiem (visi kopšanas darbi paredzēti veikt vispirms no vienas puses un tad no otras puses), līdz ar to ir grūti nodalīt atsevišķa koka vainagu.

Puspunduriem tiek veidots kombinētai vainags, koku augstums ap 2.5-3 m. Vainagiem ir nošķelta konusa forma, blakus esošo koku vainagi pamatdaļā var saskarties, bet ir skaidrāk nodalāmi vainagi nekā pundurkokiem.

Skābajiem ķiršiem ir krūmveida vainagi ir apaļu formu. Bumbierēm ir klasiskie vainagi, koku augstums 3-4 m.

Vizuāli vērtējot, katrā kvartālā ir redzamas atšķirības koku augumā. Atsevišķos gadījumos to ietekmē šķirnes īpatnības, piemēr 2. kvartālā būtiski spēcīgāk augs šķirne `Stars` un skrajāki vainagi ir šķirnei `Orlas Favorīts`, bet ir atšķirības arī vienas šķirnes kokiem.

Projekta ietvaros ir lietderīgi vērtēt 1., 2., 3., 4., un 5. kvartālu, jo šajos kvartālos koku vecums ir lielāks par 10 gadiem un kokiem ir izveidojies pietiekami liels vainags. Vienlaikus, lai pārbaudītu tehnoloģiskās iespējas, mērījumus var veikt arī blakus esošā 7. kvartā, kur koku vecums ir 4 gadi. Tas ļaus novērtēt vai ir iespējama jauna dārza vērtēšana.

## AUGŠŅU SASTĀVA NOTEIKŠANA AUGĻU DĀRZU TERITORIJĀS

Projekta ietvaros tika veikta augļu dārzu teritoriju apsekošana četrās saimniecībās:

- Jelgavas novada Vilces pagasta z.s. „Akmentiņi”;
- Brocēnu novada Blīdenes pagasta z.s. „Ausekļi”;
- Saldus novada Jaunlutriņu pagasta z.s. „Lapenieki”;
- Tukuma novada Pūres pagasta SIA „Daigone”.

Viens no uzdevumiem bija noskaidrot šajās saimniecībās izveidoto augļu dārzu izvietojumu un noteikt augšņu sastāvu augļu dārzu teritorijās. Tādēļ tika veikti šādi darbu veidi:

- augļu dārzu apsekošana,
- ar zondi 80 cm dziļumā tika paņemti augsnes paraugi (19.attēls);
- ar GPS tika fiksētas koordinātas paraugu ņemšanas vietām;
- tika veikta iegūto augsnes paraugu fotofiksācija (20.attēls);
- tika sagatavotas augsnes paraugu uztriepes uz lapām (21.attēls).



19.att. Zondes ievadišana augsnē



20.att. Augšnes horizontu noteikšana ar mērlentu

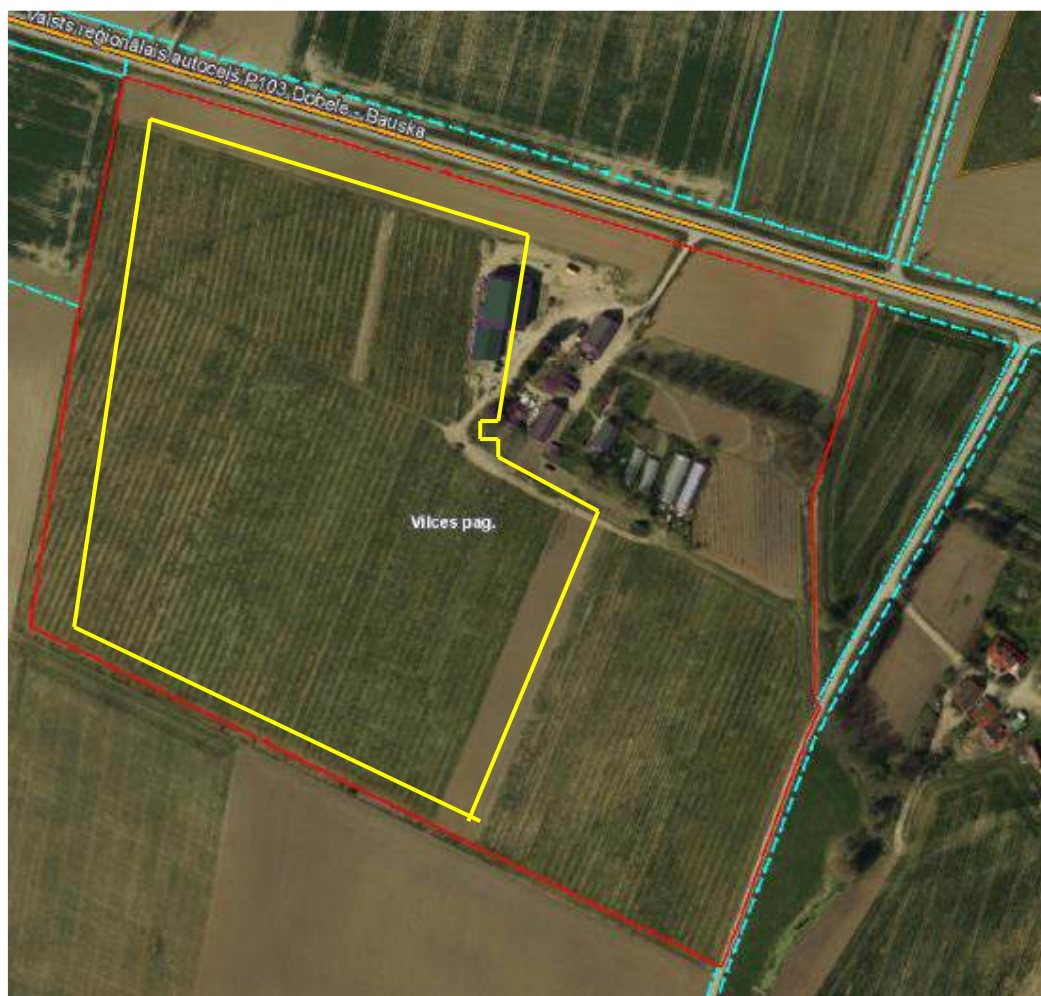


21.att. Augšnes paraugu uztriepes uz lapas

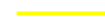
1. Jelgavas novada Vilces pagasta z.s. „Akmentiņi”

*zemes vienība ar kadastra apzīmējums: 5490 002 0002*

Zemnieku saimniecības „Akmentiņi” zemes vienībā ar kadastra apzīmējums 5490 002 0002 no tās kopējās platības (16.4 ha ) augļu dārzs aizņem 50.6 % jeb 8.3 ha (22.attēls).



Apzīmējumi

|                                                                                     |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|  | Zemes vienības robeža |
|  | Augļu dārza robeža    |

22.att. Augļu dārza izvietojums zemes vienībā



Apzīmējumi

|                                                                                       |                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|    | Augļu dārza teritorijas robeža                  |
|  2 | Augsnes parauga ņemšanas vieta un rakuma numurs |

### 23.att. Reljefs un paraugu ņemšanas vietas augļu dārzā

Z.s. „Akmentiņi” augļu dārza teritorijā augsnes paraugi tika paņemti sešās vietās 80 cm dziļumā (23.attēls). Izpētot iegūtos augsnes paraugus, tika konstatēts, ka pamatā visā augļu dārza teritorijā (8.3 ha) ir *vidējs smilšmāls (sM2)*, kur fizisko māla daļiņu saturs ir robežās no 31 – 40% (1.tabula). Iegūtais augsnes paraugs bija vidēji saistīgs un lipīgs. Berzējot starp pirkstiem, bija labi jūtami smilts graudiņi.

Šajā augļu dārza teritorijā, kurš ir izveidots līdzenumā (23.attēls), tika konstatēta *velēnu karbonātu virspusēji (vāji) glejotā augsne (Vkg)* (5.tabula, 24.attēls). Šīs augsnes veidojas dabiski drenētos līdzenumos, kur ir laba ūdens notece un mitrumu tās iegūst galvenokārt no nokrišņiem. Glejošanās pazīmes vērojamas zem trūdvielu horizonta.

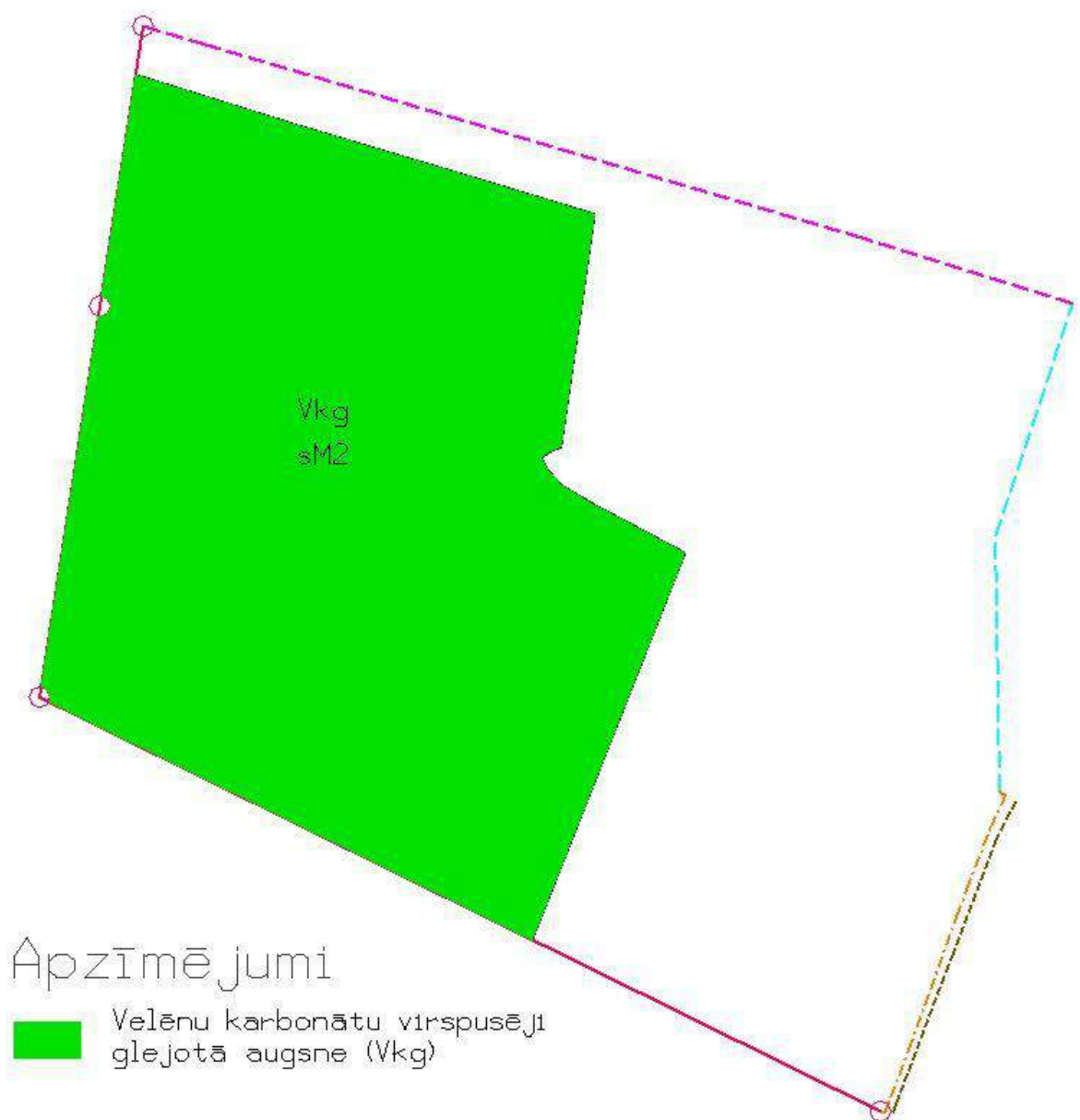
*Augsnes kartēšanas dati*

| <b>Rakuma Nr.</b> | <b>Augsnes tips,</b> | <b>Granulometriskais<br/>sastāvs</b> | <b>Trūdkārtas biezums,<br/>cm</b> | <b>Reljefs</b> |
|-------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| <b>1</b>          | <b>2</b>             | <b>3</b>                             | <b>4</b>                          | <b>5</b>       |
| 1.                | Vkg                  | sM2                                  | 10                                | L              |
| 2.                | Vkg                  | sM2                                  | 24                                | L              |
| 3.                | Vkg                  | sM2                                  | 20                                | L              |
| 4.                | Vkg                  | sM2                                  | 20                                | L              |
| 5.                | Vkg                  | sM2                                  | 25                                | L              |
| 6.                | Vkg                  | sM2                                  | 18                                | L              |
|                   |                      |                                      |                                   |                |

Vkg – velēnu karbonātu virspusēji(vāji) glejotā augsne;

sM2 – vidējs smilšmāls;

L - līdzenums



24. att. Augšņu karte augļu dārza teritorijai

2. Brocēnu novada Blīdenes pagasta z.s. „Ausekli”

*zemes vienība ar kadastra apzīmējums: 8444 003 0103*

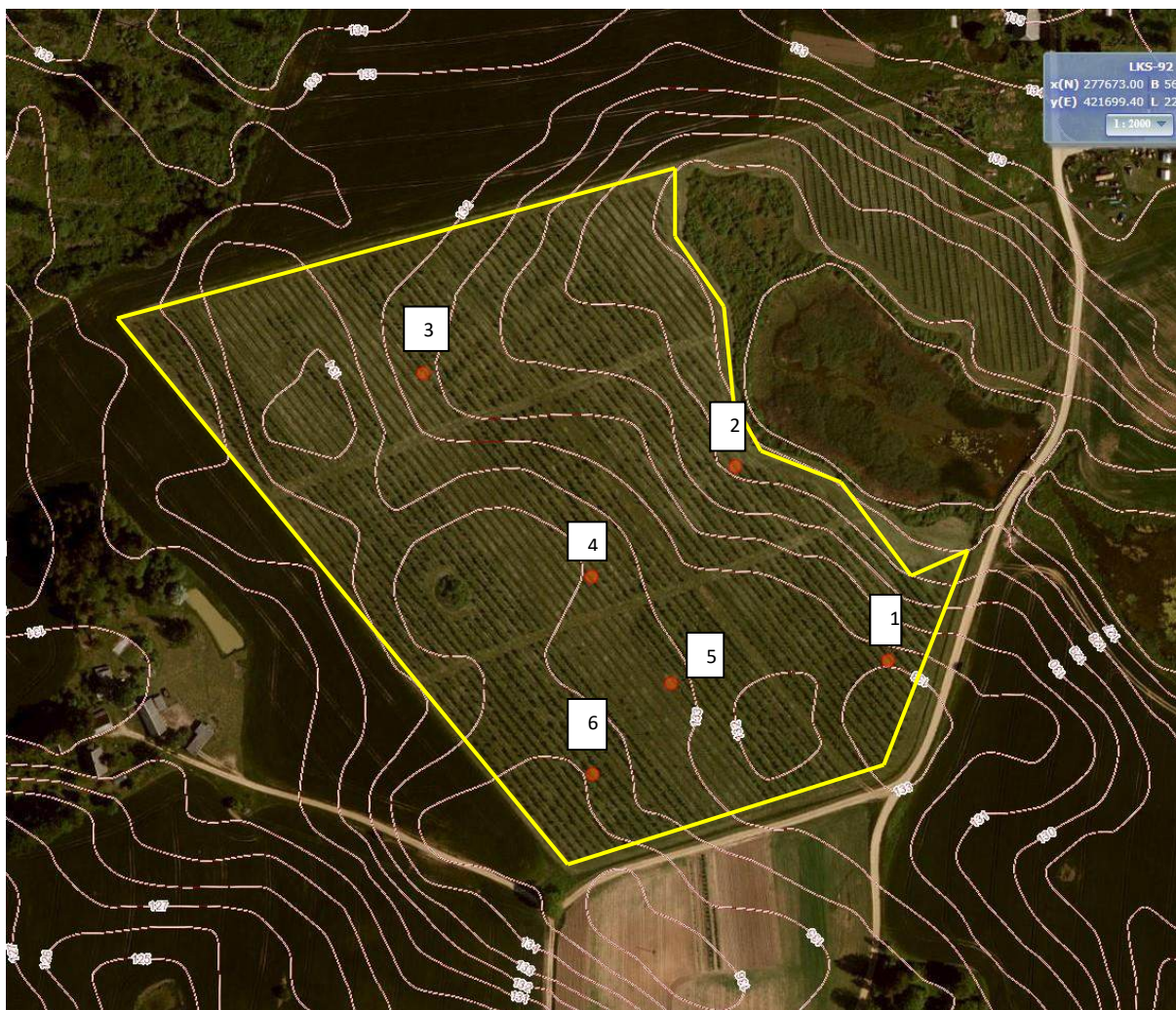
Zemnieku saimniecības „Ausekli” zemes vienībā ar kadastra apzīmējumu 84440030103 no tās kopējās platības (13.9 ha) lielāko īpatsvaru 55,4 % jeb 7.7 ha sastāda augļu dārzs (25.attēls).



Apzīmējumi

|                                                                                     |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|  | Zemes vienības robeža |
|  | Augļu dārza robeža    |

25. att. Augļu dārza izvietojums zemes vienībā



Apzīmējumi

|  |                                                 |
|--|-------------------------------------------------|
|  | Augļu dārza robeža                              |
|  | Augsnes parauga ņemšanas vieta un rakuma numurs |

#### 26.att. Reljefs un paraugu ņemšanas vietas augļu dārza teritorijā

Augļu dārzs šajā saimniecībā ir izveidots pamatā uz nogāzes, kur augstuma atzīmes ir robežās no 127 – 135 m (26.attēls).

Arī šeit augsnes paraugi tika ņemti ar zondi 80 cm dziļumā sešās vietās (26.attēls). Tā rezultātā tika noskaidrots, ka augļu dārza dienvidaustrumu daļā (6.tabula 1. un 2.rakums) ir *vidējs smilšmāls (sM2)*. Iegūtais augsnes paraugs bija vidēji saistīgs un lipīgs. Berzējot starp pirkstiem, bija labi jūtami smilšu graudiņi. Savukārt pārējā augļu dārza teritorijā tika konstatēts *vidējs putekļu smilšmāls (sMp2)*, kas ir līdzīgs vidējam un vieglam smilšmālam, bet nav rupjas smilts, oļu un akmeņu piemaisījuma (6.tabula).

Līdz ar to augļu dārza dienvidaustrumu daļā (6.tabula 1.un 2.rakums) tika konstatēta *vāji erodēta velēnu podzolētā augsne (E1Pv)*. Šādas augsnes izplatītas galvenokārt pauguraina reljefa apstākļos, kāds ir sastopams arī šajā saimniecībā.

Augļu dārza ziemeļrietumu daļā tika konstatēta *velēnu karbonātu virspusēji (vāji) glejotā augsne (Vkg)*, bet dienvidrietumu daļā (6.tabula 5. un 6.rakums) – *velēnu podzolētā augsne (Pv)* (27.attēls, 6.tabula). Velēnu podzolētās augsnes sastopamas reljefa pacēlumos.

6.tabula

*Augsnes kartēšanas dati*

| <b>Rakuma Nr.</b> | <b>Augsnes tips,</b> | <b>Granulometriskais<br/>sastāvs</b> | <b>Trūdkārtas<br/>biezums, cm</b> | <b>Reljefs</b> |
|-------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| 1                 | 2                    | 3                                    | 4                                 | 5              |
| 1.                | E1Pv                 | sM2                                  | 25                                | N              |
| 2.                | E1Pv                 | sM2                                  | 51                                | N              |
| 3.                | Vkg                  | sMp2                                 | 36                                | N              |
| 4.                | Vkg                  | sMp2                                 | 27                                | N              |
| 5.                | Pv                   | smp2                                 | 26                                | N              |
| 6.                | Pv                   | sMp2                                 | 8                                 | N              |

E1Pv – vāji erodēta velēnu podzolētā augsne

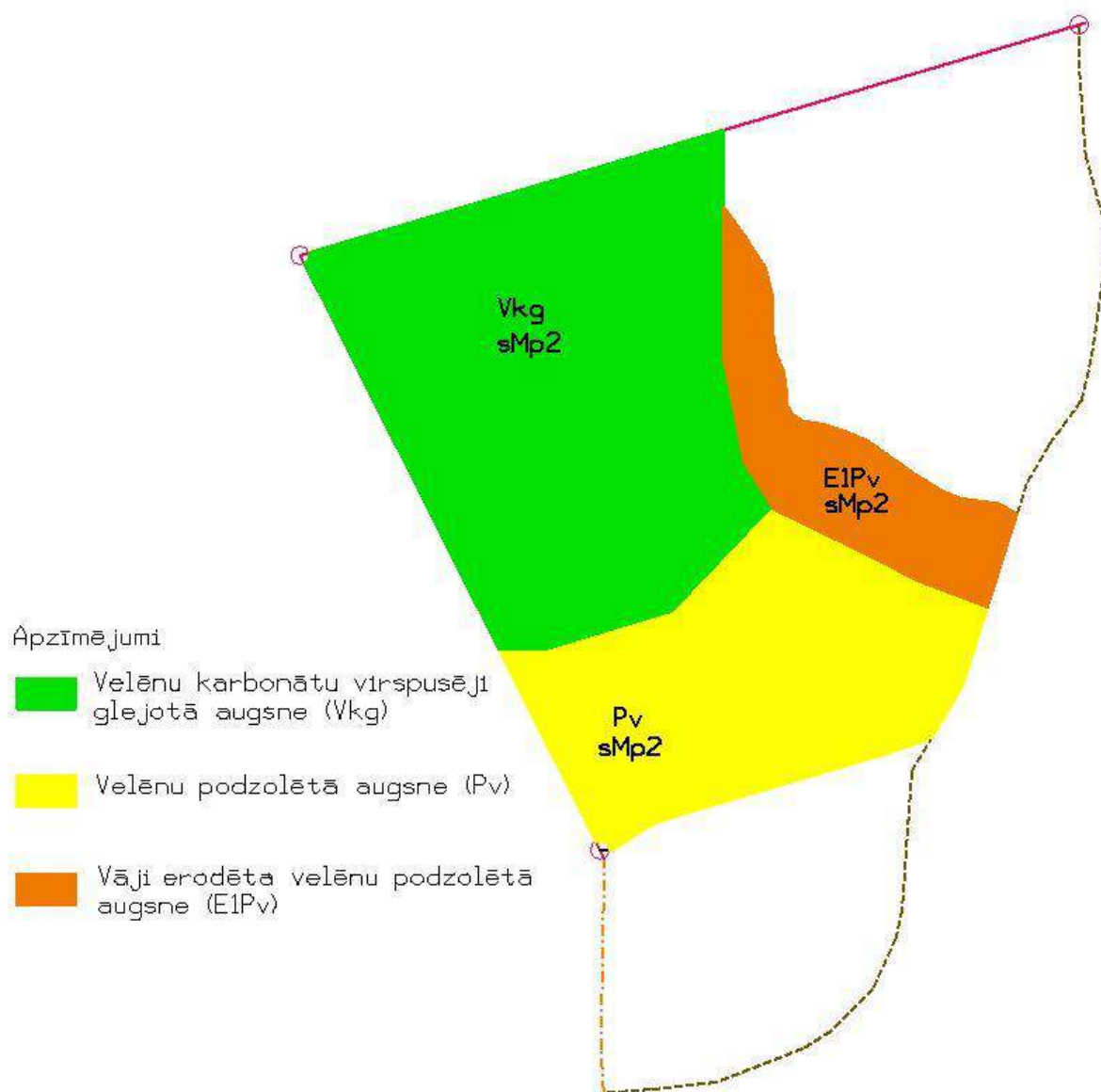
Vkg – velēnu karbonātu virspusēji(vāji) glejotā augsne;

Pv – velēnu podzolētā augsne

sM2 – vidējs smilšmāls;

sMp2 – vidējs putekļu smilšmāls

N - nogāze



27. att. Augšņu karte augļu dārza teritorijai

7. tabula

*Augļu dārza kopējās platības sadalījums pa augšņu tipiem*

| Nr. p.k.     | Augsnes tips | Granulometriskais sastāvs | Platība, ha | Īpatsvars, % |
|--------------|--------------|---------------------------|-------------|--------------|
| 1.           | E1Pv         | sM2                       | 1.0         | 13.0         |
| 2.           | Vkg          | sMp2                      | 4.2         | 54.5         |
| 3.           | Pv           | sMp2                      | 2.5         | 32.5         |
| <b>Kopā:</b> |              |                           | <b>7.7</b>  | <b>100.0</b> |

### 3. Saldus novada Jaunlutrīņu pagasta z.s. „Lapenieki”

*zemes vienība ar kadastra apzīmējumu: 8458 002 0028*

Zemnieku saimniecības „Lapenieki” zemes vienībā ar kadastra apzīmējums 8458 002 0028 no tās kopējās platības (33.8 ha) augļu dārzs ir izveidots 2.9 ha lielā platībā, kas sastāda 8.6%.



Apzīmējumi

|                                                                                     |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|  | Zemes vienības robeža |
|  | Augļu dārza robeža    |

28.att. Augļu dārza izvietojums zemes vienībā

Augļu dārzs ir izveidots zemes vienības ziemeļrietumu daļā (10.attēls), kur ir sastopamas līdzēnas platības (29.attēls). Šajā augļu dārza teritorijā tika veikti trīs rakumi, lai iegūtu augsnes paraugus (29.attēls).

Pēc iegūtajiem paraugiem tika konstatēts, ka augļu dārza teritorijā dominējošais ir *viegls smilšmāls (sM3)* (8.tabula), jo iepazīstoties ar augsnes paraugiem varēja konstatēt, ka berzējot starp pirkstiem, labi jūtami asi smilts graudiņi. Salīdzinoši maz triepjas un līp. Līdz ar to šajā augļu dārza teritorijā tika konstatēta *velēnu podzolētā virspusēji glejotā augsne (Pgv)* (8.tabula, 30.att.).



Apzīmējumi

|                                                                                     |                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|  | Augļu dārza robeža                              |
|  | Augsnes parauga ņemšanas vieta un rakuma numurs |

29.att. Reljefs un augsnes paraugu ņemšanas vietas augļu dārza teritorijā

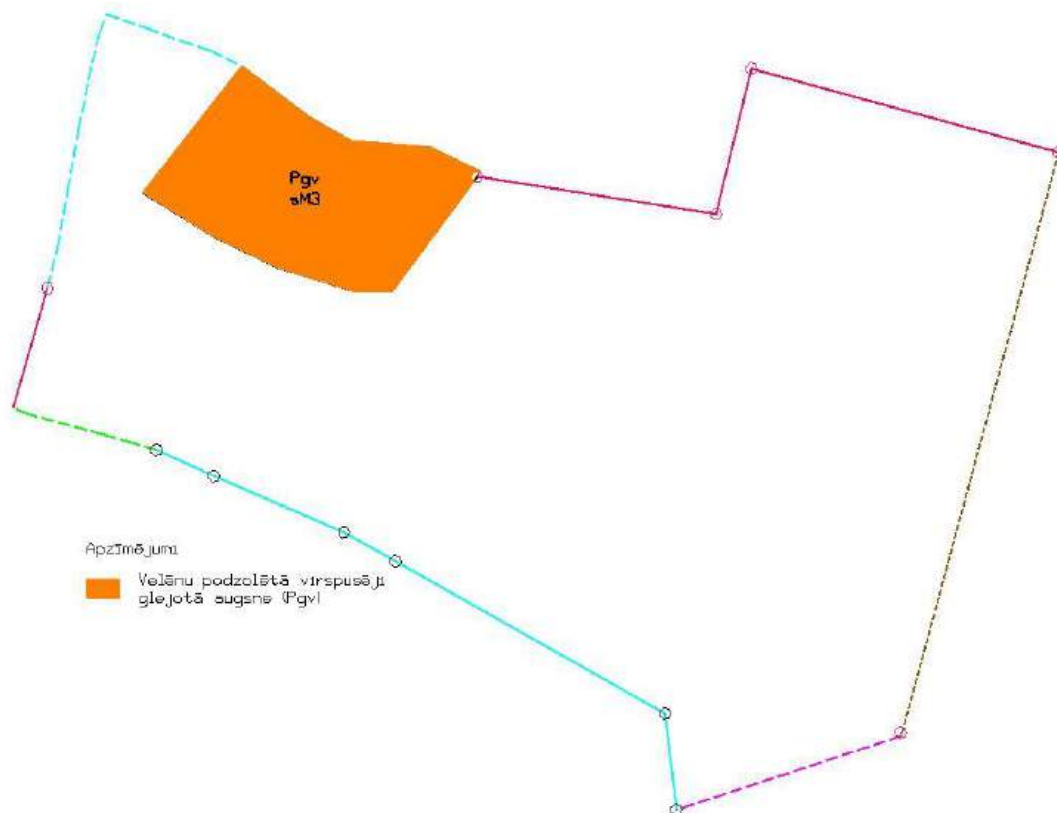
*Augsnes kartēšanas dati*

| <b>Rakuma Nr.</b> | <b>Augsnes tips,</b> | <b>Granulometriskais<br/>sastāvs</b> | <b>Trūdkārtas<br/>biezums, cm</b> | <b>Reljefs</b> |
|-------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| <b>1</b>          | <b>2</b>             | <b>3</b>                             | <b>4</b>                          | <b>5</b>       |
| 1.                | Pgv                  | sM3                                  | 19                                | L              |
| 2.                | Pgv                  | sM3                                  | 26                                | L              |
| 3.                | Pgv                  | sM3                                  | 27                                | L              |

Pgv – velēnu podzolētā virspusēji glejotā augsne;

sM3 – viegls smilšmāls;

L – līdzens reljefs



30. att. Augšņu karte augļu dārza teritorijai

#### 4. Tukuma novada Pūres pagasta SIA „Daigone”

*zemes vienība ar kadastra apzīmējumu: 90740070041*

SIA „Daigone” zemes vienībā ar kadastra apzīmējums 90740070041 no tās kopējās platības (33.8 ha) augļu dārzs ir izveidots 5.9 ha lielā platībā.

Augļu dārzs ir izvietots zemes vienības ziemeļrietumu daļā (31.attēls). Zemes vienība raksturojas ar izteiktu reljefu un līdz ar to augļu dārzs ir ierīkots uz nogāzes (32.attēls). Augstuma atzīmes ir robežās no 50 m – 63 m.



Apzīmējumi

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| <span style="color: red;">—</span>    | Zemes vienības robeža |
| <span style="color: yellow;">—</span> | Augļu dārza robeža    |

### 31.att. Augļu dārza izvietojums zemes vienībā

Šajā zemes vienībā tika veikti seši rakumi, lai iegūtu augsnes paraugus un noskaidrotu augsnes tipu un granulometrisko sastāvu (32.attēls). Izpētot iegūtos augsnes paraugus, tika konstatēts, ka šajā zemes vienībā dominējošais ir *smags putekļu smilšmāls (sMp1)* (9.tabula). Berzējot starp pirkstiem, jūtami rupji smilts graudiņi un akmentiņi. Tas arī triepjas un ir lipīgs. Augļu dārza centrālajā daļā sastopama arī *mālsmilts(mS)* (10.tabula), kuru berzējot starp pirkstiem, jūt rupjus smilts graudiņus. Tā nedaudz arī triepjas un ir lipīga.



Apzīmējumi

|                                                                                       |                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
|    | Augļu dārza robeža                       |
|  2 | Augsnes parauga ņemšanas vieta un numurs |

32.att. Reljefs un augsnes paraugu ņemšanas vietas augļu dārza teritorijā

Augļu dārza centrālajā un dienvidu daļā sastopama *vidēji erodētā velēnu podzolētā augsne (E2Pv)*, kas ir izplatīta pauguraina reljefa apstākļos. Erodētā augsne veidojas galvenokārt no velēnu podzolētajām augsnēm. Savukārt augļu dārza ziemeļu daļā sastopama arī *velēnu glejotā augsne Vg (33.attēls)*.

9.tabula

***Augsnes kartēšanas dati***

| <b>Rakuma Nr.</b> | <b>Augsnes tips,</b> | <b>Granulometriskais<br/>sastāvs</b> | <b>Trūdkārtas biezums,<br/>cm</b> | <b>Reljefs</b> |
|-------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| <b>1</b>          | <b>2</b>             | <b>3</b>                             | <b>4</b>                          | <b>5</b>       |
| 1.                | E2Pv                 | sMp1                                 | 26                                | N              |
| 2.                | E2Pv                 | sMp1                                 | 20                                | N              |
| 3.                | E2Pv                 | sMp1                                 | 19                                | N              |
| 4.                | Vg                   | mS                                   | 20                                | N              |
| 5.                | E2Pv                 | sMp1                                 | 12                                | N              |
| 6.                | E2Pv                 | sMp1                                 | 18                                | N              |

E2Pv – vidēji erodētā velēnu podzolētā augsne;

Vg – velēnu glejotā augsne;

sMp1 – smags putekļu smilšmāls;

mS – mālsmilts;

N – nogāze



33. att. Augšņu karte augļu dārza teritorijai

10. tabula

*Augļu dārza kopējās platības sadalījums pa augšņu tipi*

| Nr.p.k.     | Augsnes tips | Granulometriskais sastāvs | Platība, ha | Īpatsvars, % |
|-------------|--------------|---------------------------|-------------|--------------|
| 1.          | E2Pv         | sMp1                      | 4.8         | 81.4         |
| 2.          | Vg           | mS                        | 1.1         | 18.6         |
| <b>Kopā</b> |              |                           | <b>5.9</b>  | <b>100</b>   |

## ĢEODĒZISKĀ TĪKLA IERĪKOŠANA

Darbojoties Lauku atbalsta dienesta projektā “Tālizpētes tehnoloģiju pielietojums augļu dārzu novērtēšanai”, pievērsoties tālizpētes tehnoloģiju saistībai ar ģeodēzisko mērījumu precizitātēm, speciālistiem nācās sastapties un risināt problēmas – kuras pašreiz saasinās tieši saistībā ar jauno tehnoloģiju ietekmi uz ģeodēzisko uzdevumu risinājumiem.

Izveidojusies situācija, ka pašreizējā globālās navigācijas satelītu sistēmas (tupmāk – GNSS un ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (turpmāk – ĢIS) iespēju attīstības un starptautiskā integrācija līdz šim veidoto Ģeodēzisko atbalsta sistēmu loma un uzdevumi tiek pakļauti nopietnām diskusijām par to nozīmi, vietu un ietekmi ģeotelpisko datu ieguves un lietošanas standartu globalizācijas procesos. Diskusijas pozīcijas svārstās ap nākotnes transformācijas modeļu piedāvājumiem, kur galējos gadījumos sastopami uzskati – kas vienā variantā piedāvā pilnībā atteikties no nacionālo un vietējo ģeodēzisko atbalsta sistēmu turpmākās veidošanas un lietošanas (arī projekta ietvaros tāds piedāvājums izskanēja), pamatojot ar to ka GNSS lietošana visas ģeodēziskā atbalsta tīklu funkcijas un problēmas atrisinājusi. Otrā skatījumā saglabājas argumentācija, ka Ģeodēzisko atbalsta sistēmu loma nemazināsies, bet pieaugs, sevišķi saistībā ar to ka ĢIS vidē pieaug lietojamo telpisko datu apjomi ar mērniecības līmeņa precizitātēm un detalizāciju, kas norāda uz nepieciešamību papildus attīstīt kopējā ģeodēziskā atbalsta spējas (atbilstoši klasisko teoriju nostādnēm), lai nodrošinātu šo precīzāko datu kopu kvalitatīvu iekļaušanos kopējā ĢIS datu aprītē.

Projekta izstrādes gaitā nācās secināt arī citu, ģeodēzijas attīstības pieredzē zināmu, aksiomu – ka augstas precizitātes ģeodēziskos mērījumus būvniecības un nelielu teritoriju uzdevumu ietvaros izpilda konkrēta objekta vajadzību ietvaros, kur precizitātes rādītāji var būt ievērojami augstāki par apkārtējā teritorijā izveidotā ģeodēziskā atbalsta precizitātes rādītājiem. Šādiem gadījumiem tiek veidoti individuāli – paaugstinātas precizitātes atbalsta tīkli, kuru uzdevumos nav nodrošināt šo paaugstināto precizitāti visa reģiona ģeodēziskai sistēmai, bet pildīt funkciju konkrēta objekta interesēs.

Projekta ietvaros šādu, lokālu uzdevumu ģeodēzisko atbalsta tīklu sistēmas tika izveidotas, lai nodrošinātu viennozīmīgu un paaugstinātas precizitātes mērījumu atkārtotamību lietojot tālizpētes tehnoloģijas, kas izvirza atbilstošas precizitātes un stabilitātes tīkla punktu pieejamību ilgtermiņā. Kā papildus prasība izvēlētajam mērķa

uzdevumam bija izveidotā tīkla punktu piemērotība lietošanai tālīzpētes darbībās t.i. punktu noformējumam jānodrošina augsti precīza šo punktu vietu centru attālināta atpazīšana un fiksācija apstrādei – pie kam visās trijās koordinātu dimensijās (plakne + augstums). Bija jāpanāk viennozīmīga un precīza atkārtojamība starp tālīzpētes sesiju darbībām, vienlaikus nepieprasot papildus lauka mērījumus. Punktu veidošanas aizstāšana ar katreizējiem GNSS koordinātu uzmērījumiem demonstrēja precizitātes risku paketi, kas balstās uz augstākās ģeodēzijas pieredzes, teorijas un prakses pamatnostādņēm, zemes ģeoloģijas un garozas kustību pētījumu rezultātiem globālām teritorijām, vienlaikus ņemot vērā pieeju atšķirību paaugstinātas precizitātes gadījumiem relatīvi nelielās teritorijās. Pamatojoties uz izpildītajiem darbiem un jau veiktiem tālīzpētes darbiem, divos atšķirīgos laikos izpildītiem sesiju rezultātu invertējumiem un to saistību ar šiem uzdevumiem speciāli veidotiem paaugstinātas precizitātes atbalsta tīkliem, nācās secināt, ka lietojot jaunākās mērniecības un ģeodēzijas tehnoloģijas – klasiskās zināšanas un pieredze tomēr saglabā savu nozīmi plānoto rezultātu sasniegšanā.

#### *Vispārējs situācijas apskats:*

Neskatoties uz moderno tehnisko un tehnoloģisko risinājumu pieejamību, ģeodēziskā atbalsta nodrošinājuma organizācijā dažādu zemes telpisko modeļu izstrāžu un to savstarpēju analīžu interesēs nepieciešama vienota un korekta pieeja šo modeļu izstrādēm, tāda, kas nodrošinātu iegūtās informācijas viennozīmīgu un matemātiski savstarpēji korektu analīzi. Te pirmajā vietā ir vienotas atskaites sistēmas lietošana un vienlaikus salīdzināmo modeļu vienāda telpiskā orientācija un pozīcija, kura, laika periodos starp atkārtotiem uzmērījumiem, nedrīkst būt izmainīta vai sasniegusi novirzes, kuras turpmāk degradē iegūstamo salīdzinājumu ticamību un kvalitāti, tajā skaitā precizitāti, kura izvirzīta izpētes uzdevumā.

Šeit iezīmējās problēmas attīstības pamatnostādnes, kuras atbilstoši līdz šim ģeodēzijā realizētiem risinājumiem pieprasa sekojošo:

- attīstot augstas precizitātes zemes telpisko datu un datu modeļu veidošanu – būtiska nozīme jāpievērš atbilstošas teritorijas ģeodēziskā atbalsta izveidei;
- prasība vienmēr attiecināma gadījumiem – kad tiek paredzēta regulāra, atkārtota zemes telpisko modeļu veidošana, un īpaši tas jāņem vērā izpildot sevišķi precīzu zemes virsmas modeļu izstrādes gadījumus. Šī prasība iegūst īpašu nozīmi ja tiek paredzēta šo modeļu regulāras savstarpējas salīdzināšanas / vērtēšanas iespējas.

Realizētajā pētniecības projektā tika paredzēts veidot regulāri iegūstamās augstas precizitātes tālzipētes informācijas iegūšanu un to rezultātu salīdzināšanas iespējas kā būtisku izpētāmo augļu dārzu parametru regulāras ieguves procesu sastāvdaļu – tālzipētes monitoringa pasākumu rezultātā. Tika paredzēts ka iegūtajiem rezultātiem jāiekļaujas augstas ticamības precizitāšu rādītājos, gan regulāru atkārtotu modeļu veidošanas rezultātā (gan 2D un 3D izpildījumā), gan tālāko to savstarpējo analīzes/salīdzināšanas rezultātu pilnvērtīgas ticamības garantijās, gan – turpinājumā paredzot iespējas robotizētu tehnoloģisko risinājumu realizācijas atbalsta nodrošinājumam. Paredzot ka pēdējā pozīcija tiks realizēta gan to darbības plānošanas, gan realizācijas, kā arī rezultātu uzskaites fāzēs.

Projektā tika paredzēts veidot regulāras iegūstamās tālzipētes informācijas - augstas precizitātes salīdzināšanas iespējas augļu dārzu kvalitatīvo un kvantitatīvo parametru regulāras ieguves procesos tālzipētes tehnisko iespēju rezultātā.

Izvirzot prasības tālzipētes datu precizitātēm tika prognozēts ka iegūtajiem rezultātiem jāiekļaujas ļoti augstas ticamības precizitāšu rādītājos, gan regulāru atkārtotu modeļu veidošanas rezultātā (2D un 3D izpildījumā), gan tālāko to savstarpējo analīzes/salīdzināšanas rezultātu pilnvērtīgas ticamības garantijās, kā arī turpinājumā, paredzot rezultātu iespējas izmantot robotizētu lauksaimniecības tehnoloģisko risinājumu atbalsta nodrošinājumam visās augļu dārzu izmantošanas attīstības fāzēs.

Šodien pieejams liels apjoms apstiprinošu pierādījumu ka modernās tehnoloģijas radījušas jaunas, fantastiskas iespējas zemes telpisko datu modeļu izstrādāšanai un lietošanai, kuru ietekmē sabiedrībā bieži satopams maldīgs priekšstats, ka ģeodēzisko punktu loma modelēšanas precizitāšu ieguves jautājumos vairs nav nozīmīga. Kā pamatojums uzskatiem tiek uzsvērtas ĢIS iespējas – kur ģeodēzijas un to atbalsta punktu nepieciešamība apvidū šķiet kā virtuāla, izdomāta sirrealitāte, jo mēroga it kā nav un datus “piezūmoties” var līdz šķietami absolūtai precizitātei. Kā arguments tiek pieminētas arī GNSS tehnoloģijas pozīciju noteikšana, kas arī veido ilūziju, ka nostiprinātiem ģeodēziskiem punktiem, to tīkliem un sistēmām vispār nav vietas nākotnes telpisko datu izstrāžu un lietošanas jomā.

Protams, jaunās tehnoloģiskās iespējas veido būtiskas jauno iespēju ietekmes pozīcijas. Kā pirmā te jāpiemin vispārējā datorizācijas ietekme, kura ļāva būtiski attīstīt un paaugstināt lietotāju spējas darboties ar zemes telpisko datu modeļiem, kā arī

vienkāršot un paātrināt to veidošanu. Būtiski attīstījās tālīzpētes tehnoloģijas, kopā ar bezpilota dronu lietošanu, kuru izmantošanā attīstījušās jaunu līmeņu un precizitāšu modelēšanas iespējas, vienlaikus ievērojami palielinot datu veidošanas un atjaunošanas ātrumus. Šo tehnoloģiju pielietojumā patreiz būtiski attīstās robotizētās apvidus kvantitatīvo un kvalitatīvo izmaiņu identifikācijas tehnoloģijas. Attīstījušās un attīstās arī Ģeogrāfisko informācijas sistēmu (GIS) lietojamības spējas, apgūstot gan zemes telpisko zemes modeļu veidošanas tehnoloģijas, gan to lietošanas iespējas, kas būtiski un strauji paplašina lietotāju loku. Un pašu GIS lietojumā attīstās automatizētu vai daļēji automatizētu telpiskās analīzes procesu izmantošanas iespējas un to rezultātu kvalitātes.

Tomēr neskatoties uz milzīgo attīstības un iespēju fonu praktiskajās modeļu izstrādes precizitāšu jomā saglabājas virkne problēmu. Jo neskatoties uz jauno tehnoloģiju iespēju šķietamo vienkāršību, to reālās iespējas izvirza nopietnas prasības, riskus un arī ierobežojumus uz lietošanai gatavoto datu modeļu precizitātēm. Problēmu klātbūtne un ietekme pamatojas ar sekojošām pozīcijām:

- modernie tehniskie un tehnoloģiskie risinājumi paši par sevi nenodrošina un negarantē viennozīmīgu, stabilu un augstu iegūto rezultātu precizitāti;
- iegūtos mērījumu un modeļu datus var izmantot lietošanā tikai ar tādām precizitātēm, kādās tie sākotnēji iegūti praksē (pareizi lietojot tehnoloģijas un aprīkojumu);
- pašas modernās tehniskās un tehnoloģiskās iespējas nav spējīgas paaugstināt iegūto modelēšanas datu precizitāšu rādītājus, biežāk tos var tikai pasliktināt.

Projekta izstrādes procesā kā būtiskākais jāatzīmē realitātes pozīciju atkārtotamība. Precizitāšu kategorijā ietilpst ne tikai konkrētu mērīšanas gadījumu rezultātu precizitātes, bet arī to pašu vietu datu atkārtotas mērīšanas rezultātu sakritības precizitātes ar agrākiem mērījumiem, kas tieši saistāma šo sakritību precizitāšu savietojamību - korektu salīdzināmību.

GNSS lietošanas problemātika ir tā, ka praksē GNSS risinājumi viennozīmīgi pieņemami tikai relatīvi zemas precizitātes modeļu gadījumiem un uz lielām darbības teritorijām.

Atbilstoši līdz šim zināmām teorētiskām un praktiski pārbaudītām nostādnēm, pārejot pie augstāka līmeņa (ģeodēziskām) datu precizitātēm - nepieciešams ņemt vērā atbilstošu precizitāšu ģeodēziskā atbalsta sistēmu izveides un lietošanas nosacījumus, kā arī to veidošanas aprēķinu algoritmus. Savukārt, neievērojot nosacījumus, riskantas

paliek dažādu periodu uzmērījumu rezultātu korektas savietojamības iespējas, vienotu precizitāšu ietvaros.

#### *Ģeodēzija un precizitātes:*

Neadekvātu risinājumu gadījumu skaita pieauguma vērtējums un rezultāti norāda, ka tām attīstoties praksē pieaug nepieciešamība pēc, jau izveidoto un uzturēto, valstu ģeodēzisko atbalsta sistēmu rekonstrukcijas. Nepieciešamība vienmēr atcerēties speciālās - tehniskās ģeodēzijas (t.sk. būvniecībā) prasības pret obligātu speciālo ģeodēzisko atbalsta tīklu un punktu ierīkošanas - īpaši augstu precizitāšu mērījumu gadījumiem. Īpaši arī tādos gadījumos, kad šīs augstās precizitātes nepieciešamas dažādu laika periodu mērījumu savstarpējai salīdzināšanai = vērtēšanai (piemēram monitoringam u.t.t.).

Vienmēr jāatceras, ka jaunās tehnoloģijas neattīstās neatkarīgi no līdz šim ģeodēzijā pieņemto, teorētisko un praktisko, algoritmu un prasību ievērošanas nepieciešamības.

Tādēļ, klasisko ģeodēzijas aprēķinu prasību nezināšana vai to neievērošana, veidojot vai strādājot ar zemes telpisko modeļu datiem, rada precedentus ar:

- lietotājiem neatbilstošu precizitāšu datu/ modeļu izstrādēm;
- veicot aprēķinus un analīzes pieļaujot lietošanai neadekvātu precizitāšu datu izmantošanu u.c.

Ģeodēziskās atbalsta sistēmas pasaulē sāka veidot un attīstīt kā telpiskās (visbiežāk t.s. kartogrāfiskās) informācijas ieguves un attēlošanas (t.sk. lietošanas) problēmu risinājuma rezultātus un to tehniskos risinājumus. Pašu ģeodēzisko atbalsta sistēmu veidošana sākotnēji attīstījās divu atšķirīgu scenāriju, risinājumu un atbildības jomās kur:

- pirmā risinājumu grupa bija saistīta ar globāla/ stratēģiska vai ģeogrāfiska skatu punkta uz zemes telpisko informāciju un tās precizitātēm (sākot ar visas zemes vai lielu teritoriju kopskata informatīviem materiāliem – kartēm);
- otrā risinājumu grupa bija saistīta ar lokālā vai taktiskā līmeņa praktisku risinājumu nepieciešamību relatīvi nelielām teritorijām, vai pat konkrētiem objektiem uz zemes (mērniecība, būvniecība u.t.t.) vienlaikus izvirzot ļoti augstas matemātiskās precizitātes prasības pret ģeodēziskiem mērījumiem un to rezultātiem, kuri bija tieši saistāmi ar informācijas attēlojuma mēroga precizitātēm kā arī projektu iznešanas precizitātēm dabā.

Attīstoties abiem gadījumiem kā pirmā un vienojošā darbības pozīcija tomēr bija saistīta ar atskaites sistēmas izvēli un tās realizāciju vietas noteikšanu apvidū (protams katram no attīstības virzieniem atšķirīgi definējot izvēles prasību detaļas), kas pieprasīja noteikt sistēmas sākuma atskaites vietu (sākuma punktu) un atskaites (skaitīšanas) virzienus – asis.

Šī brīža attīstības posmā šo divu ģeodēzisko sistēmu saplūšanu vienotā sistēmā, ļoti izteiktā formā veicina jaunās ģeoinformācijas sistēmu lietošanas tehnoloģijas un prasības – kur prasības pēc telpiskās informācijas integritātes – savstarpējas lietojamības, jau viennozīmīgi iebilst pret daudzu ģeodēziskā atbalsta sistēmu lietošanu praksē gan vienas valsts skatījumā, gan perspektīvā veicinot vienas sistēmas lietošanu ne tikai reģionālā bet arī visas pasaules mērogā. Papildus veicinātājs tādas globalizācijas tendenci realizācijai ģeodēzijā un ģeoinformātikā kopumā ir arī Globālo navigācijas satelītu sistēmu (GNSS) plašais pielietojums ģeodēzisko darbu izpildē un arī daudzu citu lietotāju praktisko vajadzību risinājumiem ārpus ģeodēzijas un ģeoinformācijas. Veidojas situācija, kad telpisko datu ieguves procesos vairs nav nozīmes censties saglabāt lokālas ģeodēziskās sistēmas, kuras netiek integrētas kopējās lietošanas sistēmās. Situācija mainījusies, ja agrāk mērniecības darbu integrācija valsts ģeodēziskā atbalsta sistēmā bija papildus apgrūtinājums to izpildītājiem, tad uz šodienu biežāk ir pretēja situācija, papildus resursi nepieciešami, lai no mērīšanā lietotas sistēmas izdalītu lokālu izpildītāja sistēmu.

Šī situācija daudziem ģeodēzisku mērījumu veicējiem un lietotājiem rada priekšstatu, ka turpmāk vajadzētu un varētu atteikties no valstu ģeodēziskā atbalsta sistēmu veidošanas, attīstības un uzturēšanas, vai vismaz būtiski samazināt izdevumus šo funkciju izpildei – uzticot, atstājot vai deleģējot to realizāciju pasaules mēroga GNSS sistēmu uzturētājiem.

#### *Ģeodēziskās atbalsta sistēmas pamatojums:*

Speciālie un vietējās nozīmes tīkli pamatā, bet ar retiem izņēmumiem, tika lietoti detalizētu uzmērījumu un plānu mērogu kartēšanas vajadzībām, kur prasības un savu tīklu izveides kritēriji tika pakārtoti plānoto uzdevumu izpildes precizitātēm. Matemātisko precizitāšu ziņā šie tīkli, to iekšējā uzmērīšanas un izlīdzināšanas precizitāte, parasti bija ievērojami augstāki par valsts tīkla precizitātēm, bet tā varēja strauji zaudēt savas precizitātes priekšrocības palielinot darba teritorijas ārpus platībām/attālumiem, kur

elipsoīda virsmas projicēšanu bija jāveic izmantojot sarežģītus papildus aprēķinus, vienlaikus plaknes projekcijās sāka strauji pieaugt deformācijas parametru lielumi.

Uzrādītie kritēriji saistībā ar tīklu attīstības vēsturi saistāmi ar sekojošām nodrošinājuma pozīcijām – panākt optimālo attālumu starp punktiem un vienlaikus teritorijas pārklājumu ar tiem, lai iegūstamās un projekcijās attēlojamās kartogrāfiskās informācijas precizitāte atbilstu nosacītai attālumu mērīšanas precizitātei konkrētā lietošanas mēroga precizitātē, izslēdzot nepieciešamību veikt mērījuma korekciju saistībā ar elipsoīda virsmas izliekuma ietekmi uz mērījuma rezultātiem. To var skaidrot arī kā tieši kartē mērīta attāluma starp diviem tuvākiem ģeodēziskiem punktiem un elipsoīda liekuma attāluma starp šiem pašiem punktiem, starpības lieluma iekļaušanos lielumā, kas ir mazāks par konkrēta kartes mēroga grafiskās noteiktības robežām (0,1 - 0,3 mm kartes mērogā).

Kā pamatojums tiek definēts, ka GIS sistēmās mērogi zaudē savu nozīmi un visi punkti vai objekti kartēm var tikt ātri un precīzi uzmērīti. Šajā kontekstā tiek piedāvāts visus GIS datus veidot uzreiz ar tiešas GNSS un mērniecības ģeodēzijā pieņemtiem paņēmieniem vai fotogrammetriskas uzmērīšanas tehnoloģijām ar vis augstākām mērniecības precizitātēm, tad šos datus arī lietot transformējot jebkuros nākamo mērogu izpildījumos. Šāda ideja regulāri tika izteikta arī attiecībā uz karšu produktu izgatavošanu agrākajos gados, bet praksē un arī atbilstoši teorētiskiem un praktiskiem pētījumiem izrādījās nepamatoti optimistiska. Arī patreiz šāda realizācija iespējama tikai stingri izpildot virkni sarežģītu nosacījumu, kas pasākumu pārvērš par ļoti diskutablu no racionalitātes, resursu patēriņa un izpildes termiņu viedokļiem.

Nedrīkst aizmirst arī to, ka jebkurā laika periodā izveidotām datu bāzēm jānodrošina to kvalitatīvas savietojamības iespējas (arī matemātiskas) lietošanai ar vēsturiski agrāk vai nākotnē veidotām datu bāzēm, kas ir būtiska GIS datu lietošanas iespēju sastāvdaļa. Īpaši strādājot pie plānošanas prognožu un projektu jautājumiem. Pozīcija tieši saistāma ar zemes kontinentālo plākšņu kustības jautājumiem, kas norāda uz nepieciešamību kontrolēt savu nacionālo teritoriju vietas pozīcijas izmaiņas un parametrus arī darbojoties starptautiskās atbalsta sistēmas ietvaros (tā sniedzot savu ieguldījumu globālās sistēmas kvalitātei) un spējot modelēt savas teritorijas iekšējās kustības parametrus globālo virzību ietvaros un ietekmē – tādējādi uzturot aktuālu

teritorijas attīstības un izmaiņu prognozēšanas iespējas savai teritorijai, kā globālo kustību individuālas detalizācijas sastāvdaļai.

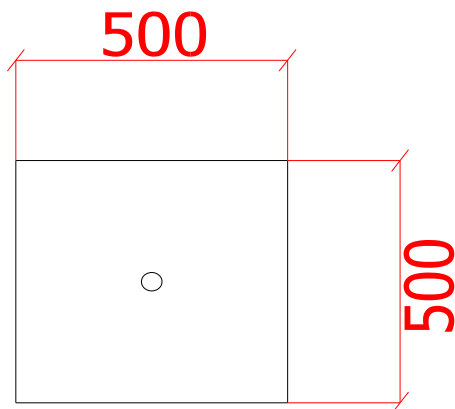
Papildus aktualitāti šādai attīstībai veicina arvien lielāka fotogrammetrisko dronu lietošanas attīstība ģeoinformācijas datu ieguvē un pieprasījums paaugstināt 3D modelēšanas spējas, pieprasot augstu izšķirtspēju un precizitāti šiem produktiem, vienlaikus samazinot darbu pašizmaksas un izpildes termiņus. Lai panāktu pretrunu risinājumu, viens no reālākajiem attīstības virzieniem būtu vienotas un atbilstošas ģeodēziskā atbalsta infrastruktūras izveide un uzturēšana, kur atbilstoši konstruētiem un uzturētiem ģeodēziskā atbalsta tīkliem un punktiem ir liela nozīme ne tikai to pareiza blīvuma un izvietojuma veidošanā, bet arī lietošanas efektivitātē un vienkāršumā. Starp lietošanas efektivitātes parametriem nepieciešams izskatīt arī pašu punktu konstrukciju piemērošanu attālinātas/ tālīzpētes informācijas augsti precīzas un ātras ieguves atbalstam.

#### *Izvirzītās ģeodēziskā tīkla prasības:*

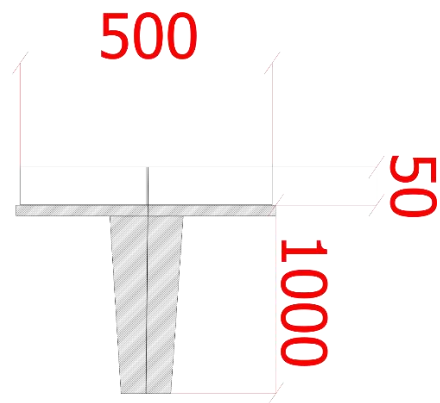
Pētījumā izvirzītās prasības pret nepieciešamo ģeodēzisko tīklu parametriem bāzējās uz sekojošiem kritērijiem:

1. Veidojamo modeļu matemātiskā (ģeodēziskā) atbalsta precizitātēm jāiekļaujas vismaz 0,01 m precizitātes radītājos, panākot iegūstamo telpisko datu modeļu, to informācijas (datu) attēlošanas precizitāti ne sliktāku, kā  $\pm 0,01$  m;
2. Atbilstoši augstāk minētajam, Ģeodēziskā atbalsta punktu tīklos, to savstarpējie attālumi nedrīkst būt lielāki par 200 – 300 metriem, kuri atbalsta nepieciešamo attēlošanas precizitāti gan plaknē, gan vertikālās pozīcijas komponentē.
3. Punktiem jābūt stabili nostiprinātiem apvidū, tā lai tie vismaz vairāku gadu garumā (ilgstoši) spētu saglabāt savu telpisko pozīciju nemainīgu, vienlaikus nodrošinot tiem labus ilgstošas saglabāšanās iespējas gan izvēloties to vietu, gan veidojot atbilstošu noformējumu;
4. Punktu noformējumam jābūt piemērotam to vienkāršai uzmērīšanai gan ar ģeodēziskiem instrumentiem, gan lietojamiem, kā marķētiem punktiem fotogrammetriskiem (tālīzpētes) mērījumiem (trijās dimensijās), ieskaitot labu redzamības horizontu virs tiem.

Rezultātā, pamatojoties uz iepriekš minētām prasībām, tika sagatavots nostiprināmo punktu centru konstrukcijas projekts. Skatīt 34.att. un 35.att. (izmēri milimetros).



34.att. Ģeodēziskā atbalsta punkta virsskats



35.att. Ģeodēziskā atbalsta punkta sānskats

*Ģeodēziskā punkta noformējums:*

Lai nodrošinātu lietošanai izvirzītos kritērijus – izstrādāja punkta noformējumu kur :

- vizuālās augšējās novērojumu plāksnes parametri 0,5 X 0,5 X 0,05 M ;
- materiāls – betons;
- krāsojums – Balts;
- vidū centrēšanas marķieris (punkts);
- nostiprināms uz zemē ierakta pamata;
- virsma – līmeņota līdz ar zemes virsmu.

|                                                                                                                                |                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pamata ierīkošana – urbums</li> <li>• Dziļums 1m</li> <li>• Diametrs 0,1 m</li> </ul> |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pamata betonēšana</li> <li>• Urbuma aizpildīšana ar betonu</li> </ul>                 |  |

|                                                                                                                                                               |                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plāksnes pievienošana pamatam;</li> <li>• Līmeņošana;</li> <li>• Kontrolmērījums.</li> </ul>                         |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Krāsošana</li> <li>• Sakārtošana</li> <li>• Punktu atstāj betona sacietēšanai/ nostāvēties - stabilitātei</li> </ul> |  |

### 36.att. Ģeodēziskā punkta ierīkošana

#### *Kontrolmērījumu izpilde:*

Noslēgumā – pēc konstrukcijas sacietēšanas un nostāvēšanās pārbauda tā konstrukcijas stabilitāti un veic atkārtotu kontrolmērījumu.

Ja kontrolmērījums neuzrāda nepieļaujamas novirzes pret sākotnējo mērījumu – punkts gatavs uzmērīšanai.

Plāno mērīšanas sesijas un izpilda mērījumus.



37.att. **Kontrolmērījumu veikšana**

*Izpildītie darbi:*

Projekta ietvaros tika izveidoti ģeodēzisko punktu tīkli pavisam 5 atsevišķiem augļudārziem.

No tiem:

- 4 augļudārziem tika izveidoti tīkli ar 5 punktiem katram;
- 1 augļudārzam tīkls izveidots ar 6 punktiem;
- visiem ierīkotajiem tīkliem punktu izvietojuma savstarpējie attālumi bija mazāki par prasībās noteiktajiem 200 – 300 metriem;
- punktu blīvums rezultātā bija labāks par prasībām, jo, lai nodrošinātu fotogrammetrisku aprēķinu prasības katram dārzam, bija nepieciešams nodrošināt atbalsta punktu minimumu neatkarīgi no attālumiem – vismaz 4 punkti dārzu stūros un viens centrā;
- vienam dārzam bija nepieciešams veidot papildus 6 punktus – sarežģītas formas laukuma ietekmē.

*Mērījumu rezultāti:*

Pēc ierīkošanas tika izpildīti sākotnējā cikla mērījumi ar GNSS instrumentu visiem ierīkotajiem punktiem. Iegūto koordinātu rezultātu katalogs apkopots 38.attēlā.

## Koordinātu saraksts

LKS-92 sistēmā  
Latvijas normālo augstumu sistēma LAS-2000,5

|    | X          | Y          | H       |
|----|------------|------------|---------|
| 1  | 254795.767 | 468736.274 | 35.061  |
| 2  | 255128.378 | 468823.812 | 35.254  |
| 3  | 255019.827 | 469012.613 | 35.986  |
| 4  | 254914.930 | 468993.607 | 34.091  |
| 5  | 254745.081 | 469201.934 | 30.534  |
| 6  | 254594.889 | 469144.321 | 30.160  |
| 7  | 277223.881 | 421300.250 | 135.203 |
| 8  | 277363.337 | 421257.523 | 134.916 |
| 9  | 277530.477 | 421143.207 | 133.540 |
| 10 | 277621.852 | 421482.553 | 132.767 |
| 11 | 277273.984 | 421470.883 | 132.973 |
| 12 | 298897.498 | 399117.607 | 91.285  |
| 13 | 298913.673 | 399054.258 | 91.640  |
| 14 | 298985.089 | 398925.482 | 90.734  |
| 15 | 299084.180 | 399007.570 | 90.434  |
| 16 | 299005.385 | 399206.294 | 91.787  |
| 17 | 322303.847 | 431266.947 | 58.188  |
| 18 | 322317.156 | 431138.455 | 50.392  |
| 19 | 322646.129 | 431159.501 | 49.818  |
| 20 | 322753.250 | 431397.762 | 49.255  |
| 21 | 322456.124 | 431324.119 | 61.922  |

38.att. Ierīkoto ģeodēzisko punktu koordinātu saraksts

*Ieteikumi obligāti izpildāmo turpmākās darbību attīstībai:*

Lai arī jau pašreiz uzrādītie iegūto tālīzpētes darbu salīdzināšanas rezultāti uzrāda labus salīdzināmo rezultātu savietojamības rādītājus, tomēr jāatceras ka ierīkotie punkti pirmo gadu gaitā var mainīt savu telpisko pozīciju dažādu ietekmju rezultātā – visbiežāk tās saistāmas ar dabiskām konkrētu grunšu stāvokļu izmaiņām (rakšana /urbšana) punktu ierīkošanas gaitā, kurām tad var sekot dažādi sēšanās vai nobīžu efekti vairāku gadu garumā – tāpēc lai šo efektus ietekmes kompensētu vai labotu nepieciešams:

- Pēc ierīkoto punktu stāvokļa stabilizēšanās – veikt to atkārtotu uzmērīšanu un precizētu katalogu izstrādi (ieteicams vismaz ikgadēja cikla režīmā);

- Organizēt papildus, augstas precizitātes relatīvos punktu uzmērījumus izmantojot klasiskās ģeodēzijas metodes un instrumentu, kuru rezultātā atkārtoti noteikt tiem savstarpējās 3D pozīcijas, katram dārzam atsevišķi;
- Vairākkārtīgi (vismaz divas reizes gadā) atkārtoti pildīt pirmos tālizpētes datu ieguves un apstrādes – modelēšanas darbus – īpaši uzsverot izveidoto atbalsta tīklu iekšējo precizitāšu novērtējumam.

#### *Secinājumi:*

1. Veidojot paaugstinātas precizitātes ģeodēzisko atbalstu, nepieciešams ievērot atbilstošas augstas precizitātes ar savstarpējas atkārtotas uzmērīšanas un izvērtēšanas iespējām minētajā precizitātē.
2. Attīstot paaugstinātu precizitāšu uzmērījumu atkārtojamības iespējas uzsvāru nepieciešams likt uz nelielām, lokālās telpiskās situācijas mainīguma identifikācijas iespējām katram objektam (dārzam) individuāli;
3. Precīzu atkārtotu modelēšanas iespēju atbalstam, lietošanai tālizpētes tehnoloģijās, veidojamos punktus nepieciešams konstruktīvi ierīkot veidojot tiem precīzas attālinātās identifikācijas noformējumu, kurš atbilst to izmantošanai gan lietojot dronus / bezpilota lidaparātus, gan automatizētu dārzu apkalpošanas sistēmu navigācijas spējām un regulārai to darbības spēju paškalibrēšanai.
4. Patreizējās ģeoinformācijas sistēmu un ģeodēzisko mērījumu tehnoloģiju izpildes un lietošanas attīstības dinamika rada papildus un vienlaikus pretrunīgas prasības pret esošo ģeodēzisko atbalsta sistēmu veidošanu, to turpmākās uzturēšanas un attīstības projektēšanu, tajā skaitā veidojot arī maldīgus pieņēmumus, ka tādas vairs nav nepieciešamas;
5. Neskatoties uz šķietamo esošo ģeodēzisko atbalsta sistēmu nozīmes un lomas mazināšanos atbilstošu globālo sistēmu lietošanas dominantes ietekmē, realitātē vietējo ģeodēzisko sistēmu uzdevumi un loma iegūst daudz nopietnāku atbildības pakāpi tieši saistībā ar precīzas ģeotelpiskās informācijas (masveidā iekļaujot tajās jau topogrāfiskās uzmērīšanas datus) lietošanas integrācijas un kvalitātes uzturēšanas uzdevumiem, sevišķi precīzu mērījumu garantētas atkārtojamības kontekstos.

### **ZS “Lapenieki” augļu dārza ģeodēziskais atbalsta tīkls**

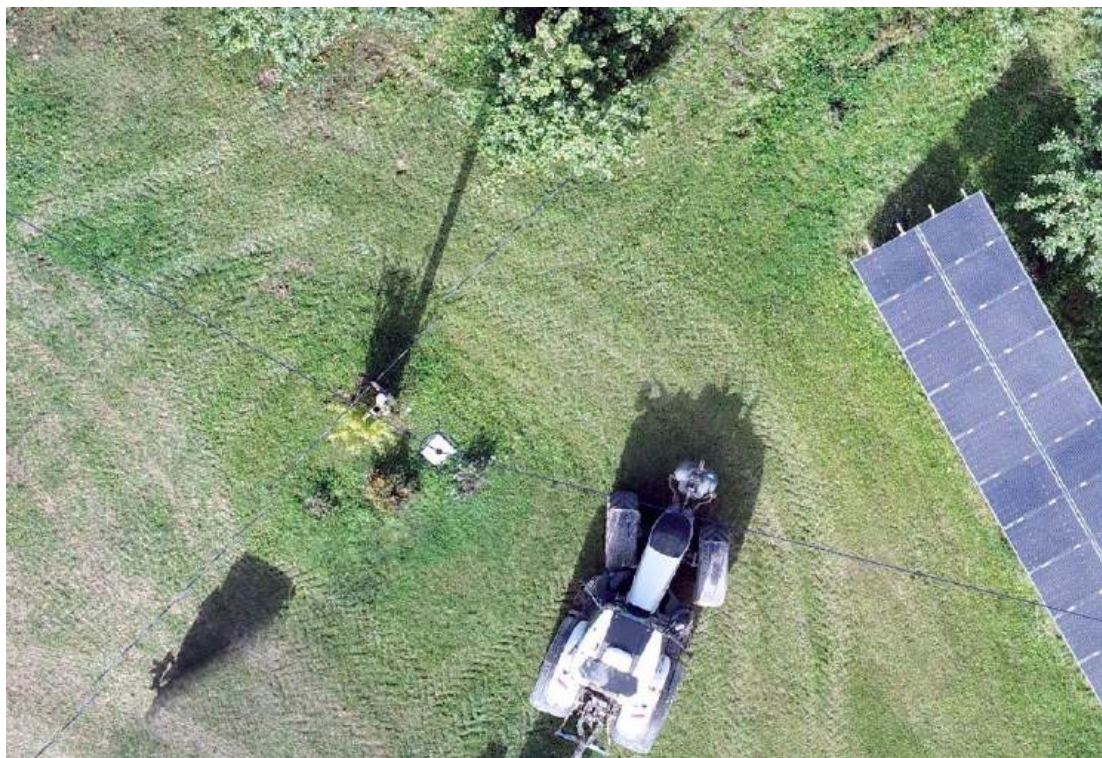
ZS “Lapenieki” augļu dārzā tika ierīkotas piecas ģeodēziskās grunts zīmes (skat. 39.att.). Telpiski augļu dārza konfigurācija ir taisnstūrveida, līdz ar to ģeodēzisko zīmju izvietojums nav komplicēts. Pie augļu dārza platības 2,8 ha attālums starp ģeodēziskajām zīmēm ir robežās no 30 – 200 metriem.



**39. att. ZS “Lapenieki” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums**



**40. att. ZS “Lapenieki” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums**



41. att. ZS “Lapenieki” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums

Ierīkoto virszemes konstrukciju elementi labi saskatāmi un piemēram attēloti 40. un 41. attēlos. Dotie punkti atrodas augļudārza D-A daļā.

Realizējot projekta uzdevumus un pārvietojoties pa augļu dārza teritoriju tā šķīta bez izteiktām vertikālām reljefa formām. Tas parādās arī koordinātu mērījumos pie augstuma dimensijas, kur visas H vērtības atšķiras ne vairāk par 1,3 m (skat. 11.tab.).

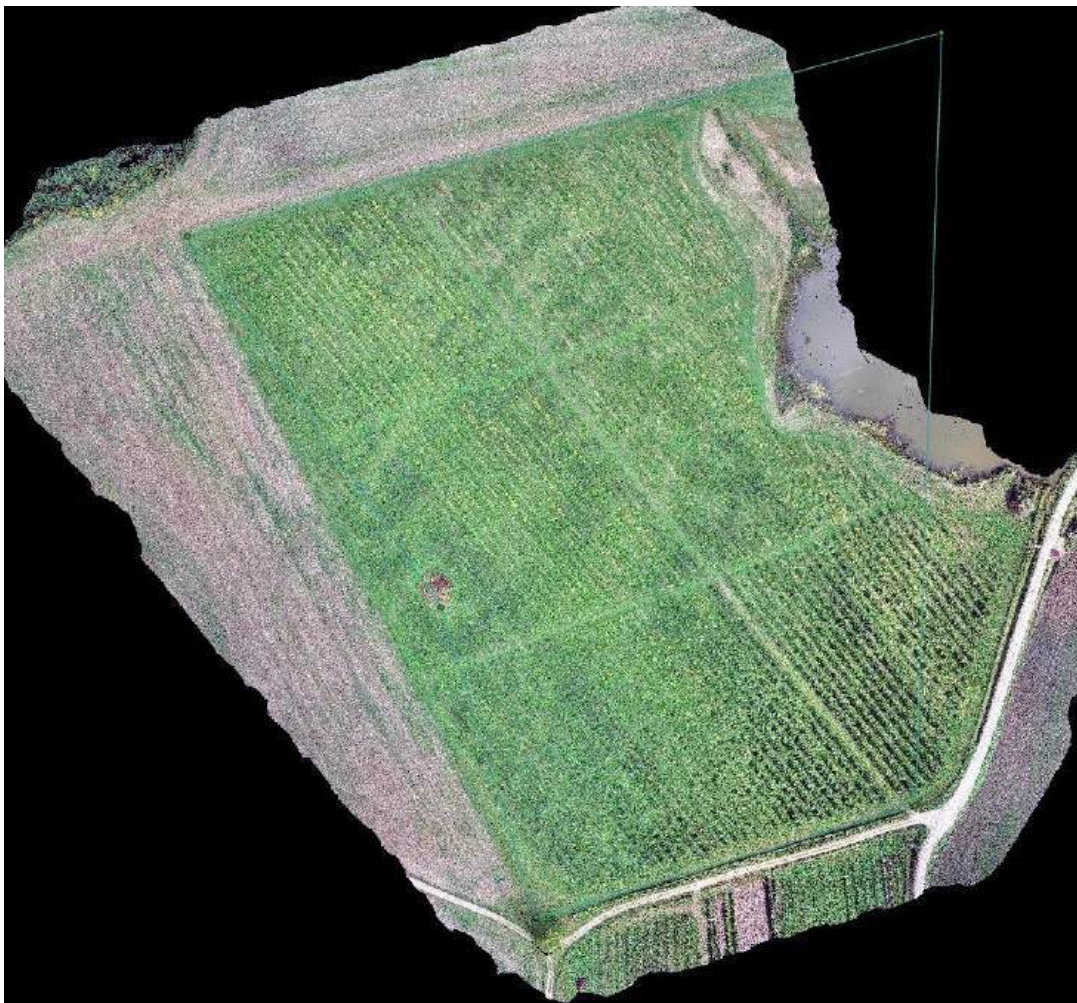
11.tabula

*Ģeodēzisko punktu koordinātas LKS – 92 TM sistēmā un Latvijas normālo augstumu sistēmā LAS-2000.5*

| <b>X</b>   | <b>Y</b>   | <b>H</b> |
|------------|------------|----------|
| 298879.498 | 399117.607 | 91.285   |
| 298913.673 | 399054.258 | 91.640   |
| 298985.089 | 398925.482 | 90.734   |
| 299087.180 | 399007.570 | 90.434   |
| 299005.385 | 399206.294 | 91.787   |

### **ZS “Ausekļi” augļu dārza ģeodēziskais atbalsta tīkls**

ZS “Ausekļi” augļu dārzā tika ierīkotas piecas ģeodēziskās grunts zīmes (skat. 42.att.). Telpiski augļu dārza konfigurācija ir piecstūrveida, ar galvenās ass orientāciju ZR virzienā. Labākai ģeodēzisko punktu izvietojuma nodrošināšanā ģeodēziskai punkts ZA sektorā tika ierīkots mazliet ārpus augļu dārza (ZS “Ausekļi” teritorijā). Līdz ar to tika nodrošināta ģeodēziskās sistēmas atbilstoša ģeometrija. Pie augļu dārza platības 8,5 ha attālums starp ģeodēziskajām zīmēm ir robežās no 45 – 200 metriem.



**42. att. ZS “Ausekļi” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums**

Ierīkoto virszemes konstrukciju elementi labi saskatāmi un piemēram attēloti 43. un 44. attēlos. Dotie punkti atrodas augļudārza D-A daļā.



43. att. ZS “Ausekli” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums



44. att. ZS “Ausekli” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums

Realizējot projekta uzdevumus un pārvietojoties pa augļu dārza teritoriju, tā bija ar izteiktām vertikālām reljefa formām. Tas parādās arī koordinātu mērījumos pie augstuma dimensijas, kur visas H vērtības atšķiras ne vairāk par 3,3 m (skat. 12.tab.). Kā

arī minams, ka šis augļudārzs atrodas visaugstāk virs Baltijas jūras līmeņa salīdzinot ar citiem augļudārziem.

12.tabula

***Ģeodēzisko punktu koordinātas LKS – 92 TM sistēmā un Latvijas normālo augstumu sistēmā LAS-2000.5***

| <b>X</b>   | <b>Y</b>   | <b>H</b> |
|------------|------------|----------|
| 277223.881 | 421300.250 | 135.203  |
| 277363.337 | 421257.523 | 134.916  |
| 277539.477 | 421143.207 | 133.540  |
| 277621.852 | 421482.553 | 132.767  |
| 277273.984 | 421470.883 | 132.973  |

**ZS “Akmentiņi” augļu dārza ģeodēziskais atbalsta tīkls**

ZS “Akmentiņi” augļu dārzā tika ierīkotas sešas ģeodēziskās grunts zīmes (skat. 45.att.).



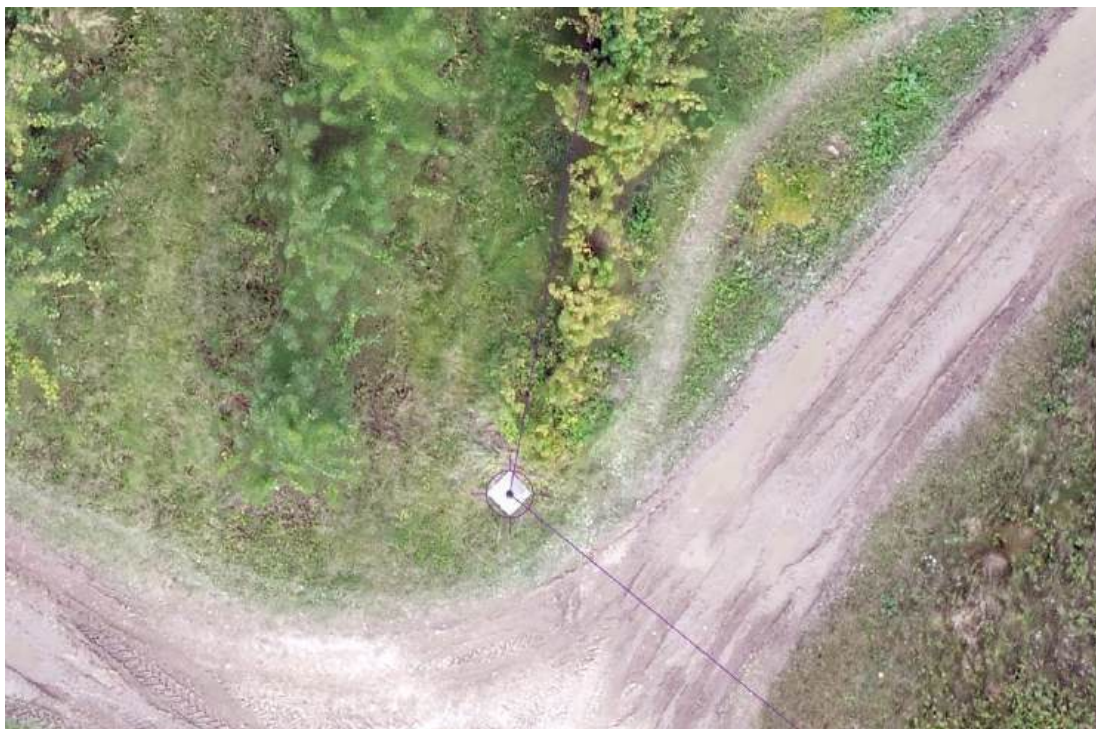
45. att. ZS “Akmentiņi” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums

Telpiski augļu dārza konfigurācija ir sešstūrveida, ar galvenās ass orientāciju ZR virzienā. Labākai ģeodēzisko punktu izvietojuma nodrošināšanā ģeodēziskais punkts DA sektorā tika ierīkots mazliet ārpus augļu dārza (ZS “Akmentiņi” teritorijā). Līdz ar to tika nodrošināta ģeodēziskās sistēmas atbilstoša ģeometrija. Pie augļu dārza platības 7,5 ha attālums starp ģeodēziskajām zīmēm ir robežās no 35 – 240 metriem.

Ierīkoto virszemes konstrukciju elementi labi saskatāmi un piemēram attēloti 46. un 47. attēlos. Dotie punkti atrodas augļudārza D-A daļā (46.attēls) un centrālajā daļā (47.attēls).



46. att. ZS “Akmentiņi” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums



**47. att. ZS “Akmentiņi” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums**

Realizējot projekta uzdevumus un pārvietojoties pa augļu dārza teritoriju, tā bija ar samērā izteiktām vertikālām reljefa formām. Tas parādās arī koordinātu mērījumos pie augstuma dimensijas, kur visas H vērtības atšķiras ne vairāk par 5,1 m (skat. 13.tab.). Augļudārza vidējais augstums ap 33 metriem virs Baltijas jūras līmeņa.

13.tabula

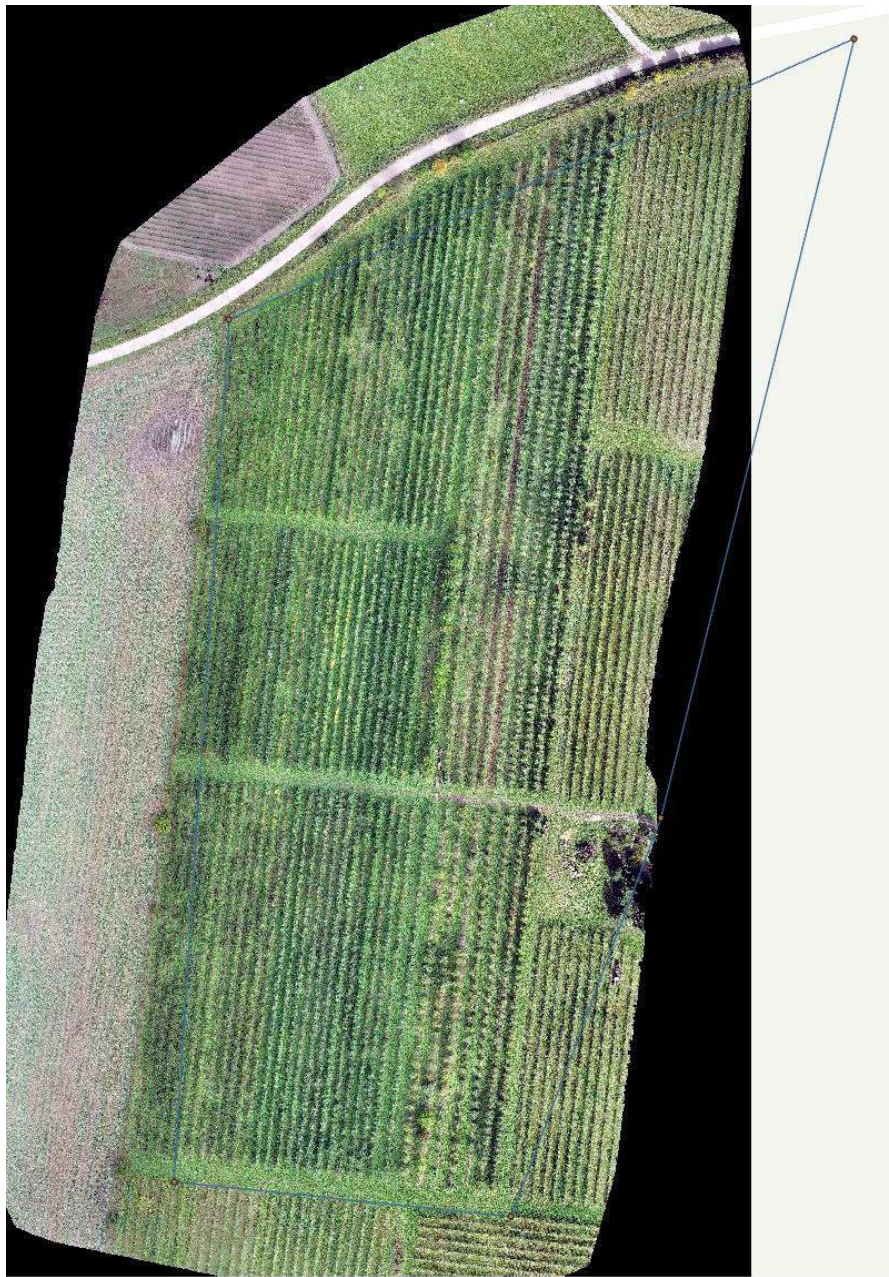
***Ģeodēzisko punktu koordinātas LKS – 92 TM sistēmā un Latvijas normālo augstumu sistēmā LAS-2000.5***

| <b>X</b>   | <b>Y</b>   | <b>H</b> |
|------------|------------|----------|
| 254795.767 | 468736.274 | 35.061   |
| 255128.378 | 468823.812 | 35.254   |
| 255019.827 | 469012.613 | 35.986   |
| 254914.930 | 468993.607 | 34.091   |
| 254745.081 | 469201.934 | 30.534   |
| 254594.889 | 469144.321 | 30.160   |

**SIA “Daigone” augļu dārza ģeodēziskais atbalsta tīkls**

SIA “Daigone” augļu dārzā tika ierīkotas piecas ģeodēziskās grunts zīmes (skat. 48.att.). Telpiski augļu dārza konfigurācija ir sešstūrveida, ar galvenās ass orientāciju ZR virzienā. Labākai ģeodēzisko punktu izvietojuma nodrošināšanā ģeodēziskai punkts ZA

sektorā tika ierīkots mazliet ārpus augļu dārza (SIA “Daigone” teritorijā). Līdz ar to tika nodrošināta ģeodēziskās sistēmas atbilstoša ģeometrija. Pie augļu dārza platības 8,0 ha attālums starp ģeodēziskajām zīmēm ir robežās no 50 – 250 metriem.



48. att. SIA “Daigone” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums

Ierīkoto virszemes konstrukciju elementi labi saskatāmi un piemēram attēloti 49. un 50. attēlos. Dotie punkti atrodas augļudārza D daļā (49. un 50. attēls).



49. att. SIA “Daigone” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums



50. att. SIA “Daigone” augļu dārzā ierīkoto ģeodēzisko punktu izvietojums

Realizējot projekta uzdevumus un pārvietojoties pa augļu dārza teritoriju, tā bija ar samērā izteiktām vertikālām reljefa formām. Tas parādās arī koordinātu mērījumos pie augstuma dimensijas, kur visas H vērtības atšķiras ne vairāk par 12,4 m (skat. 14.tab.). Augļudārza vidējais augstums ap 50 metriem virs Baltijas jūras līmeņa.

14.tabula

***Ģeodēzisko punktu koordinātas LKS – 92 TM sistēmā un Latvijas normālo augstumu sistēma LAS-2000.5***

| <b>X</b>   | <b>Y</b>   | <b>H</b> |
|------------|------------|----------|
| 322303.847 | 431266.947 | 58.188   |
| 322317.156 | 421138.455 | 50.392   |
| 322646.129 | 431159.501 | 49.818   |
| 322753.250 | 431397.762 | 49.255   |
| 322456.124 | 431324.119 | 61.922   |

## TĀLIZPĒTES DATU IEGUVE

Projekta ietvaros tika veikta tālizpētes datu ieguve, tostarp LiDar un fotogrammetrijas datu ieguve, kas turpmāk tiktu izmantoti izpētes, analizēšanas un iespējamo produktu radīšanas izpētei.

Šai procesā uzņēmums GEO Development saredzēja potenciālu jaunu produktu radīšanai, kas būtiski atvieglotu augļkopju ikdienas augļudārzu apsekošanu un uzturēšanu.

### *1.Procesa apraksts:*

Kopā tika veikti datu ieguves pasākumi četros objektos (nosaukumi pēc tuvāko apdzīvoto teritoriju nosaukumiem):

1. Pūre
2. Blīdene
3. Vilce
4. Lutriņi

Tika izmantotas 2 tālizpētes metodes – LiDar tehnoloģija, jeb mobilā lāzerskenēšana un Fotogrammetrijas metode – bilžu kopuma ieguve visam apjomam. Kopā tika veikti pārlidojumi katram augļudārzam kopā 5 reizes ar katru no metodēm. 2022 gadā izmantoja fotogrammetrisko metodi, 2023 gadā LiDar tehnoloģiju. Mērķis - iegūt datus dažādos gadalaikos un ar dažādām metodēm, lai analizējot noskaidrotu efektīvāko no metodēm augļudārzu uzraudzībai un pārvaldībai.

### *1.1. Fotogrammetrisko datu ieguve un apstrāde:*

Šī metode izmantota 2022 gadā piecos lidojumos katram augļudārzam. Lidojumi veikti periodos (orientējoši, neuzskaitot katru lidojumu atsevišķi) – marts 2022, Maijs 2022, Augusts 2022, Septembris 2022, Novembris 2022. Lidojuma laiki izvēlēti GEO Development kompetences un plānotās izpētes ietvaros. Precizējot lidojuma laikus pēc katra individuāla augļudārza un tajos augošo koku sugu specifikācijas, ir iespējams iegūt precīzus laikus, kad veikt tālizpēti, lai rezultāts būtu precīzāks un ar vērtīgākiem datiem. Kopumā iegūtais datu apjoms bija pietiekams, lai veiktu apstrādi un radītu ortofoto karti.

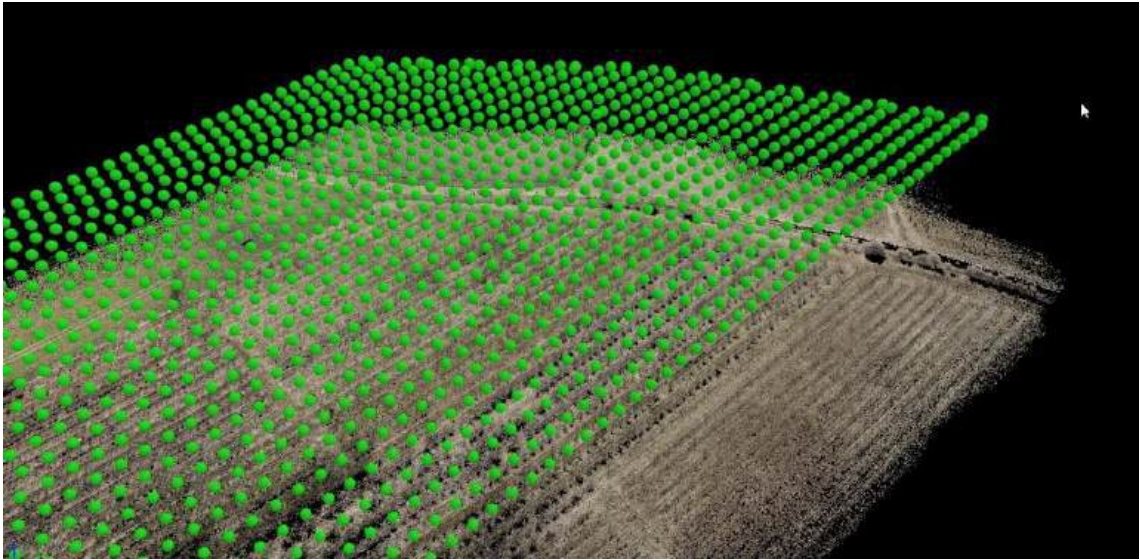
Pārlidojumi tika plānoti atbilstoši laikapstākļiem. Fotogrammetrijas vajadzībām vispiemērotākais laiks ir vasara, dienas vidus un apmācies laiks. Tas nodrošina viendabīgu bilžu ieguvu, bez ēnām, nepārgaismotu un krāsas ir viendabīgas. Lidojumam izmantots drons DJI Phantom 4 RTK. Papildus izmantots lidojums RTK režīmā – tas nozīmē ka katrai bildei ir precīza ģeolokācija (līdz 1-2cm). Tas nodrošina ka katru reizi rezultātā tiks iegūta ortofoto karte, kura ‘‘atradīsies’’ vienā un tai pašā vietā (precīzi ģeoreferencēta). Vidēji viena augludārza lidojuma laikā tika iegūtas ap 2000 bildes un kopējais datu apjoms ap 20GB. Kopējais katra dārza 2022 gada lidojumu datu apjoms ir ap 100GB.

Rezultātā veicot datu apstrādi ar fotogrammetrijas metodi (programmatūra: PIX4Matic) tika iegūta kopējā ortofoto bilde. Bilde kopā par 2022 gadu ir no pieciem pārlidojumiem katram dārzam. Tālāk šīs ortofoto bildes apskatāmas, salīdzināmas ar kādu no GIS programmām (piemēram bezmaksas risinājums: QGIS). Tur bildes var salikt vienu virs otras un, atslēdzot, pētīt izmaiņas pa periodiem.

*Vizuāls attēlojums:*



51.att. Lidojuma scenārijs. Katrs punkts apzīmē fotofiksācijas vietu.



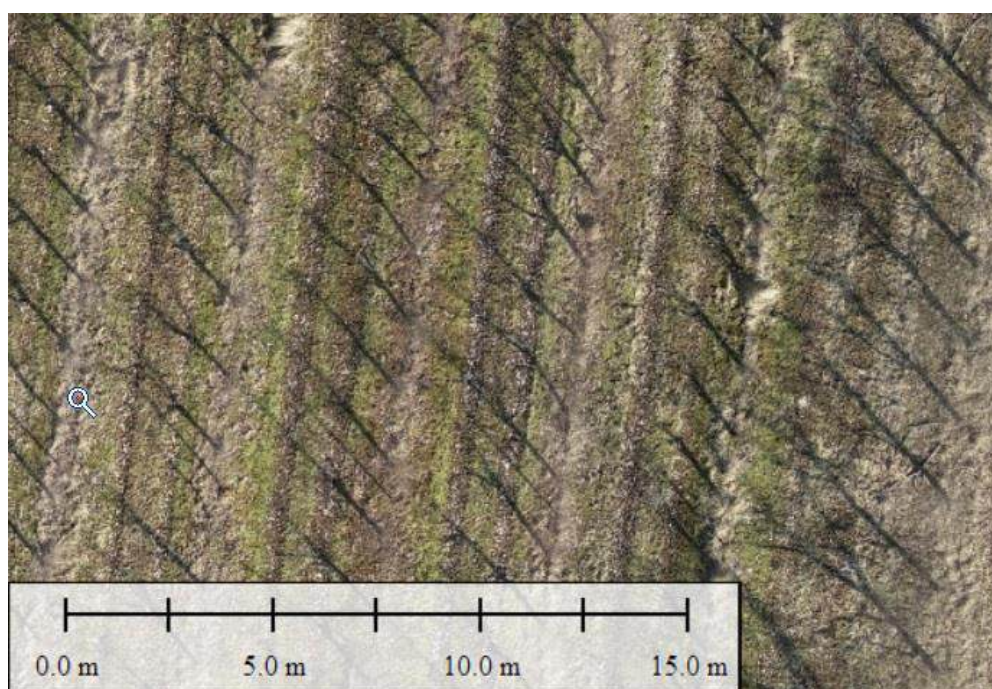
52.att. Katrs punkts apzīmē fotofiksācijas vietu



53.att. Programmas radīts punktu mākonis ar fotogrammetrisko metodi



54.att. legūtā ortofoto bilde



55.att. legūtā ortofoto bilde tuvinājumā

### *1.2.LiDar tehnoloģijas datu ieguve un apstrāde:*

Šo metodi izmantoja 2023 gada lidojumos. Metodes priekšrocība ir, ka mērījumi ir ar mērniecības kvalitāti un precizitāti (Survey grade). Rezultātā tiek iegūts precīzs punktu mākonis kurš ir ģeoreferencēts (1-2 cm). Tas nodrošina, ka vairāku lidojumu dati savstarpēji “atradīsies” vienā un tai pašā vietā, kas nodrošinātu kvalitatīvu salīdzināšanas metodi. LiDar tehnoloģija papildus iegūst atstarojuma intensitātes radījumus (piemēram gaisas virsmas ir augsta atstarojuma intensitāte, savukārt uz tumšas ir zema). Piemērs augļu koku lapojums tiek fiksēts un pašam koka lapojumam ir zema atstarojuma intensitāte (lāzera stars “iesprūst” un maz atstaro no lapās saistībā ar fotosintēzes definīciju – lapas uzsūc sevī daudz gaismas). Tas papildus nodrošina pētījumiem labus datus, jo var analizēt koka vainagu, tā “dzīvīgumu”.

Lidojumiem izmantojām dronu DJI Matrice 300RTK un Yellowscan lāzerskeneri Mapper+.

Lidojumiem šai gadījumā nav vajadzīgi labvēlīgi laikapstākļi, jo LiDar metode var tikt lietota arī naktī un tā nav atkarīga no gaismas intensitātes.

Lidojumi tika veikti 5 reizes katram augļudārzam. Papildus, par cik tehnoloģija ir sarežģīta un ir iespējas, ka dati būs nekvalitatīvi, katru reizi veica 2 dublējošos lidojumus. Tas nodrošināja, ka katru reizi dati tiks iegūti un sistēmas kļūdas dēļ nebūs jāatgriežas objektā atkārtoti. Visā lidojumu procesā nekvalitatīvi dati no 25 lidojumiem bija 2 reizes. Tas saistīts ar GPS datu pārtrūkumu. Kopā procesā vidējais datu apjoms lidojumam ir ap 8GB izejas datu.

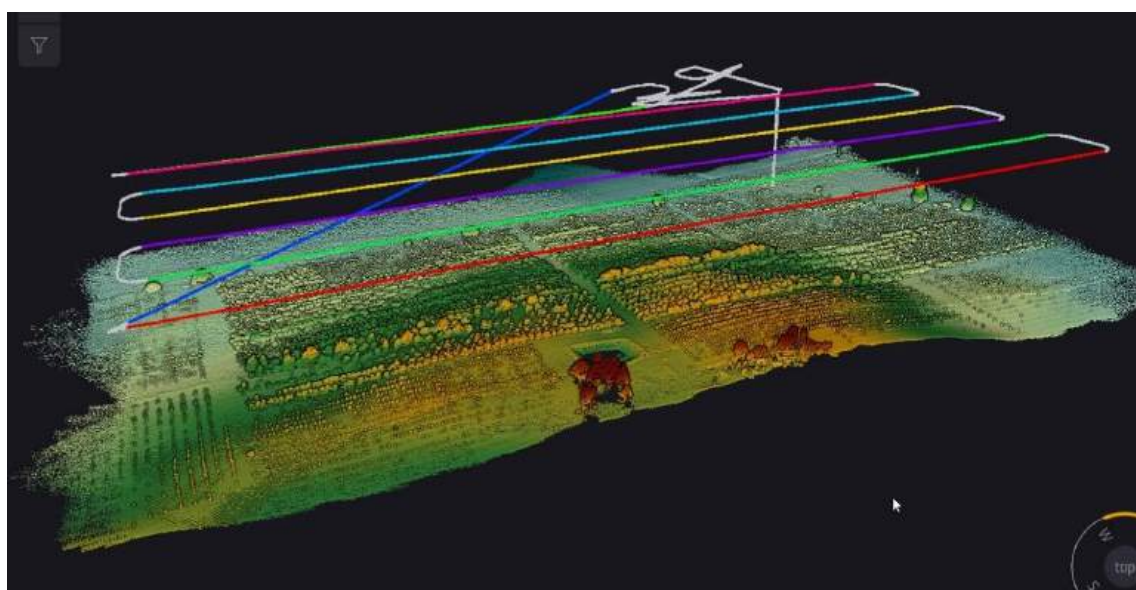
Datus apstrādāja ar programmatūrām:

1. Aplanix PosPac – Lidojuma Trajektoriju izlīdzināšanai un novērtējumam;
2. Yellowscan cloudstation – Lāzerskenera un trajektoriju apstrādes, savietošanas programma;
3. Terasolid – Punktu mākoņa pēcapstrādes programmatūra.

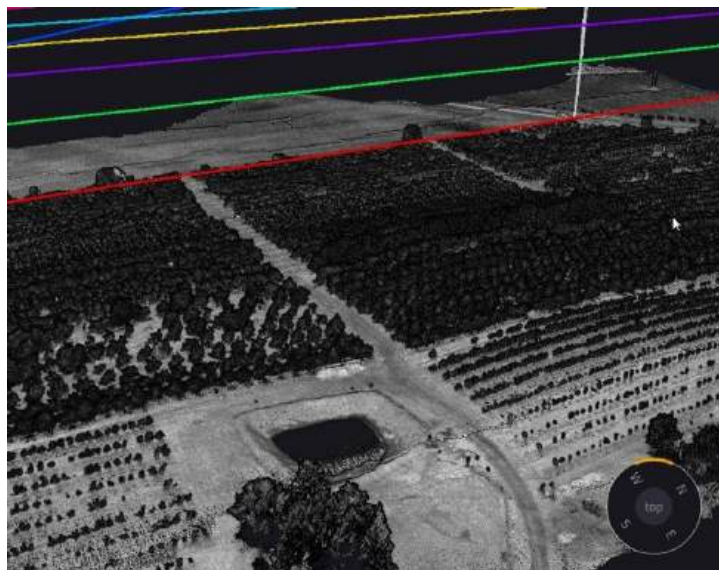
Rezultātā pēc visu datu apstrādes ieguva “.laz” formāta punktu mākonis, kas ir precīzi ģeoreferencēts, tam ir saklasificēta zemes virsma.



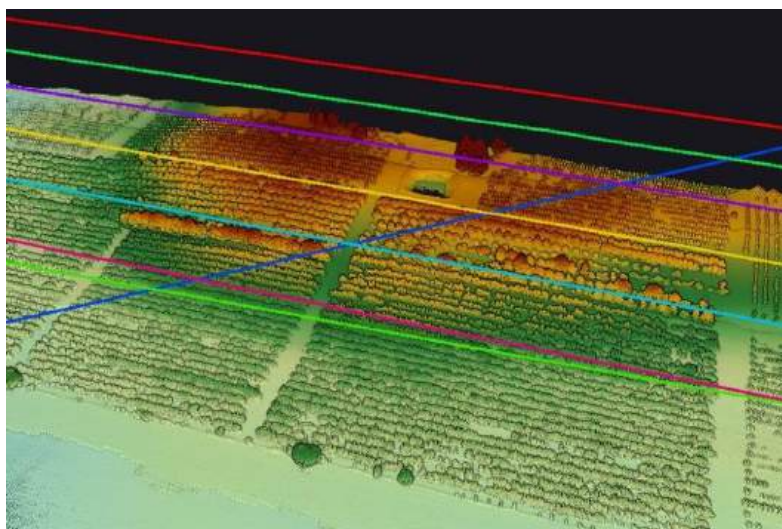
56.att. Lidojuma trajektorija



57.att. Iegūtais punktu mākonis



58.att. Punktu mākonis vizualizēts pēc intensitātes rādījuma



59.att. Mākonis vizualizēts pēc augstuma izmaiņām



60.att. DJI Matrice 300RTK ar YS mapper lazerskenneri

Kopējais datu ieguves ilgums bija divi gadi. Sākotnēji bija plānots izmantot tikai fotogrammetrisku datu ievākšanu un apstrādi. 2023. gadā tika pieņemts lēmums izmantot LidDar tehnoloģiju, lai būtu plašāks aptvertais tehnoloģiju loks.

Veicot lidojumus vadījās pēc mērķa – iegūstam maksimāli daudz datus, veicam ļoti sabiezinātu fotofiksāciju, lai teorētiski būtu visvairāk datu, ko apstrādāt. Pētījumos neņēma vērā efektivitāti lidojumiem, jo sākotnēji ir jāveic maksimāli vislabākais un apjomīgākais datu savākšanas apjoms, lai pēc tam varētu vērtēt un plānot kā un ko var efektīvizēt.

Tāda pat pieeja bija veicot lidojumus ar Lāzerskeneri – maksimāli tuvākas trajektorijas, lai lāzerskeneris spētu savākt datus no dažādiem leņķiem, kas nodrošinātu pilnīgākus datus.

Fotogrammetrijas metodes novērtējums.

Pozitīvais: dati ir ļoti labi, vizuāli viegli uzskatāmi. Augstas izšķirtspējas bilde, kurā uzreiz var apskatīt visu augļudārzu, ir ļoti efektīvs materiāls uz kura pamata var pētīt un pieņemt lēmumus, vai ieraudzīt potenciālos riskus augļudārzā. Bilde pati par sevi ir atverama datorā bez speciālas programmatūras, bet, ja lieto GIS risinājumus, tad bildei ir ļoti precīza ģeolokācija un dažādas bildes, savietojot vienu uz otras, var pētīt konkrētas vietas izmaiņas augļudārzos.

Izaicinājums: patreiz process, kā iegūt datus, ir daļēji sarežģīts, prasa speciālistu kas māk, saprot fotogrammetrijas pamatprincipus, to apstrādi un nodevumu radīšanu. Pasaulē patreiz tiek izstrādātas metodes un vietām jau tiek pielietota metode, ka drons automātiski veic misijas, pats paceļās, nolaižās uz speciālas dokstacijas. Vēl tiek strādāts pie automatizācijas pēc drona lidojuma, lai dati tiktu ievākti, apstrādāti un nodoti klientam bez cilvēka iesaistes. Šāda pieeja visticamāk pēc pieciem gadiem būs ikdiena. Jāturpina strādāt pie algoritmiem, kā novērtēt automātiski bildēs redzamo un potenciālos riskus augļudārzos – pēc krāsām, izmaiņām utt. Lai augļudārza saimnieks var ik periodu paskatīties telefonā vai datorā jau uzreiz saņemt info par to, kur, kas un cik ir mainījies un kam jāpievērš uzmanība.

Lāzerskenēšanas metodes novērtējums.

Pozitīvais: Metode ir ļoti precīza. Dati ir kvalitatīvi precīzi ģeoreferencēti. Lāzerskeneris atšķirībā no fotogrammetrijas metodes spēj “izlauzties” caur lapojumu un

savākt datus arī zem koka un pat to stumbrus. Papildus tiek iegūts intensitātes radījums, kas daļēji palīdz noteikt koka veselības stāvokli.

Izaicinājums: Metode patreiz ir dārga, sarežģīta. Apstrāde prasa zināšanas daudz aspektos. Lāzerskenēšanas dati nav tik viegli vizuāli uzskatāmi. Datu aplūkošanai un vērtējumiem ir nepieciešamas papildus zināšanas.

GEO Development secina, ka patreiz ļoti efektīva ir fotogrammetriskās metodes lietošana augļudārzu novērtējumā. Attīstoties automātiskām sistēmām, šī metode var tikt ieviesta un izmantota augļudārzu apsekošanā, efektīvā pārraudzībā un izdevumu samazināšanā.

Papildus šī projekta ietvaros netika veikta izpēte ar multispektrālām kamerām. Tās izmantošana iespējams varētu dot daudz vairāk informācijas par augļudārza “veselības stāvokli”. Šo metodi ir ieteicams pētīt padziļināti un iespējams, ka lietojot apvienotu metodi multispektrālo un fotogrammetrisko metodi, tiktu iegūts pilns datu apjoms, kas parādītu augļudārza parametrus, to stāvokli un brīdinātu par potenciāliem riskiem ar augļudārza “veselības” stāvokli.

Citas tālīzpētes metodes.

Veicot dronu uzņemto attēlu vizuālu analīzi, rezultātu ietekmē vairāki blakus faktori - attēlu uzņemšanas brīdi esoši apgaismojuma apstākļi, izmantotā monitora kvalitāte ietekmē krāsu nianšes, katram cilvēkam var būt nedaudz citādāka krāsu toņu uztvere. Lai izvairītos no šiem faktoriem un arī lai iegūtu padziļinātu informāciju, ir izstrādātas metodes dažādiem indeksiem, kurus iegūst no attēliem, kas uzņemti ar multispektrālām kamerām.

Viens no plašāk pielietotajiem indeksiem ir normalizētais veģetācijas starpības indekss (Normalized difference vegetation Index- NDVI). Veselīgai veģetācijai ir ļoti raksturīga spektra atstarošanas līkne, kuras izvērtēšanā nozīmīgas ir divas joslas – redzamā sarkanā un tuvā infrasarkanā. NDVI indekss tiek aprēķināt no šo spektra joslu attiecības.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

kur:

NIR – gaismas, kas atstarojas tuvajā infrasarkanajā spektrā

RED – spektra sarkanajā diapazonā atstarota gaismas

NDVI vērtības ir no -1,0 līdz 1,0, kur negatīvās vērtības, galvenokārt, veidojas no mākoņiem, ūdens un sniega, bet nulles tuvumā esošās vērtības, galvenokārt, veidojas no klintīm un kailas grunts. NDVI vērtība līdz 0,3-0,4 ir, ja augi nenosedz visu augsni, piemēram ilggadīgie stādījumi ar rušinātām rindstarpām.

NDVI indeksa aprēķiniem plaši izmanto datus no satelītiem. Rezultāti ir pieejami dažādās platformās gan maksas, gan bezmaksas versijās, piemēram - Onesoil, Smartagro, eAgronom u.c. Projekta ietvaros tika izmantota Onesoil bezmaksas versija.



**61.1.att.Pūre, NDVI (24.05.2022.) un drona attēls (13.05.2022.)**

Apskatot Pūres dārzā 5. kvartālu 2022. gada 24. maijā NDVI ir redzams, ka drona attēlos identificēto problemātisko zonu rajonā ir zemāks indekss (0.73-0.75 problemātiskā zonā un 0.78-0.80 ārpus tās), tomēr ir apgrūtināši izdalīt problemātiskās zonas robežas.

Rudens periodā NDVI atšķirības saglabājas un septembrī 5. kvartālā problemātisko zonu rajonā NDVI ir 0.78-0.8 un ārpus tām 0.86-0.90. Tomēr arī septembrī ir apgrūtināši izdalīt problemātiskās zonas robežas.



61.2.att. Pūre, NDVI (26.09.2022.) un drona attēls (25.09.2022.)

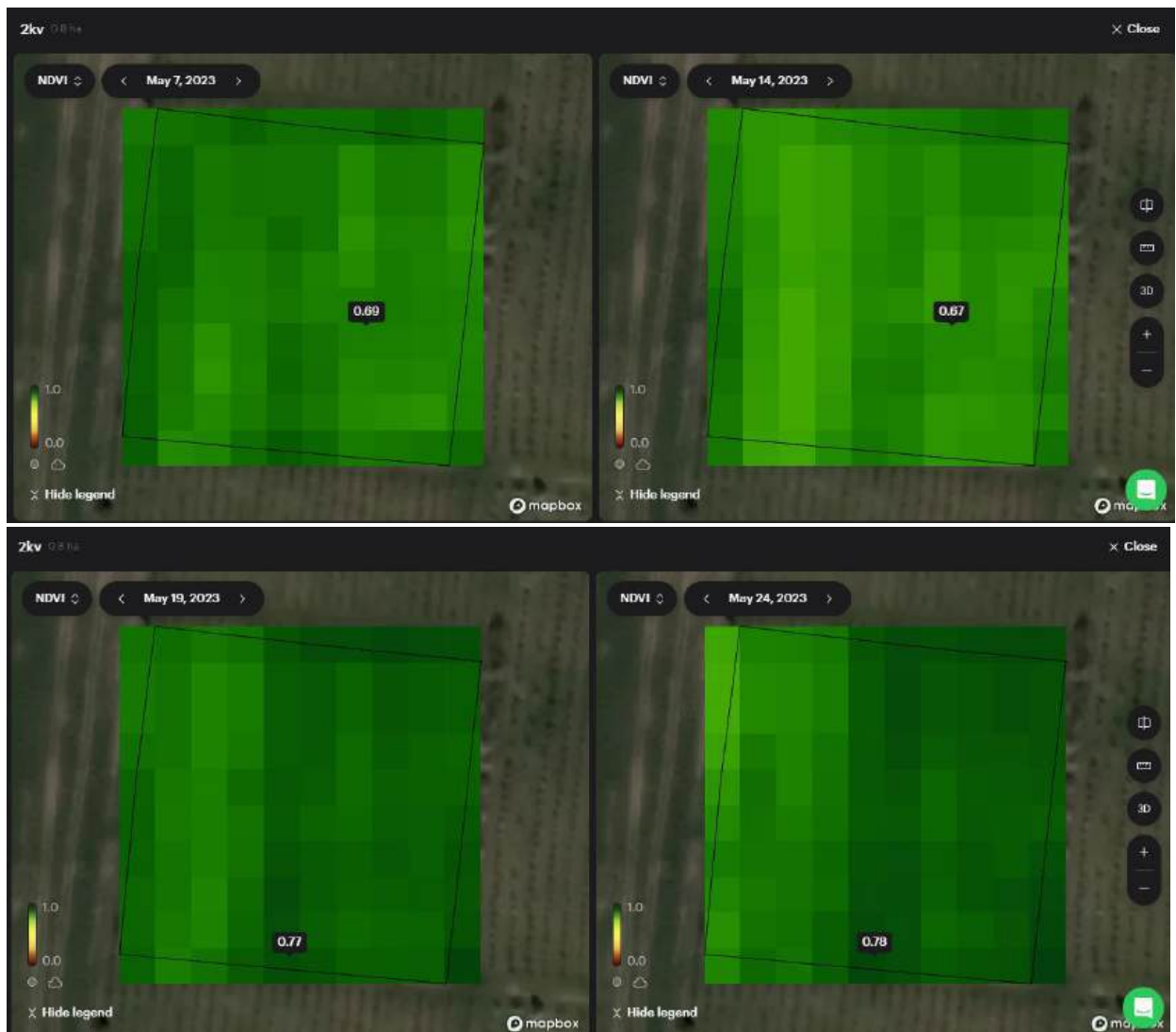
NDVI atšķirību vieglākai vizualizācijai ir iespējams izmantot kontrastētu attēlojumu, kad krāsu skala nav no 0 līdz 1, bet no zemākās vērtības līdz augstākajai.



62.att. Pūre, kontrastēts NDVI 24.05.2022. un 26.09.2022.

Veģetācijas indeksu var izmantot, lai vērtētu izmaiņas stādījumā. 2023. gada pavasarī bija spēcīgas salnas maija sākumā. 2. kvartāla kreisā puse atrodas līdzenā vietā, apmēram no lauka vidus sākas nogāze un lauka labā puse ir 2-3m augstāka. Salnu laikā kvartāla kreisajā daļā temperatūra bija zemāka un koki vairāk cieta. Tas redzams arī NDVI izmaiņās- 7. maija NDVI augstāks ir kvartāla kreisajā pusē, bet jau ar 14. maiju

sadalījums mainās un maija III dekādē pirmās 6-7 rindas no kreisās puses ir ar zemāku NDVI.



63.att. Pūre, NDVI 2023. gada maijs

Tomēr ar NDVI ne vienmēr izdodas identificēt problemātiskās zonas, kas tika atrastas no drona attēliem. Piemēram 3. kvartālā meliorācijas sistēmas defekta radītās problemātiskās zonas nevar identificēt ne 2022. gada jūnijā, ne augustā.



64.att. Pūre 3 kvartāls, kontrastēts NDVI 2022. gada jūnijs un augusts

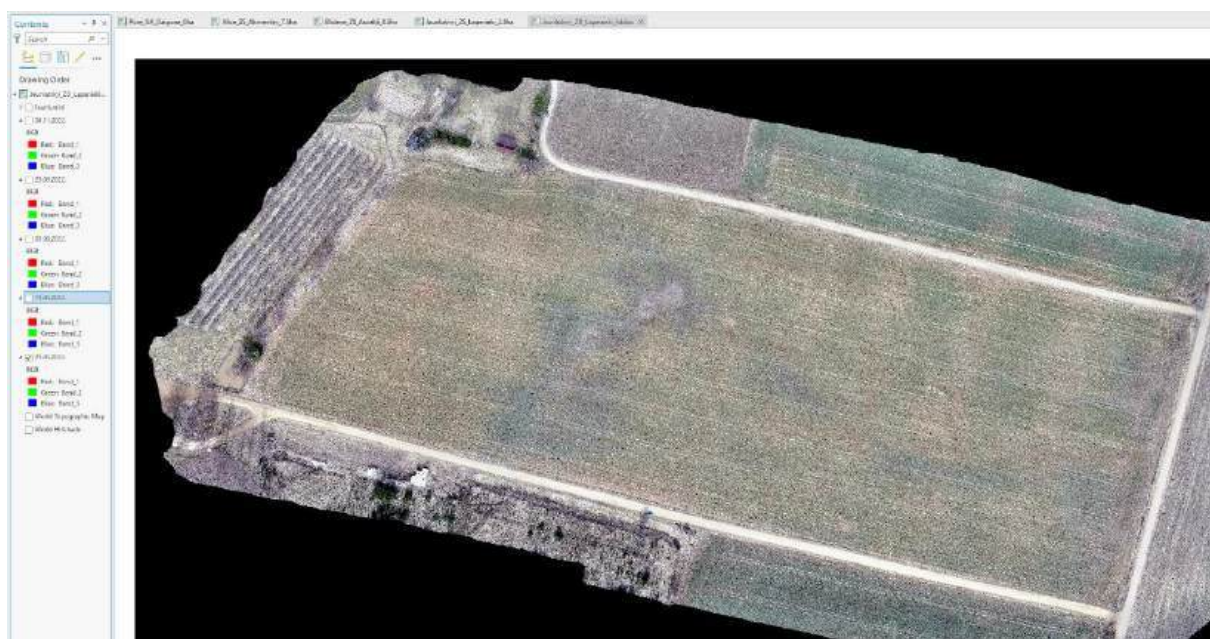
Kopumā jāsecina, ka NDVI ne vienmēr var izmantot augļu dārza novērtējumā. Uzlabojumi būtu iespējami, ja būtiski palielinātu attēlu izšķirtspēju - izmantotajos attēlos pikseļa izmērs ir 10x10 m, kas ir pārāk liela platība. Sasniedzot izšķirtspēju 1x1 m, vai mazāku, būtu iespējams atsevišķi novērtēt koku un rindstarpu zālāja NDVI.

## ĢEOTELPISKO DATU APSTRĀDE UN VAIRĀKSLĀŅU KARTOGRĀFISKO ATTĒLU IZGATAVOŠANA

Vairākslāņu kartogrāfiskā materiāla izgatavošanai tika pielietotas dažādas datorprogrammas, lai savietotu no bezpilota gaisa kuģiem iegūtos datus – attēlus vienā lielā – visas teritorijas ortofoto attēlā. Projekta laikā tika iegūti katram augļudārzam kopumā 6 ortofoto – pirmais ortofoto tika iegūts 2019. gada jūnijā un pieci ortofoto tika iegūti 2022. gada laikā. Lai izveidotu vairākslāņu kartogrāfisko materiālu, tika izmantota ArcGIS Pro programmatūra, kur iegūtie ortofoto tika savietoti pa slāņiem, ar iespēju tos aktivizēt vai deaktivizēt, kā arī ar iespēju ekrānā apskatīt divus slāņus vienlaicīgi.

### ZS “Lapenieki” labības lauka vairākslāņu kartogrāfiskais materiāls

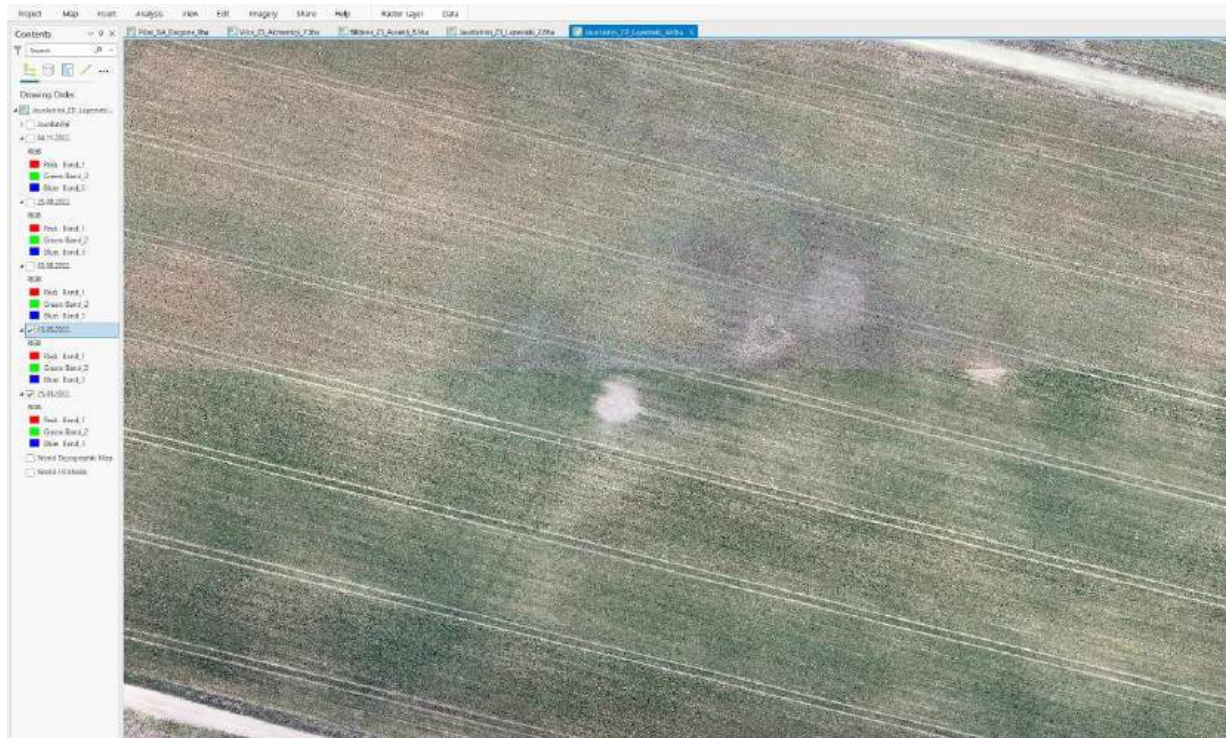
Labības laukam ortofoto tika iegūti 2022. gadā. Lidojumi ar bezpilota gaisa kuģi notika 25. martā, 13. maijā, 3. augustā, 25. septembrī un 4. novembrī.



65. att. 2022. gada 25. marta ortofoto attēlojums ArcGIS Pro vidē

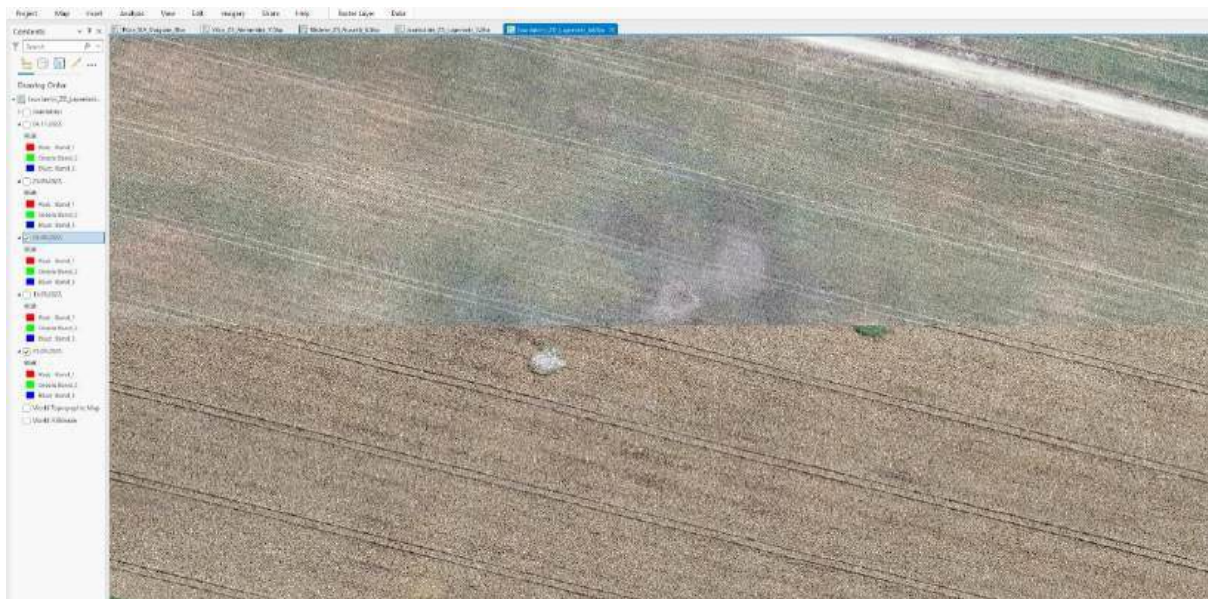
65. attēlā redzams no bezpilota gaisa kuģa iegūto un apstrādāto datu galaprodukts – ortofoto, kas ģeoreferencēts Latvijas koordinātu sistēmā (LKS-92). Attēlā parādīta situācija apvidū, kāda tā bija 2022. gada 25. martā, kad tika veikts lidojums.

Lai veiksmīgāk redzētu izmaiņas un lauka augšanas attīstību, tika iespējota funkcija aplūkot labības lauku divos ortofoto vienlaicīgi un pietuvinot līdz nepieciešamajam lielumam.



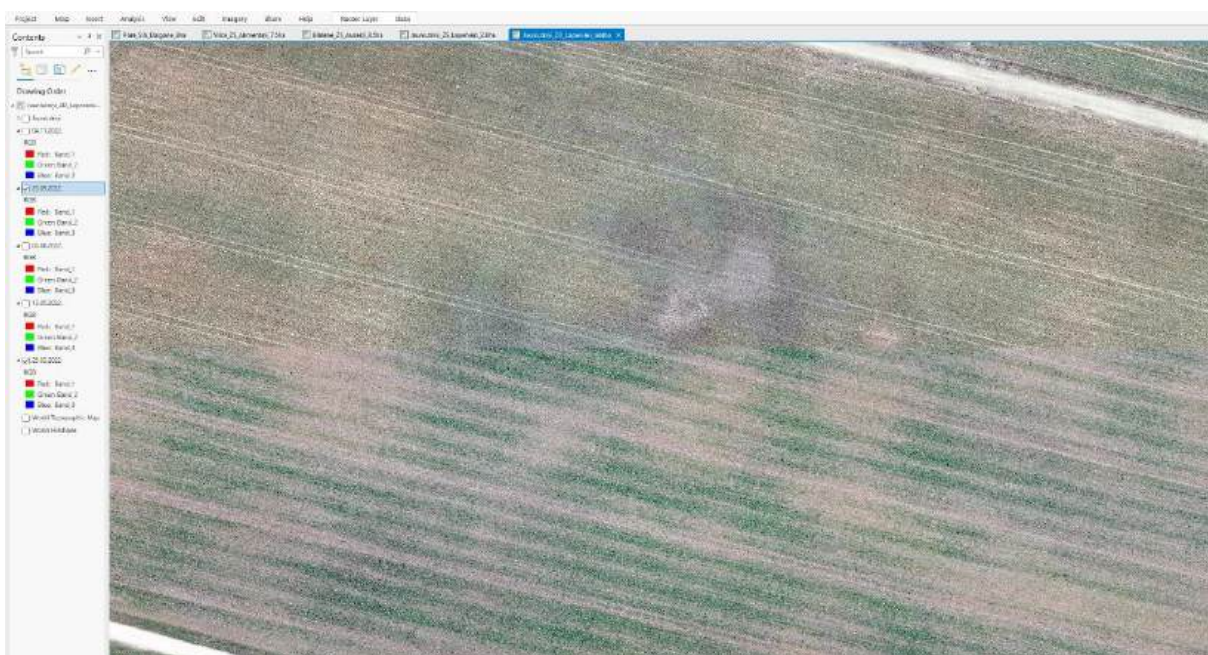
**66. att. 2022. gada 25. marta ortofoto (augšpusē) un 2022. gada 13. maija ortofoto (apakšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

66. attēlā redzamas izmaiņas apvidū. Iespējot “swipe” funkciju ArcGIS Pro programmatūrā, iespējams aplūkot 2 slāņus vienlaicīgi. 2. attēla augšpusē redzams 2022. gada 25. marta ortofoto un attēla apakšpusē 13. maija ortofoto. 13. maija ortofoto iespējams identificēt vietas, kur labības laukā varētu būt kādas problēmas.



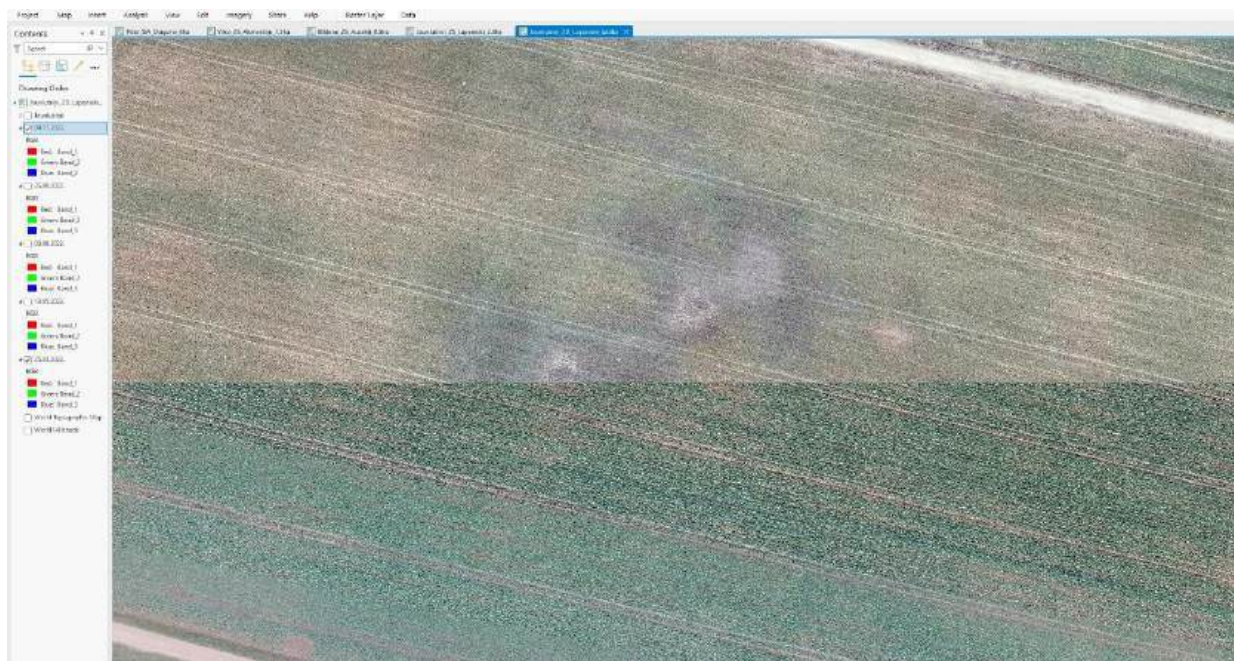
**67. att. 2022. gada 25. marta ortofoto (augšpusē) un 2022. gada 3. augusta ortofoto (apakšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

67. attēlā augšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 25. marta, bet apakšpusē redzams ortofoto no 3. augusta. Attēlā redzams, kā šajā laukā ir mainījusies situācija nedaudz vairāk, kā četrus mēnešus laikā.



**68. att. 2022. gada 25. marta ortofoto (augšpusē) un 2022. gada 25. septembra ortofoto (apakšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

68. attēlā augšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 25. marta, bet apakšpusē redzams ortofoto no 25. septembra. Attēlā redzams, kā šajā laukā ir mainījusies situācija sešu mēnešu laikā.

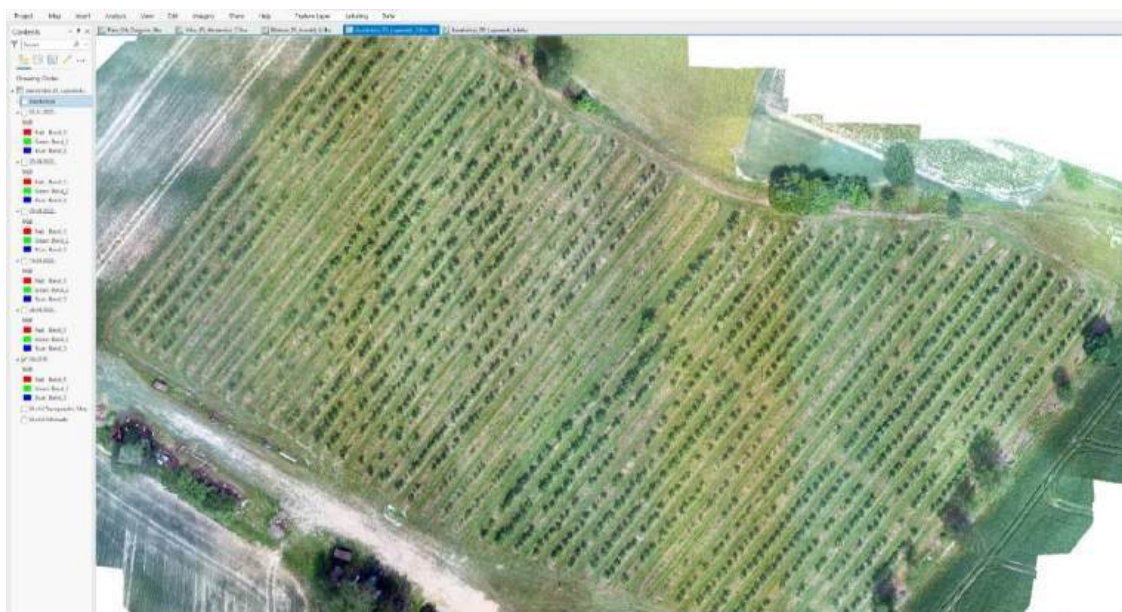


**69. att. 2022. gada 25. marta ortofoto (augšpusē) un 2022. gada 4. novembra ortofoto (apakšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

69. attēlā augšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 25. marta, bet apakšpusē redzams ortofoto no 4. novembra. 4. novembra ortofoto redzams, ka lauks ir sazaļojis viendabīgi un vairs nav novērojamas vietas ar mazāku apaugumu.

### **ZS “Lapenieki” augļu dārza vairākslāņu kartogrāfiskais materiāls**

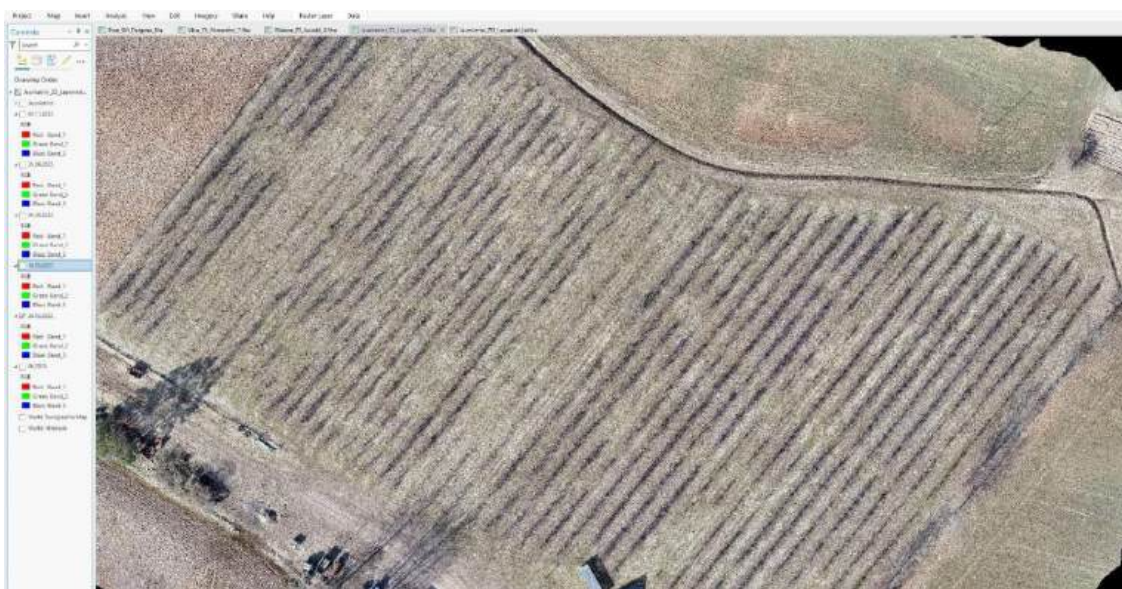
ZS “Lapenieki” augļu dārza platība ir 2,8 ha. Kopumā tika iegūti dati un tie apstrādāti, veidojot ortofoto no 6 lidojumiem – viens lidojums notika 2019. jūnijā un 5 lidojumi bija 2022. gadā. Lidojumi ar bezpilota gaisa kuģi notika 2019. gada 26. jūnijā, 2022. gada 24. martā, 2022. gada 16. maijā, 2022. gada 9. augustā, 2022. gada 25. septembrī un 2022. gada 3. novembrī.



70. att. 2019. gada 26. jūnija ortofoto attēlojums ArcGIS Pro vidē

70. attēlā redzama situācija apvidū uz 2019. gada 26. jūniju. 2019. gadā noritēja pirmais lidojums ar bezpilota gaisa kuģi virs augļudārza, iegūstot ortofoto.

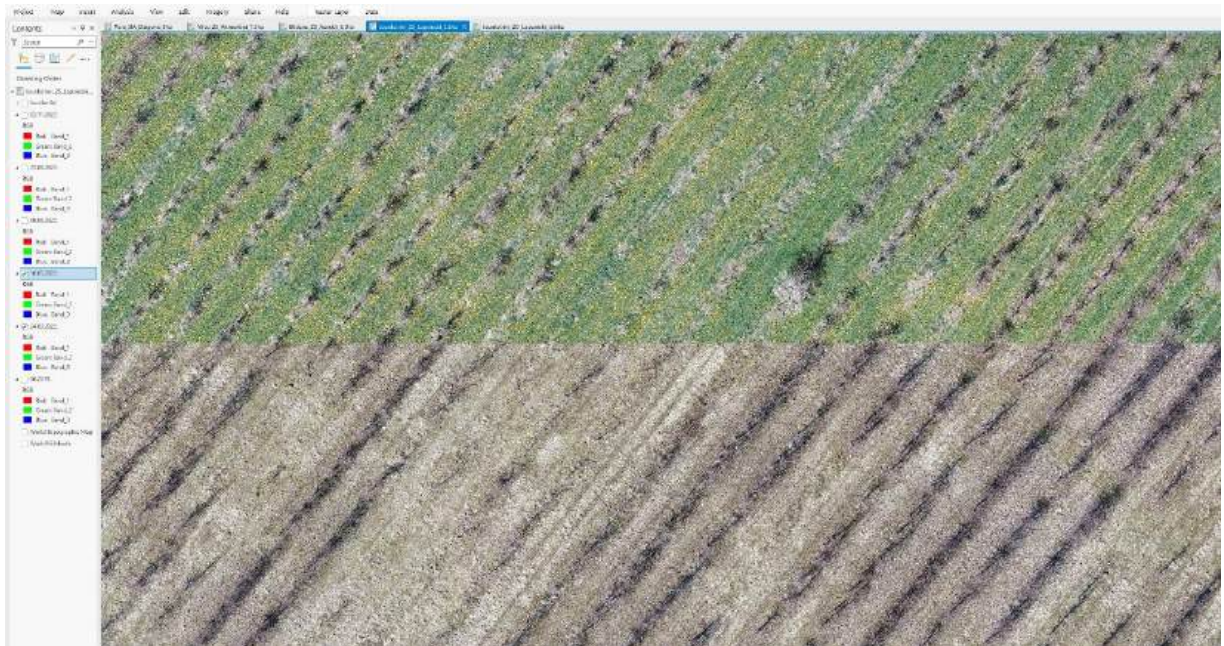
Lai veiksmīgāk redzētu izmaiņas un augļu dārza augšanas attīstībā, tika analizēti dati par 2022. gadu.



71. att. 2022. gada 24. marta ortofoto attēlojums ArcGIS Pro vidē

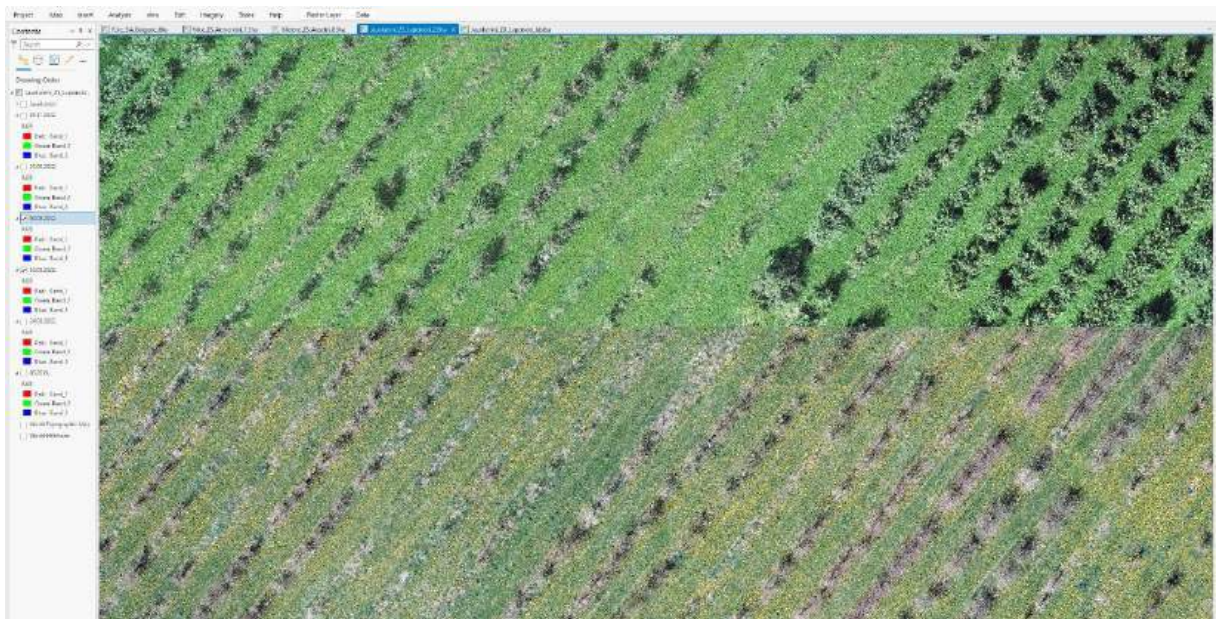
71. attēlā parādīta situācija apvidū, kāda tā bija 2022. gada 24. martā. Attēlā var redzēt augļu dārzu, tā veģetācijas stadijā, pirms lapu veidošanās. Lai veiksmīgāk redzētu

izmaiņas un augļu dārza augšanas attīstību, tika iespējota funkcija aplūkot augļu dārzu divos ortofoto vienlaicīgi un pietuvinot līdz nepieciešamajam lielumam.



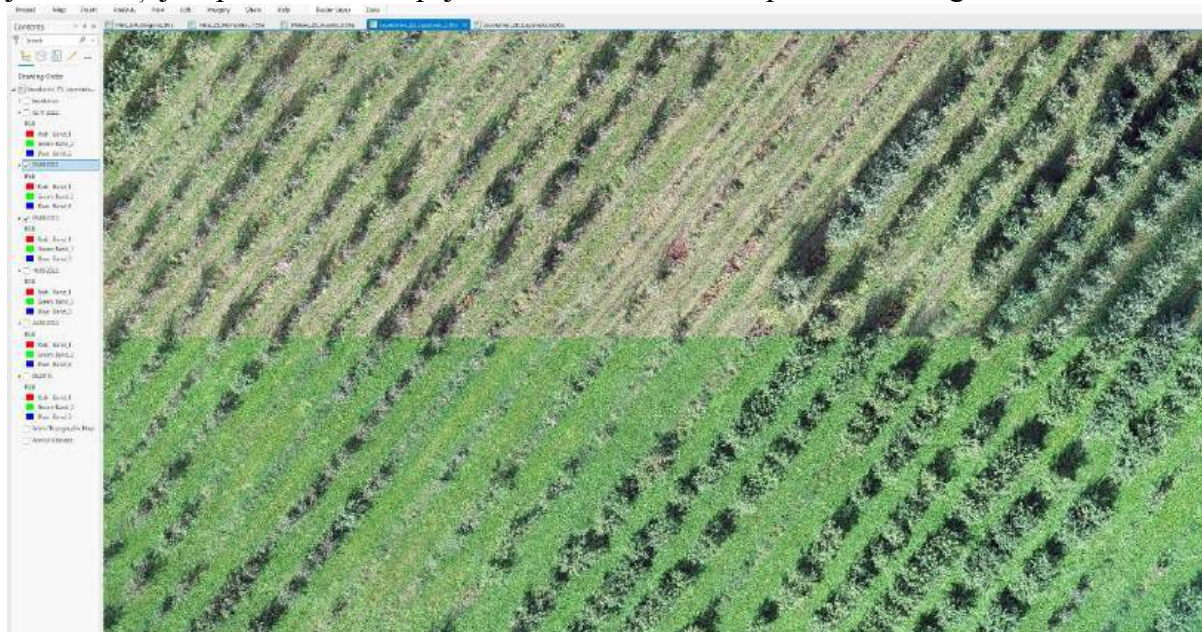
**72. att. 2022. gada 24. marta ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 16. maija ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

72. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 24. marta, bet augšpusē redzams ortofoto no 16. maija. 16. maija ortofoto redzams, ka zāle ir sazaļojusi un atsevišķiem augļu kokiem sāk veidoties pirmās lapas.



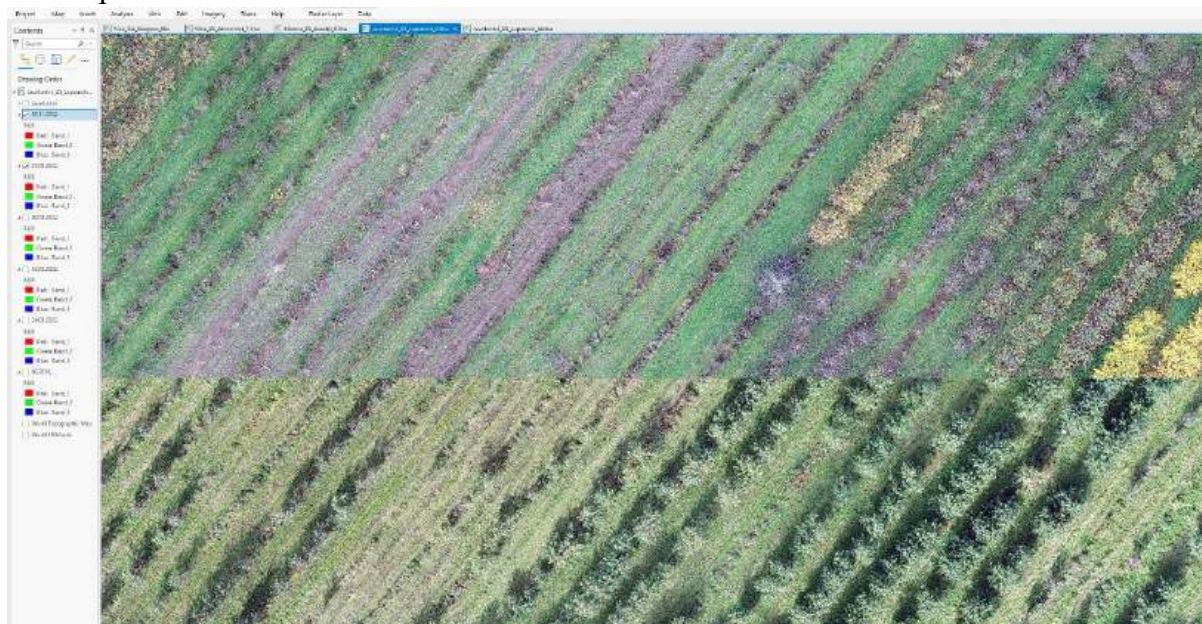
**73. att. 2022. gada 16. maija ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 9. augusta ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

73. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 16. maija, bet augšpusē redzams ortofoto no 9. augusta. Salīdzinot attēla 16. maija un 9. augusta ortofoto redzams, ka koki jau ir sazaļojuši pilnībā un ir iespējams redzēt katra koka lapotni un vainagu.



**74. att. 2022. gada 9. augusta ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 25. septembra ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

74. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 9. augusta, bet augšpusē redzams ortofoto no 25. septembra. 25. septembra ortofoto redzama situācija kāda ir augļu dārza ap ražas novākšanas laiku.

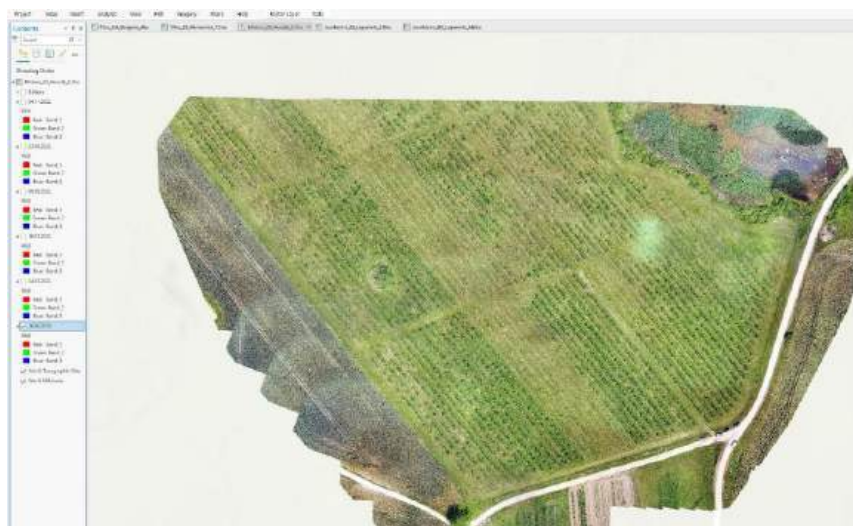


**75. att. 2022. gada 25. septembra ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 3. novembra ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

75. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 25. septembra, bet augšpusē redzams ortofoto no 3. novembra. 3. novembra ortofoto redzama situācija augļudārzā, kad daži augļu koki lapas ir nometuši, bet citi vēl ir ar iekrāsotām lapām. Arī pēc koka vainaga un lapu krāsas, ir iespējams noteikt augļukoka šķirni.

### **ZS “Ausekļi” augļu dārza vairākslāņu kartogrāfiskais materiāls**

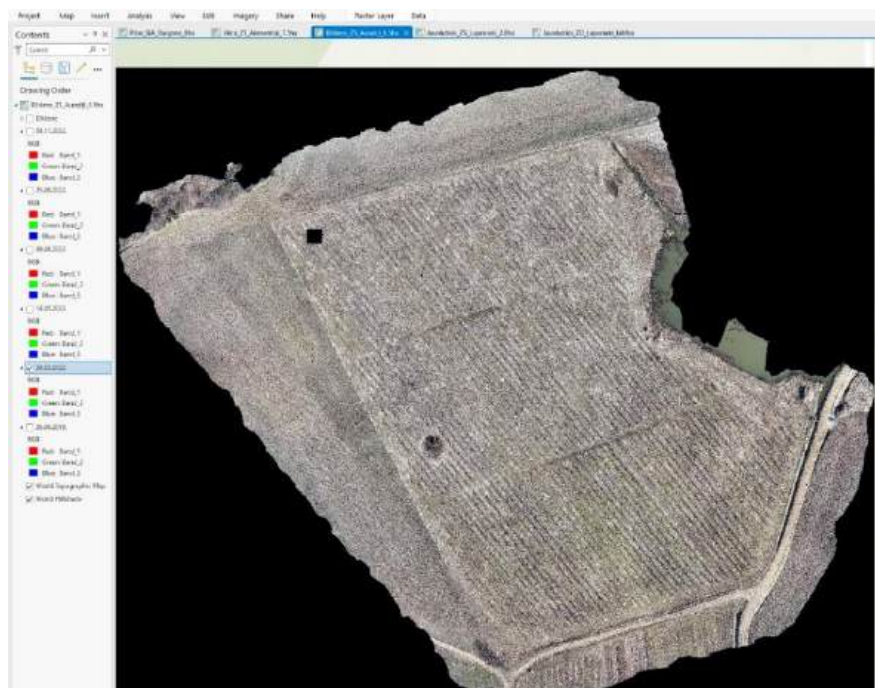
ZS “Ausekļi” augļu dārza platība ir 8.5 ha. Kopumā tika iegūti dati un tie apstrādāti, veidojot ortofoto no 6 lidojumiem – viens lidojums notika 2019. jūnijā un 5 lidojumi bija 2022. gadā. Lidojumi ar bezpilota gaisa kuģi notika 2019. gada 26. jūnijā, 2022. gada 24. martā, 2022. gada 16. maijā, 2022. gada 9. augustā, 2022. gada 25. septembrī un 2022. gada 4. novembrī.



76. att. 2019. gada 26. jūnija ortofoto attēlojums ArcGIS Pro vidē

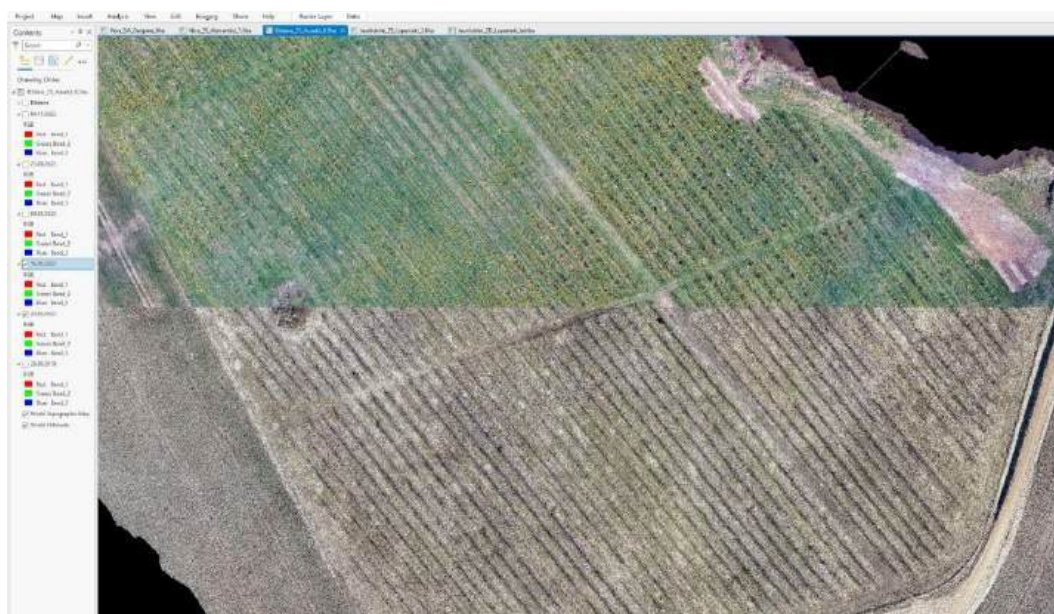
76. attēlā redzama situācija apvidū uz 2019. gada 26. jūniju. Ortofoto nav redzams viss augļu dārzs, jo nebija pieejami ar bezpilota gaisa kuģi iegūtie foto attēli visai platībai.

Lai veiksmīgāk redzētu izmaiņas un augļu dārza augšanas attīstībā, tika analizēti dati par 2022. gadu.



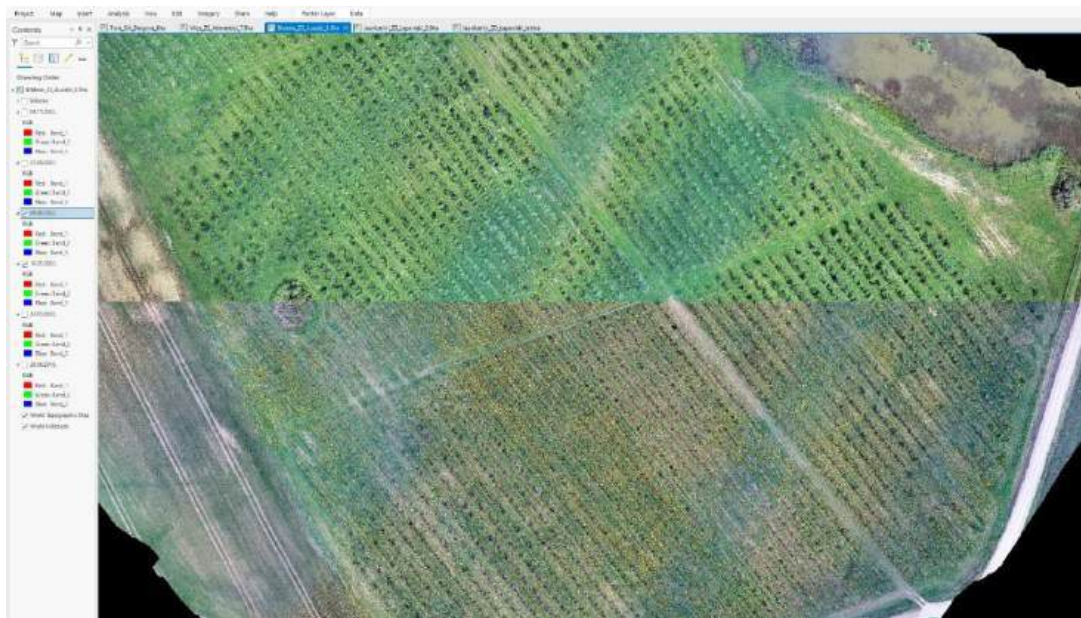
77. att. 2022. gada 24. marta ortofoto attēlojums ArcGIS Pro vidē

77. Attēlā parādīta situācija apvidū, kāda tā bija 2022. gada 24. martā. Attēlā var redzēt augļu dārzu, tā veģetācijas stadijā, pirms lapu veidošanās. Lai veiksmīgāk redzētu izmaiņas un augļu dārza augšanas attīstību, tika iespējota funkcija aplūkot augļu dārzu divos ortofoto vienlaicīgi un pietuvinot līdz nepieciešamajam lielumam.



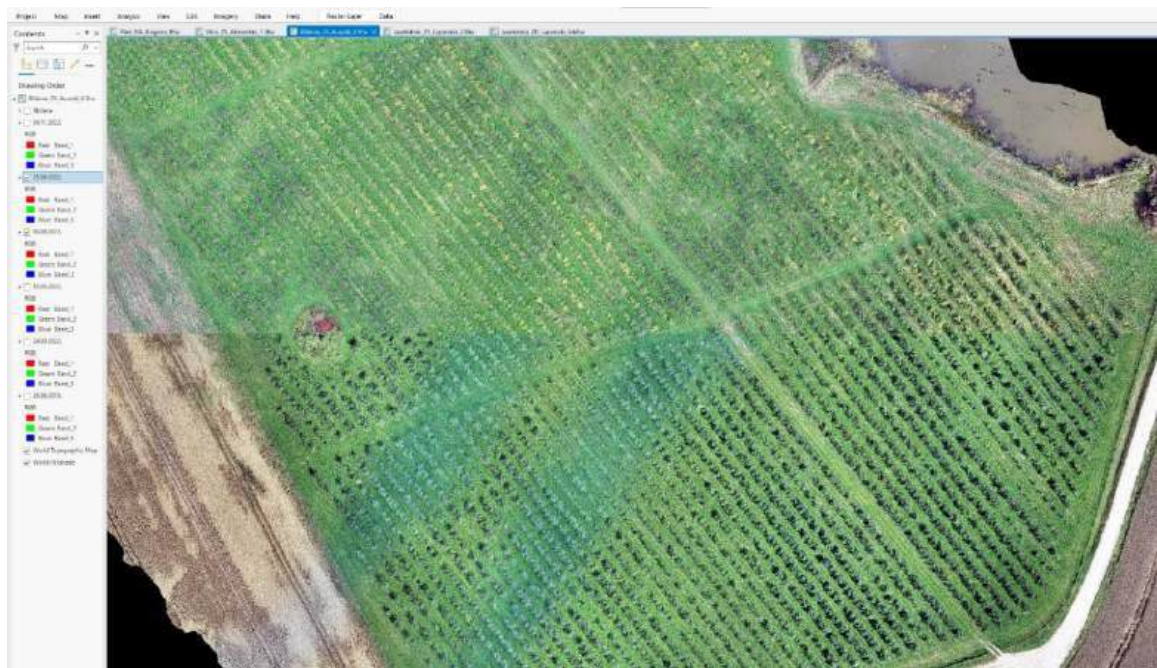
78. att. 2022. gada 24. marta ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 16. maija ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē

78. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 24. marta, bet augšpusē redzams ortofoto no 16. maija. 16. maija ortofoto redzams, ka zāle ir sazaļojusi un atsevišķiem augļu kokiem sāk veidoties pirmās lapas.



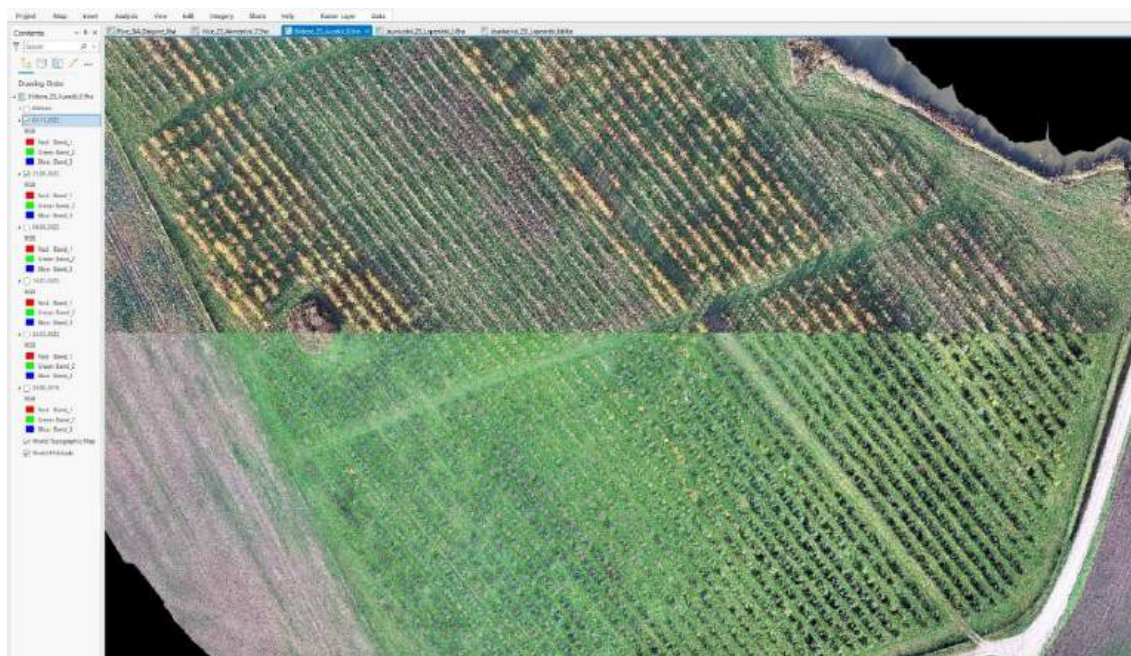
79. att. 2022. gada 16. maija ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 9. augusta ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē

79. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 16. maija, bet augšpusē redzams ortofoto no 9. augusta. Salīdzinot attēla 16. maija un 9. augusta ortofoto redzams, ka koki jau ir sazaļojuši pilnībā un ir iespējams redzēt katra koka lapotni un vainagu. Augļudārzā redzams, ka veidojas zonas apvidū (attēlā ar tumšāku krāsu), kur, iespējams, ir kādas problēmas ar meliorācijas sistēmām.



**80. att. 2022. gada 9. augusta ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 25. septembra ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

80. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 9. augusta, bet augšpusē redzams ortofoto no 25. septembra. 25. septembra ortofoto redzama situācija kāda ir augļu dārza ap ražas novākšanas laiku.

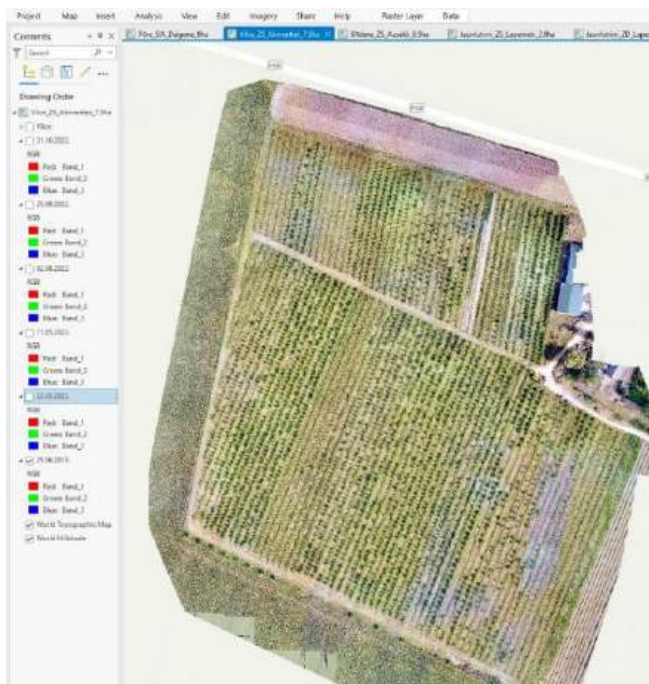


**81. att. 2022. gada 25. septembra ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 4. novembra ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

81. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 25. septembra, bet augšpusē redzams ortofoto no 4. novembra. 4. novembra ortofoto redzama situācija augļudārzā, kad daži augļu koki lapas ir nometuši, bet citi vēl ir ar iekrāsotām lapām.

### **ZS “Akmentiņi” augļu dārza vairākslāņu kartogrāfiskais materiāls**

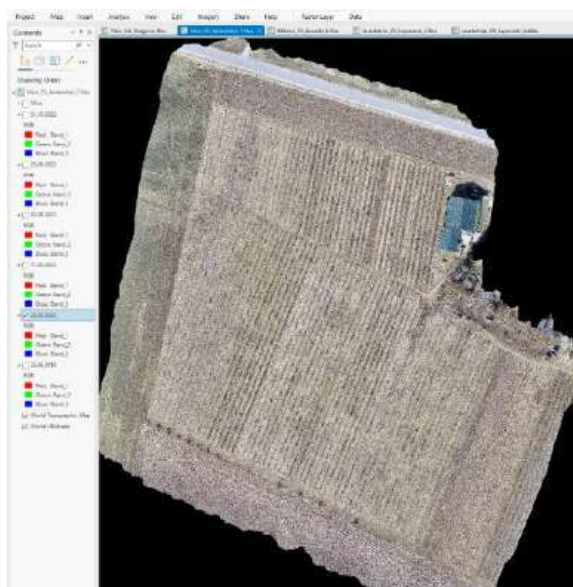
ZS “Akmentiņi” augļu dārza platība ir 7.5 ha. Kopumā tika iegūti dati un tie apstrādāti, veidojot ortofoto no 6 lidojumiem – viens lidojums notika 2019. jūnijā un 5 lidojumi bija 2022. gadā. Lidojumi ar bezpilota gaisa kuģi notika 2019. gada 25. jūnijā, 2022. gada 22. martā, 2022. gada 11. maijā, 2022. gada 2. augustā, 2022. gada 25. septembrī un 2022. gada 31. oktobrī.



**82. att. 2019. gada 25. jūnija ortofoto attēlojums ArcGIS Pro vidē**

82. attēlā redzama situācija apvidū uz 2019. gada 25. jūniju.

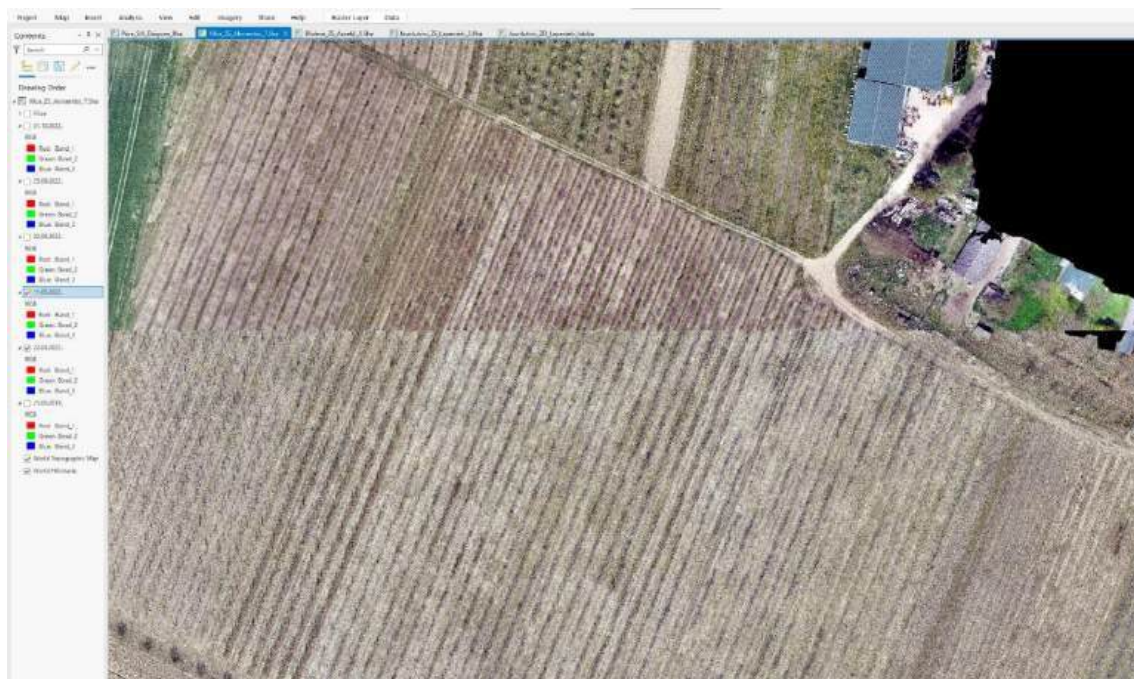
Lai veiksmīgāk redzētu izmaiņas un augļu dārza augšanas attīstībā, tika analizēti dati par 2022. gadu.



83. att. 2022. gada 22. marta ortofoto attēlojums ArcGIS Pro vidē

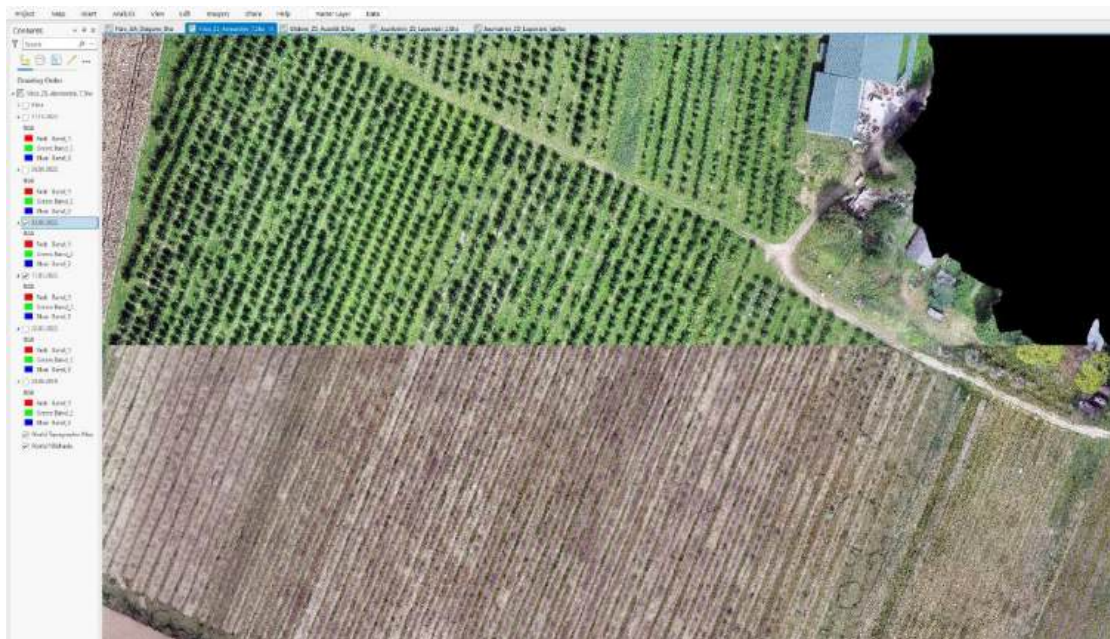
83. Attēlā parādīta situācija apvidū, kāda tā bija 2022. gada 22. martā. Attēlā var redzēt augļu dārzu, tā veģetācijas stadijā, pirms lapu veidošanās.

Lai veiksmīgāk redzētu izmaiņas un augļu dārza augšanas attīstību, tika iespējota funkcija aplūkot augļu dārzu divos ortofoto vienlaicīgi un pietuvinot līdz nepieciešamajam lielumam.



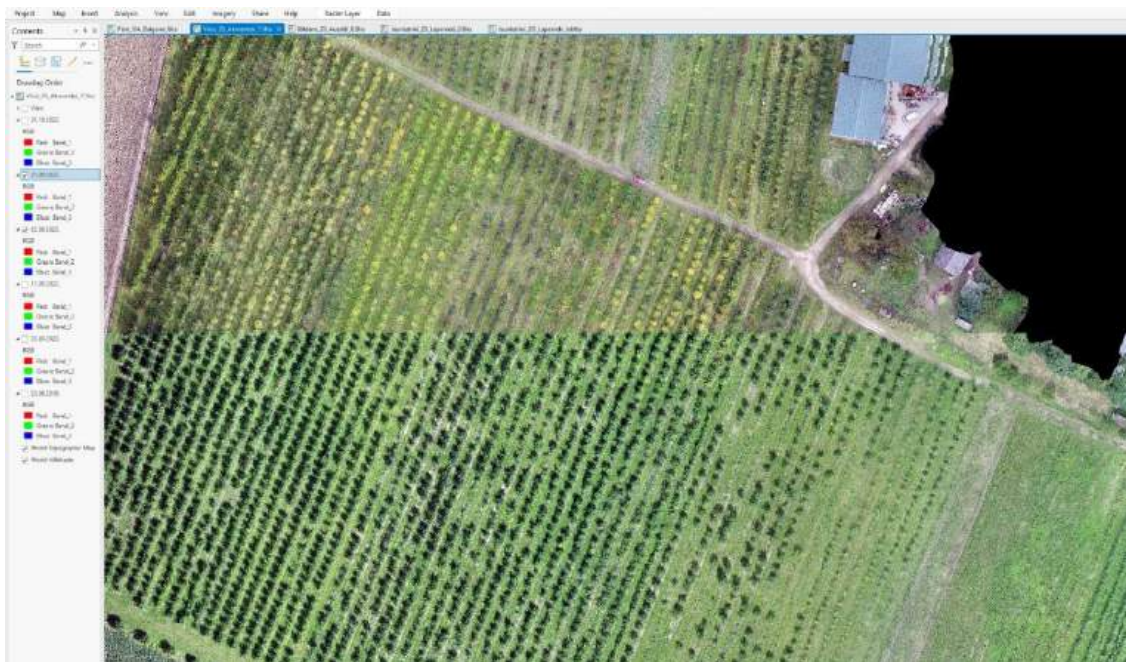
84. att. 2022. gada 22. marta ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 11. maija ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē

84. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 22. marta, bet augšpusē redzams ortofoto no 11. maija. 11. maija ortofoto redzams, ka zāle sāk zaļot.



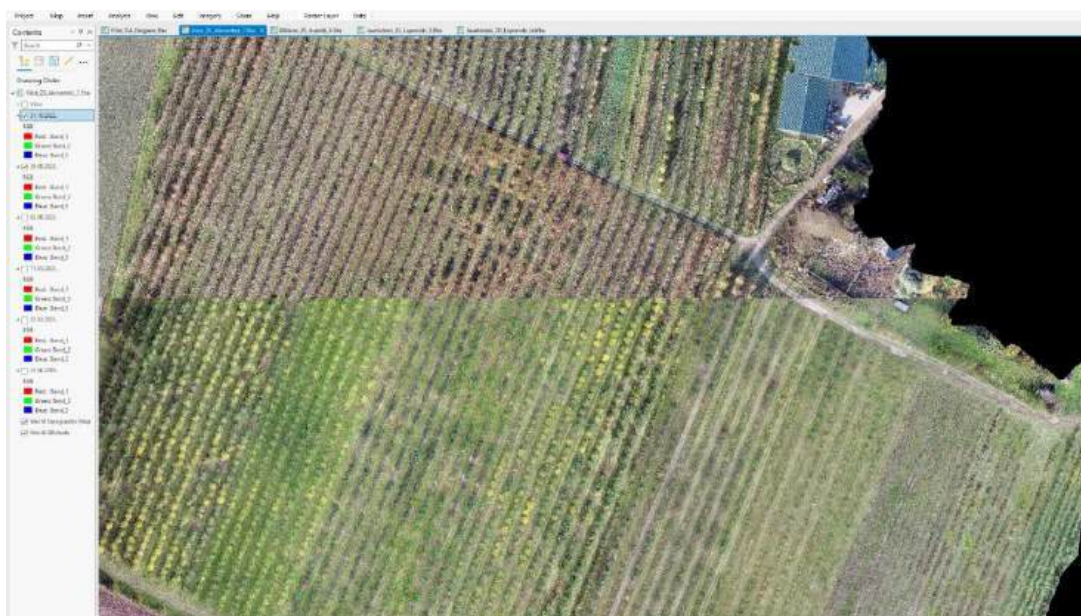
85. att. 2022. gada 11. maija ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 2. augusta ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē

85. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 11. maija, bet augšpusē redzams ortofoto no 2. augusta. Salīdzinot attēla 11. maija un 2. augusta ortofoto redzams, ka koki jau ir sazaļojuši pilnībā un ir iespējams redzēt katra koka lapotni un vainagu.



**86. att. 2022. gada 2. augusta ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 25. septembra ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

86. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 2. augusta, bet augšpusē redzams ortofoto no 25. septembra. 25. septembra ortofoto redzama situācija kāda ir augļu dārza ap ražas novākšanas laiku, kā arī redzams, ka lapas sāk iekrāsoties.

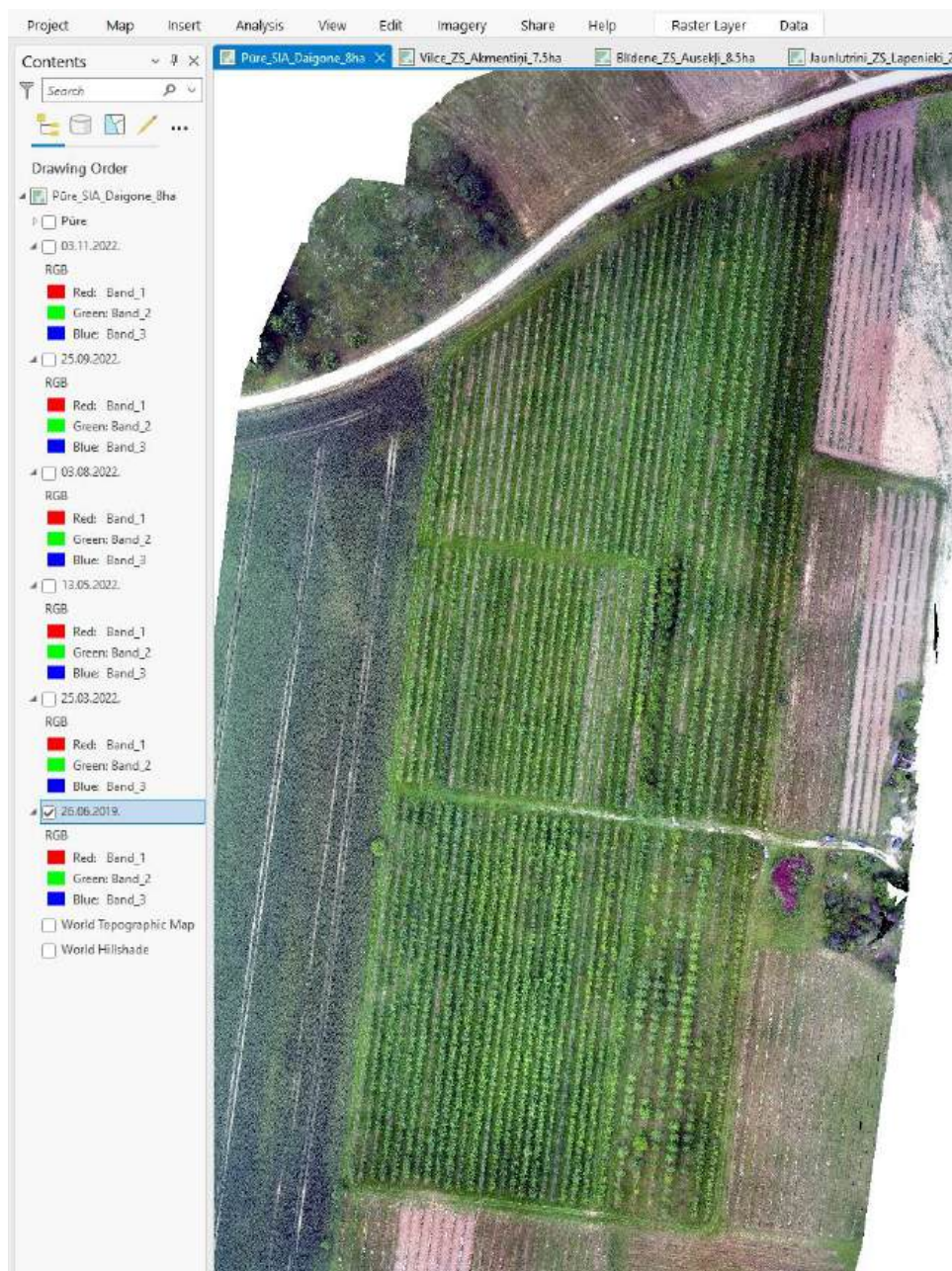


**87. att. 2022. gada 25. septembra ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 31. oktobra ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

87. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 25. septembra, bet augšpusē redzams ortofoto no 31. oktobra. 31. oktobra ortofoto redzama situācija augļudārzā, kad lielākā daļa augļu koki lapas ir nometuši, bet citi vēl ir ar iekrāsotām lapām.

### **SIA “Daigone” augļu dārza vairākslāņu kartogrāfiskais materiāls**

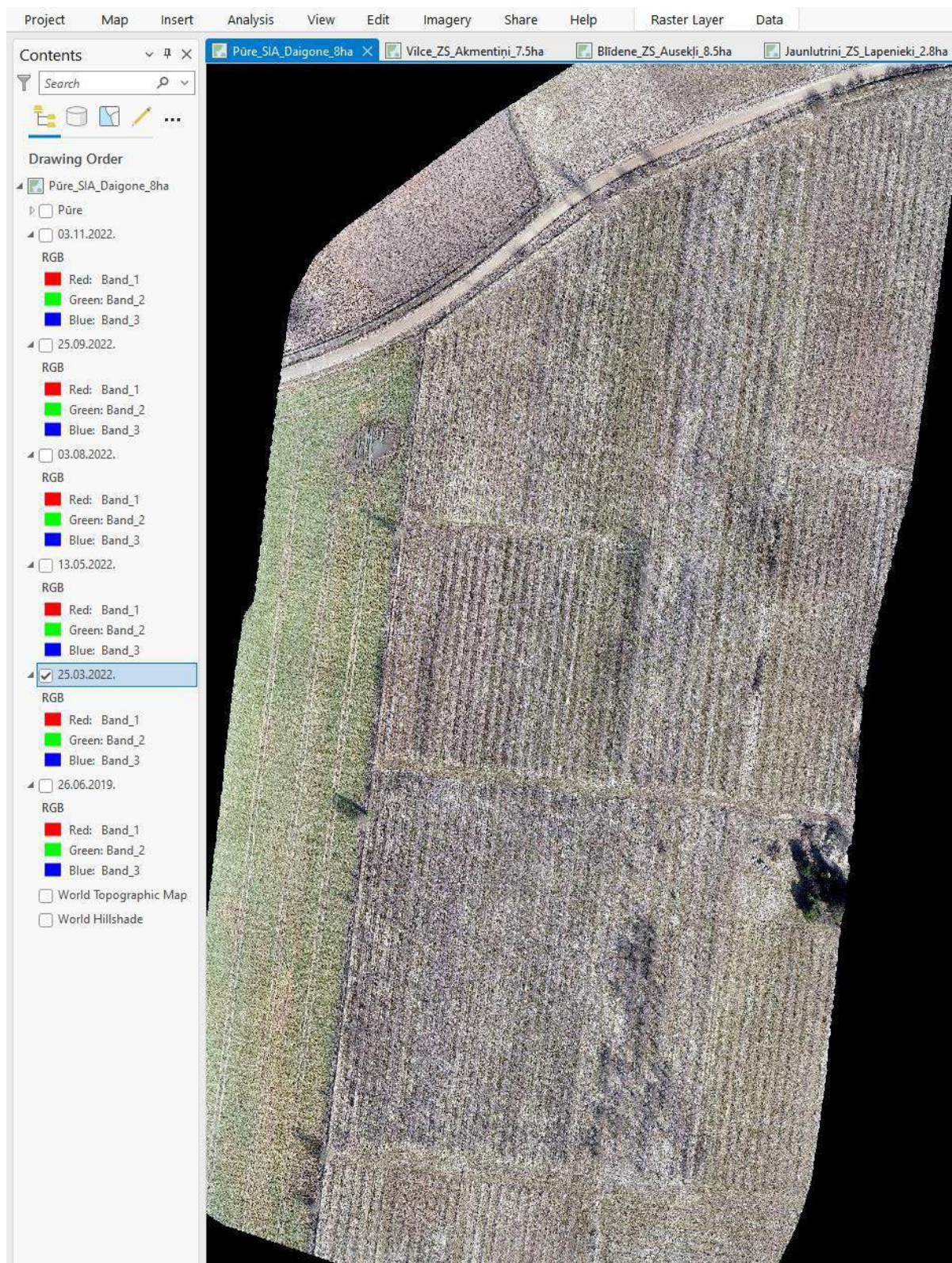
SIA “Daigone” augļu dārza platība ir 8 ha. Kopumā tika iegūti dati un tie apstrādāti, veidojot ortofoto no 6 lidojumiem – viens lidojums notika 2019. jūnijā un 5 lidojumi bija 2022. gadā. Lidojumi ar bezpilota gaisa kuģi notika 2019. gada 26. jūnijā, 2022. gada 25. martā, 2022. gada 13. maijā, 2022. gada 3. augustā, 2022. gada 25. septembrī un 2022. gada 3. novembrī.



88. att. 2019. gada 26. jūnija ortofoto attēlojums ArcGIS Pro vidē

88. attēlā redzama situācija apvidū uz 2019. gada 26. jūniju.

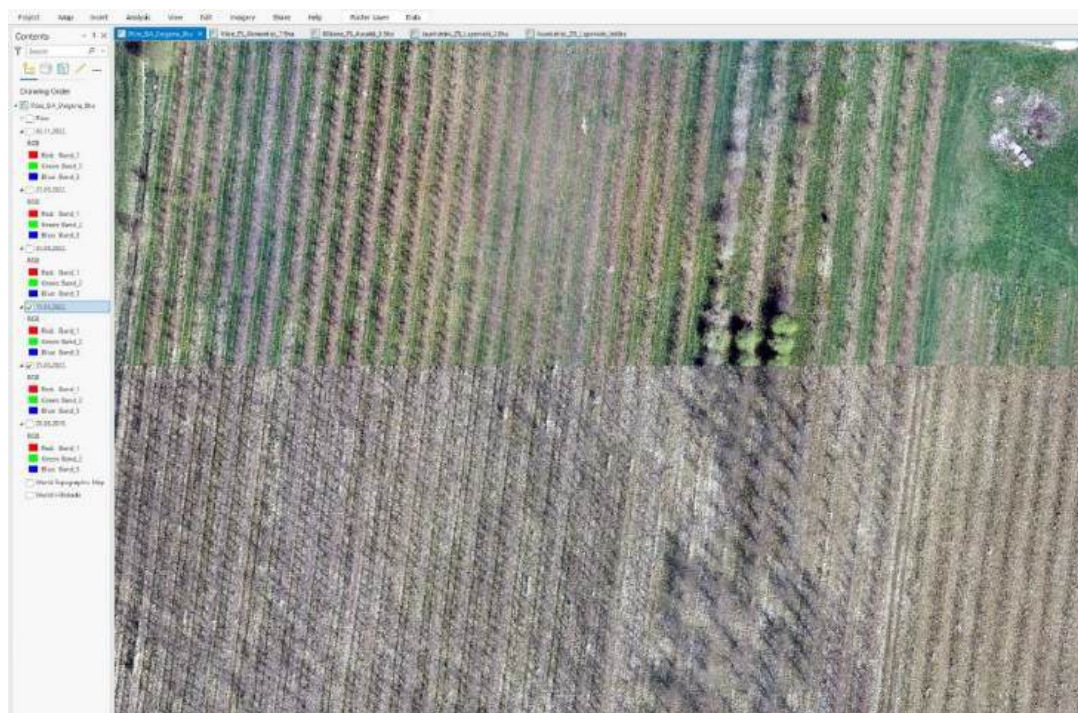
Lai veiksmīgāk redzētu izmaiņas un augļu dārza augšanas attīstībā, tika analizēti dati par 2022. gadu.



**89. att. 2022. gada 25. marta ortofoto attēlojums ArcGIS Pro vidē**

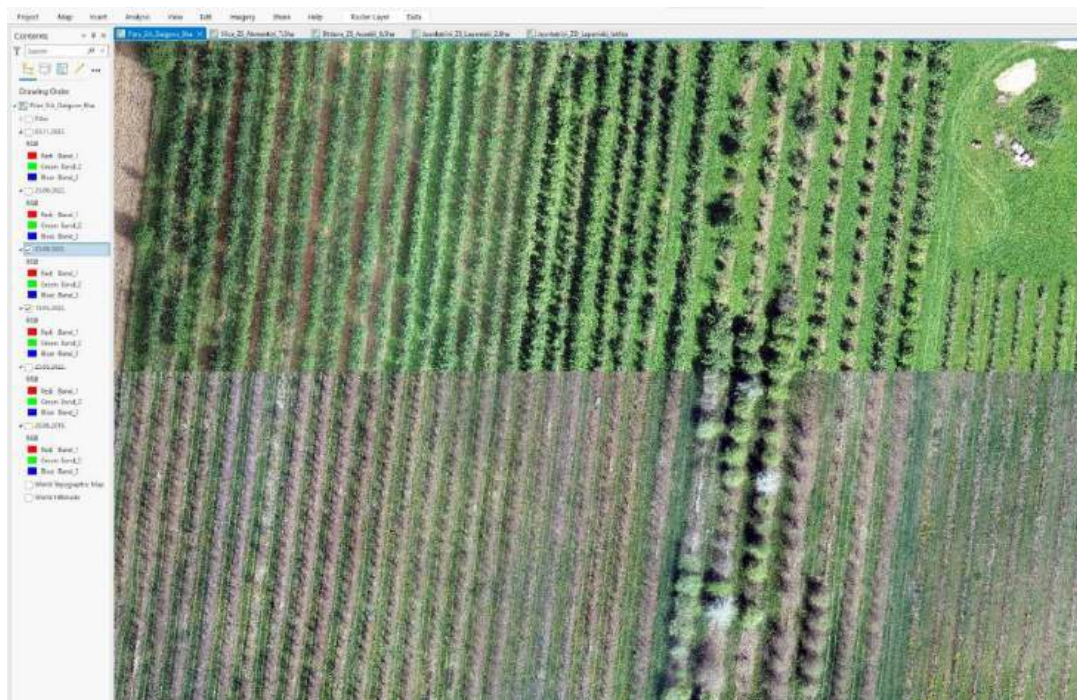
89. attēlā parādīta situācija apvidū, kāda tā bija 2022. gada 25. martā. Attēlā var redzēt augļu dārzu, tā veģetācijas stadijā, pirms lapu veidošanās.

Lai veiksmīgāk redzētu izmaiņas un augļu dārza augšanas attīstību, tika iespējota funkcija aplūkot augļu dārzu divos ortofoto vienlaicīgi un pietuvinot līdz nepieciešamajam lielumam.



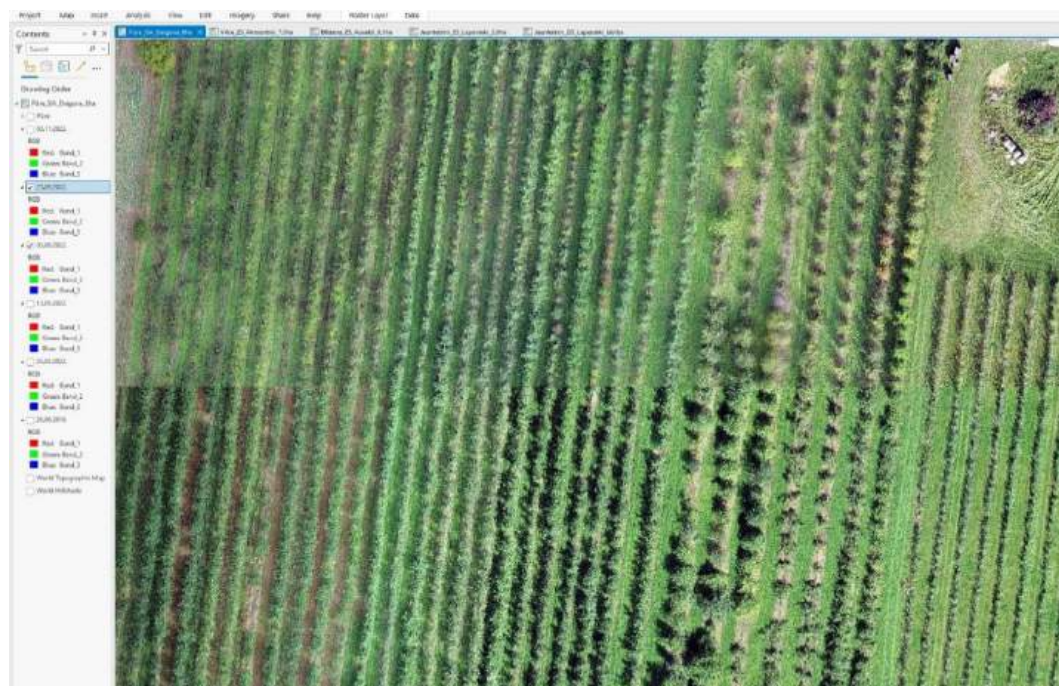
**90. att. 2022. gada 25. marta ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 13. maija ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

90. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 25. marta, bet augšpusē redzams ortofoto no 13. maija. 13. maija ortofoto redzams, ka zāle ir sazaļojusi un atsevišķiem augļu kokiem sāk veidoties pirmās lapas.



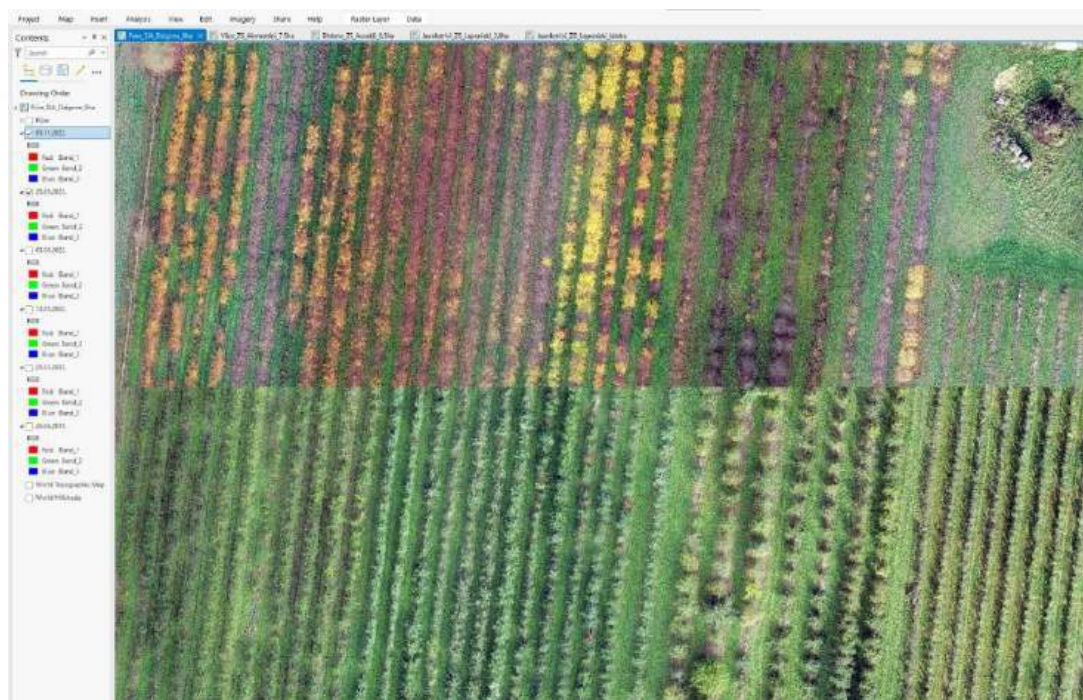
91. att. 2022. gada 13. maija ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 3. augusta ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē

91. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 13. maija, bet augšpusē redzams ortofoto no 3. augusta. Salīdzinot attēla 13. maija un 3. augusta ortofoto redzams, ka koki jau ir sazaļojuši pilnībā un ir iespējams redzēt katra koka lapotni un vainagu.



92. att. 2022. gada 3. augusta ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 25. septembra ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē

92. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 3. augusta, bet augšpusē redzams ortofoto no 25. septembra. 25. septembra ortofoto redzama situācija kāda ir augļu dārza ap ražas novākšanas laiku.



**93. att. 2022. gada 25. septembra ortofoto (apakšpusē) un 2022. gada 3. novembra ortofoto (augšpusē) attēlojums ArcGIS Pro vidē**

93. attēla apakšpusē redzams ortofoto no 2022. gada 25. septembra, bet augšpusē redzams ortofoto no 3. novembra. 3. novembra ortofoto redzama situācija augļudārzā, kad daži augļu koki lapas ir nometuši, bet citi vēl ir ar iekrāsotām lapām. Arī pēc koka vainaga un lapu krāsas, ir iespējams noteikt augļukoka šķirni.

## LAUKU APSEKOŠANAS UN ANALĪZES REZULTATĪVIE RĀDĪTĀJI

### 1.Vilce

Dārza 1. kvartālā uz dienvidiem no sadalošā ceļa 22.-33. rindā ir šķirnes 'Auksis' un 'Belorusskoje Maļinovoje'. Šajās rindās ir izdalāmas divas problemātiskās zonas. Rindu sākumā (no sadalošā ceļa puses) pirmie 2-4 koki ir spēcīgāki un zaļāki, tad seko 35-40 m zona ar vājāku koku augumu un atsevišķiem bojā gājušiem kokiem (šķinei 'Belorusskoje Maļinovoje'). Rindu vidusdaļā koki atkal ir spēcīgāki un veselīgāki. Savukārt rindu dienvidu daļā atkārtojas zona ar vājāku koku augumu un atsevišķiem bojā gājušiem kokiem. Otrajā zonā ir neliela mikroreljefa ieplaka – pazeminājums par 10-20 cm.



94.att. **Problemātiskās zonas 1. kvartālā (25.09.2022.)**

Veģetācijas perioda sākumā uzņemtos attēlos, šīs problemātiskās zonas ir grūtāk identificējamās. Nelielas atšķirības ir rindstarpu zālāja krāsā, bet tās ir grūti konstatējamās. 2021. gada rudenī tika veikta apdobju apstrāde ar herbicīdu, kā rezultātā

2022. gada maija fotogrāfijā apdabes ir bez apauguma samazina zālāja nozīmi attēlu analizē.



95.att. **Problemātiskās zonas 1. kvartālā (11.05.2022.)**

Apsekojot problemātiskās zonas rudens periodā tika veikta ražas vērtēšana. Gados ar mazāku ražu, atšķirības starp zonām ir mazāk izteiktas (4-9 kg/ koka). Savukārt, ja raža ir lielāka, pieaug arī atšķirība ražā (8-16 kg/koka).

15.tabula

***Vidējā raža no koka, kg***

| <b>Zona</b>                      | <b>2020. gads</b> | <b>2021. gads</b> | <b>2022. gads</b> | <b>vidēji</b> |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| <b>`Auksis`</b>                  |                   |                   |                   |               |
| Rindu sākums                     | 25                | 50                | 28                | 34            |
| 1. zona                          | 21                | 35                | 24                | 28            |
| Rindu vidus                      | 24                | 46                | 30                | 33            |
| 2. zona                          | 20                | 33                | 21                | 25            |
| <b>`Belorusskoje Maļinovoje`</b> |                   |                   |                   |               |
| Rindu sākums                     | 38                | 25                | 52                | 38            |
| 1. zona                          | 30                | 21                | 40                | 30            |
| Rindu vidus                      | 46                | 27                | 49                | 40            |
| 2. zona                          | 33                | 23                | 35                | 30            |

Vērtējot trīs gadu vidējās ražas, atšķirība raža ir 5-10 kg/koka jeb 3.3-6.6 t/ha. Ņemot vērā konkrēto problemātisko zonu lielumu, ražas atšķirība labas ražas gadā var būt 1.6-3.2 tonnas.

Salīdzinot ar drenāžu plānu (melioracija.lv), nav konstatētas problemātisko zonu saistība ar drenu sistēmu. Nav konstatēts pārmērīgs augsnes mitrums problemātiskajās zonās.



96.att. Meliorācijas sistēmas plāns

Augsnes atšķirību novērtēšanai tika ņemti augsnes paraugi un laboratorijā noteikts agroķīmiskais sastāvs. Paraugu ņemti problemātiskajās zonās, ābeļu rindu sākumā (koku vizuāli trūkumi nav konstatēti) un bumbierēs sadalošā ceļa otrā pusē (koku vizuāli trūkumi nav konstatēti). Augsnes reakcija visos paraugos ir vienāda, nelielas ir augsnes organiskās vielas saturā- problemātiskajās zonās tas ir zemāks. Būtiska atšķirība ir kustīgā fosfora daudzumā- bumbierēs un ābeļu rindu sākumā fosfora saturs ir ļoti augsts, bet problemātiskajās zonās tas ir zems. Līdzīgi ir ar kustīgā kālija saturu- bumbierēs un ābeļu rindu sākumā kālija saturs ir vidējs un tuvojas augstam, bet problemātiskajā zonā tas ir vidējs un tuvojas zēmam. Arī Mg un Zn daudzumam ir līdzīga tendence- bumbierēs un ābeļu rindu sākumā šo elementu ir vairāk nekā

problemātiskajās zonās. Sēra daudzums visos paraugos bija vērtējams kā ļoti zems, jo bija mazāks nekā ar lietoto analītisko metodi var noteikt. Sērs deficīts negatīvi ietekmē koku augšanu un ražošanu, tomēr tas ir līdzvērtīgi visās vietās. Būtiska ietekme uz koku augšanu ir atšķirībām fosfora nodrošinājumā un daļēji arī kālija nodrošinājumā.

16.tabula

*Augsnes paraugu agroķīmiskais sastāvs, 2021*

| <b>Zona</b>        | <b>pH</b> | <b>Org.v.<br/>%</b> | <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><br/>mg/kg</b> | <b>K<sub>2</sub>O<br/>mg/kg</b> | <b>Mg<br/>mg/kg</b> | <b>Zn<br/>mg/kg</b> | <b>S-SO<sub>4</sub><br/>mg/kg</b> |
|--------------------|-----------|---------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Bumbieres          | 7.3       | 2.5                 | 304                                         | 248                             | 667                 | 6.0                 | <5.9                              |
| Rindu sākums       | 7.3       | 3.4                 | 329                                         | 227                             | 526                 | 5.7                 | <5.9                              |
| 1. zona            | 7.3       | 2.1                 | 86                                          | 102                             | 402                 | 2.8                 | <5.9                              |
| 2. zona            | 7.6       | 2.4                 | 56                                          | 113                             | 381                 | 2.8                 | <5.9                              |
| Bumbieres 2012.g.  | 6.5       | 2.5                 | 305                                         | 359                             | -                   | -                   | -                                 |
| 1.-2. zona 2012.g. | 6.6       | 2.3                 | 230                                         | 250                             | -                   | -                   | -                                 |

Salīdzinot 2021. gada augsnes analīžu rezultātus ar 2012. gadā veikto augšņu izpēti, redzams, ka bumbieru daļā fosfora nodrošinājums praktiski nav mainījies, kālija nodrošinājums ir samazinājies. Savukārt problemātisko zonu daļā fosfora un kālija nodrošinājums ir būtiski samazinājies. Fosfora un kālija zudumi izskalošanās rezultātā ir maz ticami, jo dārzā ir smilšmāla augsne, kas labi piesaista minētos elementus. Savukārt elementu iznese ar ražu un auga veģetatīvajām daļām visā dārzā būtu vienmērīga. Tādēļ var pieņemt, ka atšķirības fosfora un kālija nodrošinājumā bija jau 2012. gadā, bet tās netika konstatētas, jo augsnes paraugi tika ņemti no lielāka lauka nogabala.

Dārza 1. kvartāla 8. un 9. rindā ir zona, kur koku augums ir nedaudz vājāks, rindstarpu zālāja krāsā būtiskas atšķirības nevar konstatēt. Zonu labāk var identificēt 209. gada attēlos, bet arī 2022. gadā tā ir redzama.



97.att. 3. problemātiskās zona 1. kvartālā (26.06.2019.)



98.att. 3. problemātiskās zona 1. kvartālā (25.09.2022.)

Apsekojot vietu dārzā, konstatēts, ka reljefs ir praktiski līdzens un nav pārmērīga augsnes mitruma pazīmes.

2020. gadā ir paņemti augsnes paraugi no problemātiskās zonas un 13.-14. rindu sākuma daļas, kur koki ir spēcīgāka auguma. Analīžu rezultāti neparāda būtiskas

atšķirības starp paraugiem. Problemātiskajā zonā ir nedaudz zemāks fosfora un kālija nodrošinājums, tomēr tas varētu nebūt pietiekoši lai ietekmētu koku augšanu. Kopumā 2020. gada analīzes parāda nedaudz zemāku fosfora un kālija nodrošinājums nekā 2012. gadā veiktajā augšņu izpētē nogabalam kopumā.

17.tabula

**Augsnes paraugu agroķīmiskais sastāvs, 1. kvartāls 2020**

| <b>Zona</b>   | <b>pH</b> | <b>Org.v.<br/>%</b> | <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><br/>mg/kg</b> | <b>K<sub>2</sub>O<br/>mg/kg</b> | <b>Mg<br/>mg/kg</b> | <b>Ca<br/>mg/kg</b> | <b>S-SO<sub>4</sub><br/>mg/kg</b> |
|---------------|-----------|---------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 3. zona       | 7.0       | 2.5                 | 149                                         | 136                             | 447                 | 1492                | <5.9                              |
| 13.-14. rinda | 7.1       | 2.6                 | 189                                         | 151                             | 465                 | 1381                | <5.9                              |
| 2012.g.       | 6.6       | 2.3                 | 226                                         | 226                             | -                   | -                   | -                                 |

Salīdzinot problemātiskās zonas novietojumu ar drenāžu plānu (melioracija.lv), redzams, ka 3. problemātiskā zona daļēji sakrīt ar 125 mm kolektora atrašanās vietu. Iespējams, ka kolektora izbūves laikā veiktie rakšanas darbi ietekmējuši konkrētās vietas augsnes auglību. Tomēr ir pagājis pietiekoši ilgs laiks, lai augsnes apstrādes un augsnes dabisko atjaunošanās procesu rezultātā šāda ietekme būtu izlīdzinājusies.

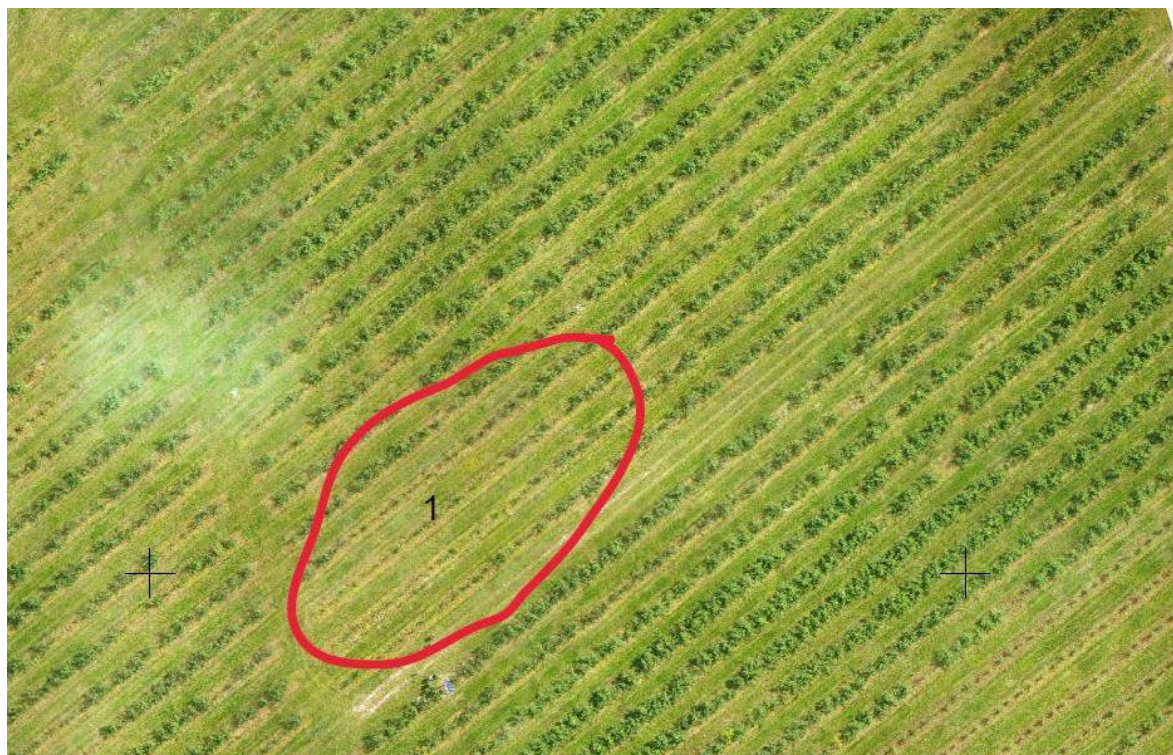
#### *Rekomendācija:*

Problemātisko zonu 1. un 2. ir izraisījis atšķirīgs augsnes nodrošinājums ar galvenajiem barības elementiem- fosforu un kāliju. Nepieciešams lietot fosfora un kālija mēslojumu. Tā kā dārza rindstarpās ir zālājs un augsne netiek apstrādāta minerālmēslu iestrādāšana augsnē ir ierobežota. Papildmēslošana ar mēslojuma izkliedi augsnes virskārtā ātrāku efektu sniegs kālija nodrošinājumam, savukārt fosfors augsnē pārvietojas ļoti lēni un mēslojums līdz augu saknēm nonāks 2-3 gadu laikā. Ieteicamās mēslojuma devas ir 40-60 kg/ha (elementu tīrvielās), mēslošanu atkārtot 2-3 gadus. Ņemot vērā sēra deficītu, ieteicams izvēlēties sēru saturošus mēslojumus- superfosfātu, kālija sulfātu. Ātrāka iedarbība iespējama augsnes mēslojumu kombinējot ar mēslojumu caur lapām. Lapām papildmēslojums jādos 2-5 reizes veģetācijas periodā, ir iespējams to apvienot ar augu aizsardzības līdzekļu lietošanu, tomēr tas ir jāizvērtē katrā gadījumā individuāli.

3. problemātiskajai zonai nav izdevies identificēt konkrētu ietekmējošo faktoru, var veikt augu vitalitāti uzlabojošus pasākumu- lapu mēslojumu ar iespējami plašu elementu klāstu (veikt 2-4 reizes sezonā).

## 2. Blīdene

2. kvartāla 1.-4. rindu beigu daļā ir zona apmēram 60 m garumā, kur koki ir ar mazāku vainagu. Šī zona ir labi identificējama 2019. gada jūnija attēlos, kad kokiem ir lapojums. Savukārt 2022. gada maijā praktiski nav identificējama, bet ir saskatāma septembra attēlos (nedaudz apgrūtina apgaismojuma izmaiņas lidojumu laikā).



99.att. **Blīdene 2. kvartāls 2019. gada jūnijs**



100.att.**Blīdene 2. kvartāls, 2022. gada septembris**

Apsekojot 1. zonu dārzā, konstatēts ka šajā vietā reljefs ir ar ļoti nelielu kritumu rindu galu virzienā kam seko nogāze ziemeļu virzienā. Šajā vietā ir šķirne `Antej`, bojā gājušu koku praktiski nav, koki ir ar mazāku augumu, vainagi ir nedaudz skrajāki. Vizuāli nav konstatētas kādu barības elementu deficīta pazīmes. Zonā nav novērotas pārmitras vietas, vai citas norādes, kas liecinātu par meliorācijas drenu darbības traucējumiem. Pārbaudot meliorācija drenu plānu, redzams, ka problemātiskā zona atrodas starp drenu atzariem un nav pazīmju, ka vājākam koku augumam iemesls būtu meliorācijas defekts.

2020. gadā ir paņemti augsnes paraugi analīžu veikšanai no problemātiskās zonas, no rindu sākuma un vidus daļas (vietām kur kokiem ir spēcīgāks augums). Augsnes reakcija problemātiskajā zonā ir vāji skāba (pH 6.1), bet pārējos paraugos normāla (pH 7.3-7.4)- kopumā tā ir atbilstoša ābeļu audzēšanai. Organiskās vielas daudzums augsnē ir 3.1-3.5 %, kas arī ir optimāls daudzums. Fosfora nodrošinājums problemātiskajā zonā ir vidējs (tuvoties zēmam), pārējos paraugos fosfora nodrošinājums ir augsts. Kālija nodrošinājums visos paraugos ir augsts. Magnija daudzums augsnē problemātiskajā zonā ir būtiski zemāks nekā pārējā rindu daļā. Sēra nodrošinājums problemātiskajā zonā ir nedaudz virs zēma, bet tuvojas deficītam, arī rindu vidusdaļā sērs ir nepietiekoši, bet rindu sākumā sēra daudzums augsnē ir pietiekošs. Kritiskie faktori ir fosfora nodrošinājums (ņemot vērā vāji skābo augsni, kas kavē fosfora uzņemšanu) un magnija nodrošinājums.

*Augsnes paraugu agroķīmiskais sastāvs, 2. kvartāls 2020*

| <b>Zona</b>         | <b>pH</b> | <b>Org.v.<br/>%</b> | <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><br/>mg/kg</b> | <b>K<sub>2</sub>O<br/>mg/kg</b> | <b>Mg<br/>mg/kg</b> | <b>Ca<br/>mg/kg</b> | <b>S-SO<sub>4</sub><br/>mg/kg</b> |
|---------------------|-----------|---------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1. zona             | 6.1       | 3.4                 | 117                                         | 345                             | 388                 | 1810                | 7.5                               |
| 1.-4. rindas sākums | 7.4       | 3.5                 | 202                                         | 366                             | 1328                | 1889                | 23.1                              |
| 1.-4. rindas vidus. | 7.3       | 3.1                 | 279                                         | 433                             | 908                 | 1595                | <5.9                              |

Ražas vērtējums tika veikts problemātiskajā zonā un rindu vidusdaļā. No trim vērtēšanas gadiem laba raža bija tikai 2021. gadā. Šajā gadā ir lielākās atšķirības ražā starp problemātisko zonu un rindu vidus daļu 18 kg/koka. 2020. un 2022. gadā ražas bija būtiski zemākas un atšķirības starp dārza zonām praktiski nav. Trīs gadu vidējos ražas rādītājus būtiski ietekmē šie mazās raža gadi un atšķirības starp zonām ir 7 kg/koka. Bagātīgas ražas gadā ražības zudums problemātiskajā zonās būtu 11.6 t/ha. Konkrētās problemātiskās zonas robežās labas ražas gadā zaudē ap 1300 kg ābolu

*Vidējā raža no koka, 'Antejs', kg*

| <b>Zona</b> | <b>2020. gads</b> | <b>2021. gads</b> | <b>2022. gads</b> | <b>vidēji</b> |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| 1. zona     | 9                 | 15                | 6                 | 10            |
| Rindu vidus | 10                | 33                | 7                 | 17            |

3. kvartāla sākumā no 4. kvartāla puses ir zona apmēram 7 rindu platumā un 6-12 koku garumā, kur koki ir vājāka auguma. Zona ir grūtāk identificējama veģetācijas perioda sākumā, bet ir redzama, kad kokiem ir attīstījusies lapotne. Līdzīga situācija ir arī blakus esošajā 4. kvartālā.

**3. Jaunlutriņi**

Dārza vidusdaļas ziemeļu pusē ir izdalītas divas zonas, kur koki ir sliktāk auguši. Zonas ir grūtāk identificējamās veģetācijas perioda sākumā, bet vēlāk, attīstoties koku lapotnei, šīs zonas ir viegli identificējamās. Attēlos nav novērojamas atšķirības rindstarpu zālāja krāsas intensitātē. Attēlā no 2019. gada lidojuma zālāja krāsas izmaiņas ir izskaidrojamas ar apgaismojuma apstākļu izmaiņām lidojuma laikā (saulains laiks mijās ar mākoņiem).

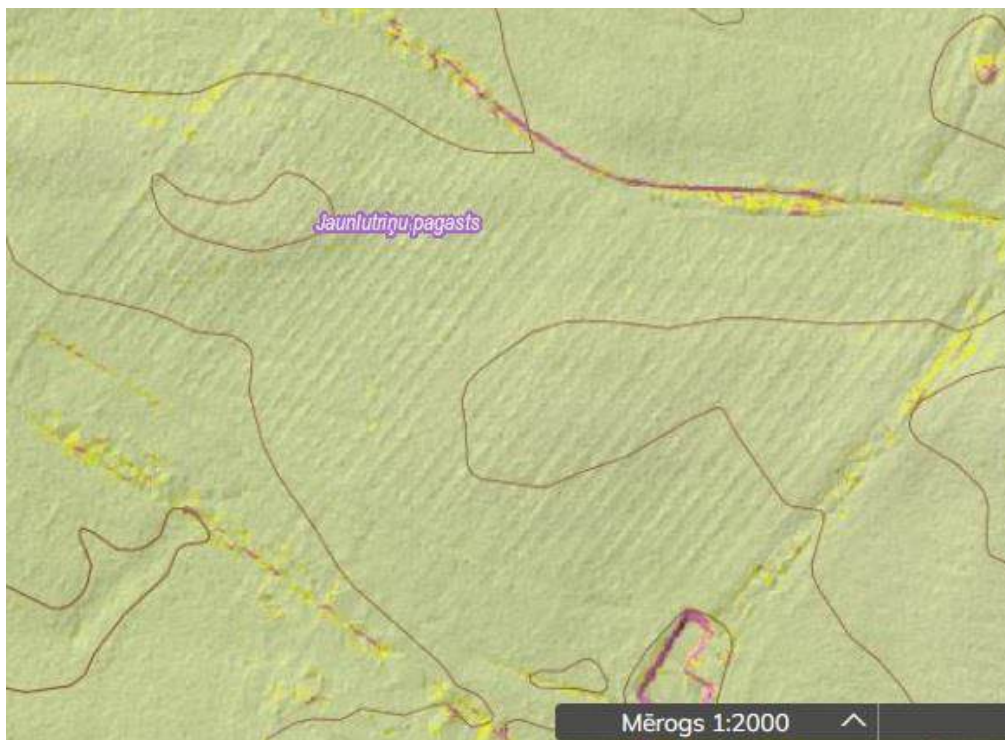


101.att. **Problemātiskās zonas, Jaunlutriņi 24.03.2022.**



102.att. **Problemātiskās zonas, Jaunlutriņi 26.06.2019.**

Problemātisko zonu indikators bija bojā gājušo koku daudzums un augošo koku mazāks vainagu lielums. Apsekojot vietu dārzā, konstatēts, ka šai zonā ir neliela ieplaka, augstuma starpība ar dārza augstākajām vietām ir 0.5-0.8 m.



103.att. Jaunlutiņi, zemes reljefa modelis (meloracija.lv)

1. zonā ir stādīta šķirne 'Belorusskoje Maļinovoje'. Šī šķirnes koki ir pietiekoši ziemcietīgi, ir iespējama koku bojā eja nelabvēlīgu ziemošanas apstākļu rezultātā pirmajos gados pēc iestādīšanas. 2. zonā ir šķirne 'Kovaļenkovskoje', kas arī parasti ir pietiekoši ziemcietīga. Apsekojot dārzu secināts, ka lielākā daļa koku ir gājusi bojā laika periodā no stādīšanas (2008. gads) līdz 2018. gadam. Dārzā tika veikta koku uzskaitē problemātiskajās zonās un to paši šķirņu rindu sākumā. Abām šķirnēm kopumā koku izdzīvošana ir zemāka nekā nepieciešama normālas ražas potenciālam, bet problemātiskajās zonās koku izdzīvošanas % ir vēl zemāks.

**Koku izdzīvošana**

| <b>Zona</b>                      | <b>Iestādīti koki</b> | <b>Dzīvi koki</b> | <b>Dzīvie koki %</b> |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|
| <b>`Belorusskoje Malinovoje`</b> |                       |                   |                      |
| 1. zona                          | 60                    | 18                | 30%                  |
| Rindu sākums                     | 60                    | 30                | 50%                  |
| <b>`Kovaļenkoskoje`</b>          |                       |                   |                      |
| 2. zona                          | 45                    | 7                 | 15%                  |
| Rindu sākums                     | 45                    | 19                | 42%                  |

Problemātiskajās zonās 2021. gadā ir ņemti augsnes paraugi un to analīžu rezultāti parāda zināmas atšķirības no 2018. gadā veiktās augšņu izpētes. 2018. gadā konstatēts, ka dārzā augsne ir stipri skāba (pH 4.8) un 2019. gadā ir veikta augsnes kaļķošana. Kaļķošanas rezultātā augsnes skābums ir samazinājies un 1. zonā tas ir 6.0, kas tuvojas ābeļu audzēšanas optimālai vērtībai pH 6.5. Savukārt 2. zonā augsnes skābums ir mainījies maz- paraugā pH 5.0, kas varētu norādīt uz nevienmērīgu kaļķojamā materiāla izkliedi vai arī lielākām augsnes atšķirībām pirms kaļķošanas. Abās problemātiskajās zonās augsnes organiskā viela ir zemākā daudzumā nekā 2018. gada veiktajās analīzēs. Fosfora nodrošinājuma līmenis augsnē abās zonās ir ļoti zems un ir zemāks nekā 2018. gadā veiktajās analīzēs. 2. zonā fosfora daudzums augsnes paraugā ir nedaudz augstāks nekā 1. zonā, bet skābākas augsnes reakcijas dēļ augiem pieejamā fosfora daudzums ir zemāks. Arī kālija nodrošinājuma līmenis ir samazinājies, 2018. gadā dārzam kopumā tas vērtēts kā vidējs, bet 2021. gada paraugos no problemātiskajām zonām tas ir vērtējams kā zems līdz vidējs. Arī magnija nodrošinājums augsnē ir zems (šeit tas bija zemākais no visiem pētījumā apsekotajiem dārziem). Savukārt nodrošinājums ar sēru ir pietiekošs, kas netika konstatēts citos dārzos.

**Augsnes paraugu agroķīmiskais sastāvs**

| <b>Zona</b>      | <b>pH</b> | <b>Org.v.<br/>%</b> | <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><br/>mg/kg</b> | <b>K<sub>2</sub>O<br/>mg/kg</b> | <b>Mg<br/>mg/kg</b> | <b>Ca<br/>mg/kg</b> | <b>S-SO<sub>4</sub><br/>mg/kg</b> |
|------------------|-----------|---------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1. zona          | 6.0       | 1.9                 | 28                                          | 158                             | 110                 | 1031                | 19.3                              |
| 2. zona          | 5.0       | 2.3                 | 40                                          | 126                             | 118                 | 999                 | 43.2                              |
| Vidēji 2018.gads | 4.8       | 3.0                 | 83                                          | 204                             |                     |                     |                                   |

Kopumā nevar izdalīt vienu konkrētu cēloni, kas būtiski ietekmējis koku izdzīvošanu problemātiskajās zonās- tas ir vairāku faktoru kopums, kas samazinājis koku izturību. Galvenās problēmas ir augsnes skābums, zems nodrošinājums ar fosforu un

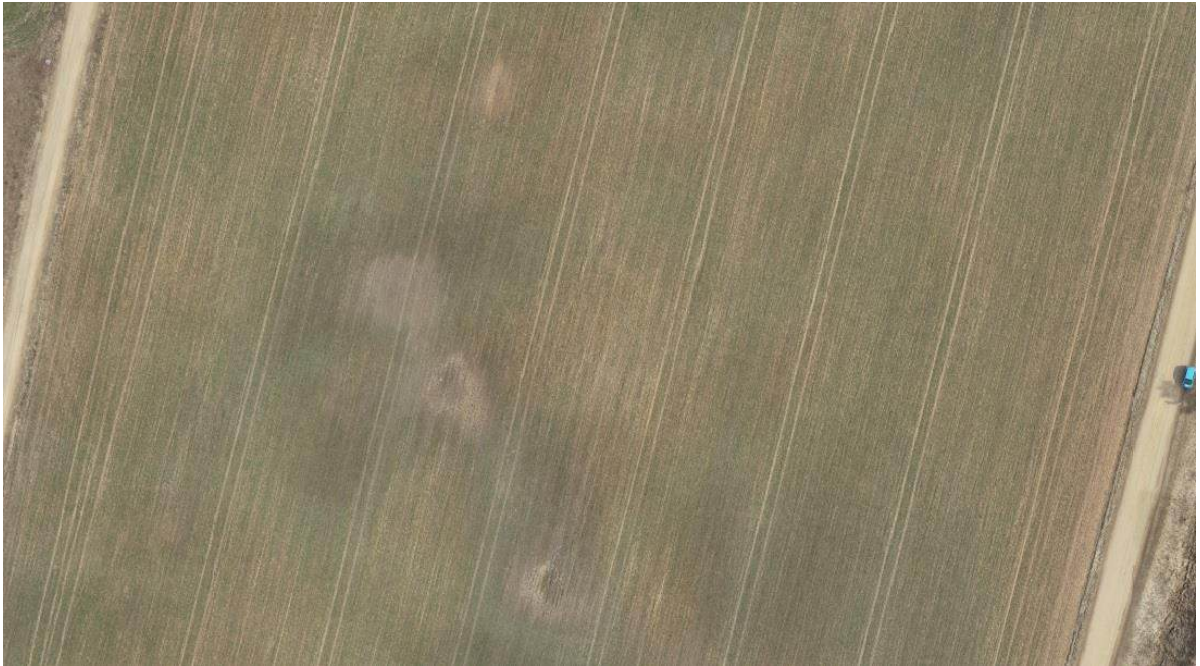
magniju. Šo faktoru ietekmē koki varēja tikt bojāti nelabvēlīgās ziemās, jo īpaši pēc bagātīgākas ražas gadiem. Savukārt kokus, kas ir cietuši ziemošanas laikā, vairāk bojā kaitēkļi, piemēram nevienāda mizgrauzis (šī kaitēkļa bojājumi dārzā tika novēroti un riska līmenis ir augsts, ņemot vērā blakus esošā meža ietekmi), kurš koku stumbros veido ejas un bojā vadaudu darbību.

#### *Rekomendācijas:*

Konkrētajās problemātiskajās zonās koku izdzīvošana ir nepietiekoša normālas raža ieguvei. Stādījuma atjaunošana ar tās pašas šķirnes ābelēm izkritušo koku vietās nav lietderīga, jo esošo koku vecums pārsniedz 15 gadus un rezultātā veidotos ļoti neviendabīgs stādījums. Ņemot vērā šos apsvērumus ir lietderīgi likvidēt šīs šķirnes visā rindu garumā, veikt augsnes pamatkaļķošanu (iestrādājot kaļķojamo materiālu visā aramkārtā), kaļķošanai izvēlētie magniju saturošu materiālu (piemēram- dolomītmilti). Pirms jaunu ilggadīgo stādījumu ierīkošanas ir nepieciešams fosfora pamatmēslojums ap 120 kg/ha (tūrvielā), jo fosfora papildmēslojums esošā dārzā bez iestrādes augsnē, līdz koku sakņu zonai pārvietojas vairākus gadus.

### **3.1. Jaunlutriņi**

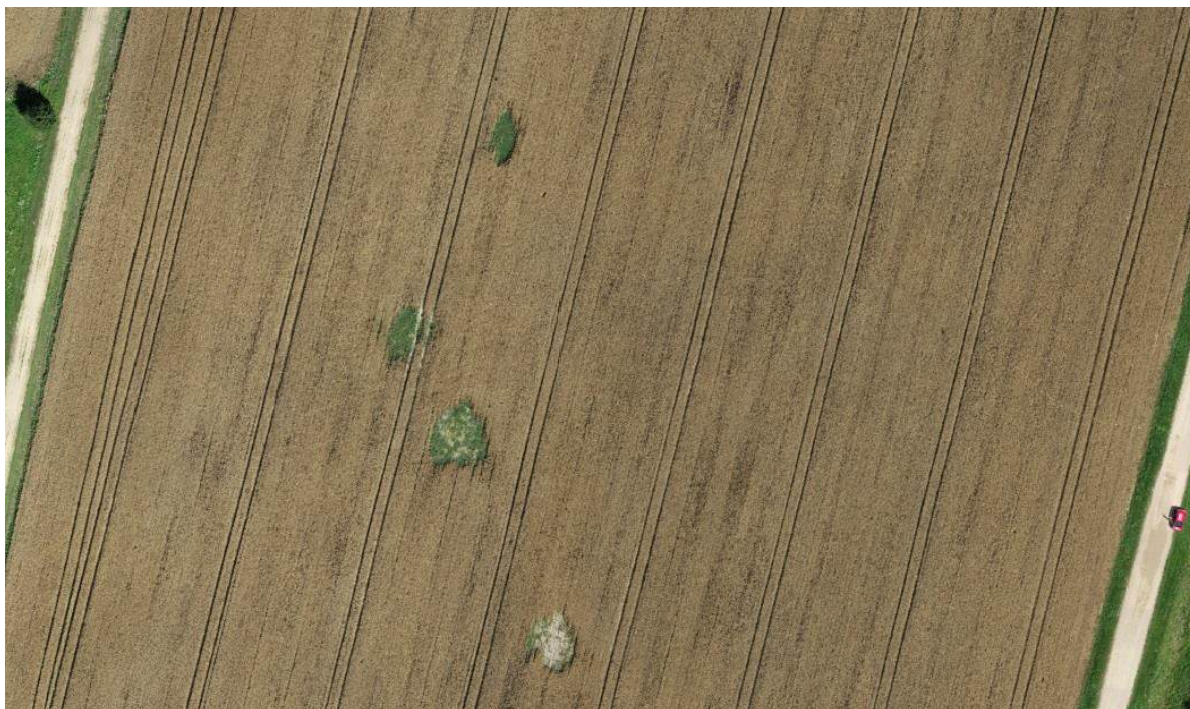
Labības lauka vidusdaļā ir vairākas 50-100 m<sup>2</sup> zonas, kurās ziemāji nav pārziemojuši. Šīs zonas var redzēt jau martā un ir skaidri identificējamās veģetācijas perioda laikā.



104.att. **Labības lauks, Jaunlutriņi 24.03.2022.**



105.att. **Labības lauks, Jaunlutriņi 13.05.2022.**



106.att. Labības lauks, Jaunlutriņi 03.08.2022.

Apsekojot lauku, konstatēts, ka šajās vietās ir nelielas ieplakas un ziemas/pavasara periodā ir paaugstināts augsnes mitrums, kas ietekmē labības pārziemošanu. Šāda situācija vairāk vai mazāk izteikta veidojas katru gadu. Problemātiskajās vietās 2020. gadā tika ņemti augsnes paraugi. Salīdzinot ar lauka vidējiem rādītājiem, redzam, ka problemātiskajā vietās ir būtiski augstāks organiskās vielas daudzums, kas šajās vietās ir uzkrājies paaugstināta augsne mitruma rezultātā. Ir svārstības kālija nodrošinājumā, bet tās nevar būtiski ietekmēt labības pārziemošanu.

22.tabula

*Augsnes paraugu agroķīmiskais sastāvs, 2020*

| <b>Zona</b>      | <b>pH</b> | <b>Org.v.<br/>%</b> | <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><br/>mg/kg</b> | <b>K<sub>2</sub>O<br/>mg/kg</b> | <b>Mg<br/>mg/kg</b> | <b>Ca<br/>mg/kg</b> | <b>S-SO<sub>4</sub><br/>mg/kg</b> |
|------------------|-----------|---------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1. paraugs       | 7.2       | 9.8                 | 46                                          | 97                              | 1376                | 3018                | 20.1                              |
| 2. paraugs       | 6.9       | 38.3                | 50                                          | 184                             | 1563                | 4708                | 7.2                               |
| Vidēji 2018.gads | 6.1       | 2.1                 | 45                                          | 153                             |                     |                     |                                   |

Apskatot meliorācijas drenu plānu ([melioracija.lv](http://melioracija.lv)), redzams, ka problemātiskā zona atrodas virs 100 mm un 75 mm kolektoriem un drenējošo drenu atzara. Saimniecības pārstāvis drenu darbību vērtē kā normālu, jo sistēma kopumā darbojas labi. Tiek pieņemts, ka problemātiskajā zonā zem aramkārtas ir ūdens lēni caurlaidīgs slānis, kā

rezultātā ziemas/pavasara periodā augsnes virskārtā ir liekais mitrums, bet vasaras periodā mitruma režīms ir normāls.



107.att. Labības lauks, Jaunlutrīņi (meloracija.lv)

Kopumā jāatdzīst, ka labības laukos dronu attēli nesniedz pietiekošu informāciju sējumu stāvokļu novērtēšanai. Šeit būtu nepieciešamas multispektrālās kameras vai citas metodes.

#### *Rekomendācijas:*

Problēmu ar palielinātu augsnes mitrumu ziemas/pavasara periodā varētu risināt papildinot meliorācijas sistēmu ar virsūdeņu uztveršanas aku, bet ņemot vērā problemātisko vietu nelielo platību, tas varētu būt ekonomiski nepamatots pasākums..

#### **4.Pūre**

1. kvartāla 14.-16. rindās 7.-20. koks rindā ir ar vājāku lapojumu, mazāku vainagu. Koki atšķiras no kokiem blakus rindās un arī tajās pašās rindās pirms un pēc šīs zonas. Zona grūti identificējama veģetācijas perioda sākumā, bet labi redzama kokiem ar attīstītu lapojumu.



108.att. **Pūre 1. kvartāls 26.06.2019.**



109.att. **Pūre 1. kvartāls 13.05.2022.**

Apsekojot dārzu, konstatēts, ka šajā zonā ir neliels reljefa pacēlums, tomēr galvenais koku atšķirību iemesls ir šķirņu sajaukums- šajās rindās ir stādīta šķirne 'Aļesja', bet apskatītajā vietā visās trijās rindās ir iestādīta šķirne 'Arona'. Šīm šķirnēm dabiski veidojas dažādas koku vainagu formas- šķirnei 'Aļesja' zari veido platu atzarošanās leņķi un vainags ir izvērsts, bet šķirnei 'Arona' zari veido šauru atzarošanās leņķi, vainags ir piramidāls.

Šī zona nav uzskatāma par dārza problemātisko zonu.

2. kvartāla 14.-16. rindu vidusdaļā 15-20 m posmā ir koki ar vājāku lapojumu un arī zāle rindstarpās ir nedaudz gaišāka. Šajās rindās ir šķirne 'Auksis'. Zona ir identificējama gan veģetācijas sākumā, gan arī vēlāk.



110.att. Pūre 2. kvartāls 13.06.2022.



111.att. **Pūre 2. kvartāls 26.06.2019.**

Apsekojot vietu dārzā konstatēts, ka šai vietā ir reljefa pacēlums ar nogāzi rietumu virzienā (perpendikulāri rindām) un seko nogāze ziemeļu virzienā (rindu virzienā). Reljefs ir izraisījis vieglu augsnes eroziju. Tas redzams 2021. gadā veiktajās augsnes analīzēs - problemātiskajā zonā ir nedaudz samazināts augsnes organiskās vielas saturs salīdzinot ar rindu galu zonu. 2020. gadā tika veikta 2. kvartāla kaļķošana, problemātiskajā zonā tika iedota lielāka kaļķakmens miltu deva, kas izskaidro augsnes reakcijas un Ca daudzuma atšķirības. Grūti pamatot atšķirības Mg nodrošinājumā, jo lietotajiem mēslojumiem to nevajadzēja ietekmēt. Problemātiskajā zonā ir nedaudz labāks nodrošinājums ar fosforu, fosfora mēslojums ir dots 2021. gada pavasarī un problemātiskajā zonā deva bija palielināta. Salīdzinot 2021. gada analīzes ar augšņu izpēti rezultātiem 2019. un 2023. gadā, redzams ka konkrētās vietas nedaudz atšķiras no nogabalu vidējajiem rādītājiem. Veiktie mēslošanas un kaļķošanas pasākumi daļēji ir mazinājuši augsnes agroķīmiskā sastāva atšķirības, tomēr ir nepieciešamas vairākas sezonas, lai koku auguma atšķirības izlīdzinātos.

23.tabula

*Augsnes paraugu agroķīmiskais sastāvs*

| <b>Zona</b>        | <b>pH</b> | <b>Org.v.<br/>%</b> | <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><br/>mg/kg</b> | <b>K<sub>2</sub>O<br/>mg/kg</b> | <b>Mg<br/>mg/kg</b> | <b>Ca<br/>mg/kg</b> | <b>S-SO<sub>4</sub><br/>mg/kg</b> |
|--------------------|-----------|---------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Problemātiskā zona | 7.4       | 2.5                 | 147                                         | 250                             | 1005                | 1785                | <5.9                              |
| Rindu galu zonā    | 5.2       | 2.6                 | 82                                          | 257                             | 180                 | 934                 | <5.9                              |
| 2 kvartāls 2019.g. | 5.9       | 2.2                 | 162                                         | 440                             | 204                 | 831                 | 5.9                               |
| 2 kvartāls 2023.g. | 6.1       | 2.9                 | 107                                         | 282                             | 215                 | 824                 |                                   |

Problemātiskajā zonā veikta ražas uzskaitē, visos gados raža bija zemāka nekā kontroles kokos ārpus problemātiskās zonas. Ražas atšķirība nedaudz svārstās pa gadiem, vidēji tā bija 7 kg/koka, jeb ņemot vērā stādījuma blīvumu 1470 koki/ha, tas ir 10 t/ha. Problemātiskajā zona ietver aptuveni 80 kokus, kas veī ražas samazinājumu ap 500-600 kg.

24.tabula

*Raža šķirnei `Auksis`, kg/koka*

| <b>Zona</b>        | <b>2020.<br/>gads</b> | <b>2021. gads</b> | <b>2022. gads</b> | <b>vidēji</b> |
|--------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Problemātiskā zona | 10                    | 8                 | 11                | 10            |
| Kontrole           | 19                    | 15                | 17                | 17            |

3. kvartālā ir divas diagonālas zonas no 1. līdz 10. rindai un no 3. līdz 17. rindai. Šajās zonās vērojams vājāks koku lapojums, gaišāks zālājs rindstarpās, vietām koki ir gājuši bojā. Zona ir vieglāk identificējama veģetācijas perioda vidū un rudenī.



112.att. Pūre 3. kvartāls 25.09.2022

Apsekojot vietu dārzā konstatēts, ka reljefs ir praktiski līdzens ar nelielām ieplakām. Šajās rindās ir stādītas šķirnes 'Auksis', 'Dace', 'Monta', 'Aļesja' un 'Kovaļņkovskoje'. Šo šķirņu koki ir ar nedaudz atšķirīgiem vainagiem, tomēr ir vērojamas kopējas tendences, ka problemātiskajās zonās ir vājāks koku augums, ir vairāk bojā gājušu koku. Pavasar periodā šajā dārza daļā augsne ir mitrāka nekā citur.

25.tabula

**Bojā gājuši koki**

| Šķirne           | 1. zona        |             |     | 2. zona        |             |     | Kontrole       |             |     |
|------------------|----------------|-------------|-----|----------------|-------------|-----|----------------|-------------|-----|
|                  | iestādīti koki | gājuši bojā | %   | iestādīti koki | gājuši bojā | %   | iestādīti koki | gājuši bojā | %   |
| 'Auksis'         | 11             | 4           | 36% | 10             | 4           | 40% | 46             | 6           | 13% |
| 'Dace'           | 9              | 1           | 11% | 11             | 3           | 27% | 31             | 3           | 10% |
| 'Monta'          | 13             | 4           | 31% | 13             | 3           | 23% | 31             | 2           | 6%  |
| 'Aļesja'         | 14             | 2           | 14% | 17             | 3           | 18% | 54             | 6           | 11% |
| 'Kovaļņkovskoje' | -              | -           | -   | 36             | 16          | 44% | 157            | 31          | 20% |
| vidēji           |                |             | 23% |                |             | 30% |                |             | 12% |

Apskatot meliorācijas drenu plānu, redzams, ka problemātiskās zonas sakrīt ar drenu virzienu. Uz nepilnvērtīgu drenu darbību arī norāda pārmitra vieta blakus esošā labības laukā. Problemātisko zonu izvietojums ļauj secināt ka vismaz divas drenu līnijas pilnvērtīgi nedarbojas. Drenāžas bojājums atrodas kaimiņa teritorijā, konkrētu bojājuma veidu un vietu var noteikt veicot drenu atrakšanu.



113.att. Pūre, meliorācijas plāns.

5. kvartālā ir divas blakus esošas problemātiskas zonas, kuras identificējamās gan veģetācijas sākumā, gan veģetācijas laikā. Šajās zonās veģetācijas sākumā ir gaišāks zālājs rindstarpās, veģetācijas laikā kokiem ir gaišāks lapojums un mazāki vainagi.



114.att. Pūre, 5. kvartāls 13.05.2022.



115.att. Pūre, 5. kvartāls 25.09.2022

Apsekojot problemātiskās zonas dārzā konstatēts, ka tur ir nogāze ziemeļrietumu virzienā. Nogāzes slīpums sasniedz 20-25%. Starp abām problemātiskajām zonām ir posms, kur nogāzes slīpums samazinās un koki aug spēcīgāk. Reljefs rada augšnes erozijas risku- nogāzes virziens daļēji sakrīt ar rindu virzienu un iespējama erozija apdobju daļā, kur tiek ierobežota apauguma veidošanās. Augšņu analīzēs galvenā atšķirība ir augšnes organiskās vielas daudzumā- problemātiskajā zonā tas ir krietni zemāks. Visā kvartālā ir zems fosfora nodrošinājums un vidējs līdz augsts kālija nodrošinājums. Kālija nodrošinājums problemātiskajā zonā ir augstāks nekā nogāzes

lejasdaļā, tas ir izskaidrojams ar to ka mālainā augsnē kālijs labi piesaistās un nepakļaujas izskalošanai, savukārt nogāzes lejas daļā ir smilšmāls un ir iespējama lēna kālija izskalošanās.

26.tabula

***Augsnes paraugu agroķīmiskais sastāvs***

| <b>Zona</b>        | <b>pH</b> | <b>Org.v.<br/>%</b> | <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><br/>mg/kg</b> | <b>K<sub>2</sub>O<br/>mg/kg</b> | <b>Mg<br/>mg/kg</b> | <b>Ca<br/>mg/kg</b> | <b>S-SO<sub>4</sub><br/>mg/kg</b> |
|--------------------|-----------|---------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Problemātiskā zona | 7.1       | 1.5                 | 73                                          | 231                             | 274                 | 1511                | 7.8                               |
| Nogāzes lejasdaļā  | 6.4       | 2.6                 | 84                                          | 161                             | 236                 | 1324                | 6.6                               |
| 5 kvartāls 2016.g. | 5.6       | 1.4                 | 72                                          | 245                             |                     |                     |                                   |
| 5 kvartāls 2023.g. | 6.0       | 2.9                 | 81                                          | 235                             | 331                 | 924                 |                                   |

Problemātiskajās zonās tika veikta ražas uzskaitē šķirnei 'Antonovka', visos gados raža bija zemāka nekā kokiem nogāzes lejasdaļā. Ražas atšķirība ir lielāka 2021. gadā, kad bija augstāka raža (11-12 kg/koka), vidēji tā bija 7-8 kg/koka, jeb ņemot vērā stādījuma blīvumu 660 koki/ha, tas ir 4.6-5.2 t/ha. Problemātiskajā zonā ietver aptuveni 90 kokus, kas veido ražas samazinājumu ap 600-720 kg.

27.tabula

***Raža šķirnei 'Antonovka', kg/koka***

| <b>Zona</b>           | <b>2020.<br/>gads</b> | <b>2021. gads</b> | <b>2022. gads</b> | <b>vidēji</b> |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Problemātiskā zona 1. | 10                    | 19                | 9                 | 13            |
| Problemātiskā zona 2. | 9                     | 18                | 8                 | 12            |
| Nogāzes lejasdaļā     | 15                    | 30                | 15                | 20            |

***Rekomendācijas:***

2. kvartālā turpināt mēslošanas stratēģiju, kurā problemātiskajā zonā tiek plānota lielāka mēslojuma deva. Augsnes organiskās vielas uzkrāšanai ieteicams izmantot nogrieztu saro smalcināšanu un atstāšanu dārzā, apsvērt apdobju mulčēšanas iespēju, zālāja attīstībai un koku auguma veicināšanai ieteicama neliels slāpekļa mēslojums- līdz 40kg/ha. Fosfora mēslojums ir jāturpina dot, jo tas augsnē pārvietojās lēni un saknēm tas ir pieejams pēc 2-3 gadiem. Ieteicams Lietot superfosfātu, jo tas satur arī sēru. Kālija mēslojums nav nepieciešams.

3. kvartālā galvenā problēma ir meliorācijas sistēmas defekts. Tā kā iespējamā bojājuma vieta atrodas ārpus īpašuma robežām, ieteicams rosināt sadarbību ar blakus

esošo zemju lietotāju. Nelielu efektu varētu dot rindstarpu dziļlirdināšana, veicinot liekā mitruma horizontālu pārvietošanos uz blakus esošo drenu darbības zonu.

5. kvartāls līdzīgi kā 2. kvartālā turpināt mēslošanas stratēģiju, kurā problemātiskajā zonā tiek plānota lielāka mēslojuma deva. Augsnes organiskās vielas uzkrāšanai ieteicams izmantot nogrieztu saru smalcināšanu un atstāšanu dārzā, apsvērt apdobju mulčēšanas iespēju, zālāja attīstībai un koku auguma veicināšanai ieteicama neliels slāpekļa mēslojums- līdz 40kg/ha. Veģetācijas periodā var 3-4 reizes lietot slāpekļa, fosfora un mikroelementu mēslojumu caur lapām. Fosfora mēslojums ir jāturpina dot, jo tas augsnē pārvietojās lēni un saknēm tas ir pieejams pēc 2-3 gadiem. Ieteicams Lietot superfosfātu, jo tas satur arī sēru. Kālija mēslojums nav nepieciešams. Jāmeklē risinājumi, kā samazināt eroziju rindu virzienā pa apdobēm - tas varētu būt kontrolēts vienmērīgs apaugums vai zālāja joslas.

## PUBLICITĀTE

Lauku dienas:

- Lauku dienas Vilces pag. ZS “Akmentiņi” , 07.2022.
- Lauku dienas Pūres pag. SIA “Daigone”, 07.2023.
- Lauku dienas Dārzkopības institūtā, 07.2023.

Lauka demonstrējumu sagatavošana un dalība sižeta filmēšanai raidījumam “Soli priekšā” Pūres pag. SIA “Daigone”, 06.11.2023.

Referāti konferencēs:

- Par projekta mērķiem, uzdevumiem un gaitu sniegts referāts “Sadarbība ar LPKS Augļu nams un SIA Topoprojekts tālizpētes tehnoloģiju pielietošanā augļu dārzu novērtēšanas pētījumos” zinātniski praktiskajā konferencē “Zemes pārvaldība un ģeodēzija” 10.01.2020 (LLU, Jelgavā), autori - A.Celms, V.Puķīte, A.Palabinska, V.Celmiņa.
- Attālināta dalība un sniegts referāts “Analysis of remote sensing data for determination of spatial changes in orchards” Starptautiskajā konferencē GEOLINKS, Bulgārija, 5.-7.oktobrī, 2020, autori -V.Celmiņa, V.Puķīte.
- Attālināta dalība ar stenda referātu un sniegts referāts “Results of Initial Monitoring of Orchards Territories” starptautiskā konferencē "Sustainable Environmental Development: Innovative Technologies” Klaipēdas lietišķo zinātņu universitātē, Lietuva, 30.09.2020., autori – V.Puķīte, A.Celms, V.Celmiņa, A.Palabinska.
- Attālināta dalība ar stenda referātu “Results of Initial Monitoring of Orchards Territories” Starptautiskā zinātniski praktiskā konferencē "Baltic Surveying”2021” LLU, 06.05.2021., autori – V.Puķīte, J.Luksa, A.Celms, V.Celmiņa

- Referāts Starptautiskajā simpozijā: International Symposium on Digital Horticulture 2021, Bulduru dārzkopības vidusskolā 02.12.2021. : Lepsis J., Puķīte V., Celms A., Luksa J., Celmiņa V. (2021) Application of Remote Sensing for Qualitative Assessment of Orchards.
- Referāts starptautiskajā zinātniskajā konferencē/ SGEM International Scientific Conferences on Earth & Planetary Sciences Extended Scientific Sessions „Green Sciences for Green Life“, Vīnē, Austrijā 6.-9.12.2022. Luksa J., Pukite V., Celmina V., Celms A. Assesment of Orchard Land for Alternative Energy Development
- Referāts starptautiskajā zinātniskajā konferencē/ SGEM International Scientific Conferences on Earth & Planetary Sciences Extended Scientific Sessions „Green Sciences for Green Life“, Vīnē, Austrijā 6.-9.12.2022. Pukite V., Luksa J., Celmina V., Celms A. Designing of Orchards Areas and Evaluation OF Their Development Possibilities
- Referāts starptautiskajā zinātniskajā konferencē /International Conference on Ecology, Agriculture and Forestry (ICEAF - 24), Hamburgā, Vācijā , 9.-10.05.2024. Application of Remote Sensing Technologies for Evaluation of Orchards. V.Pukite, J.Luksa., A.Celms, V.Celmina
- Referāts starptautiskajā zinātniskajā konferencē /International Conference on Ecology, Agriculture and Forestry (ICEAF - 24), Hamburgā, Vācijā , 9.-10.05.2024. Analysis Of The Remote Sensing Methods In The Evaluation Of Orchards In Different Periods Of Time. J.Luksa, V.Pukite, A.Celms, V.Celmina.

#### Publikācijas:

- J. Lepsis. Latvijas ābols – sausuma un krusas apskādēts, bet garšīgs. 29.08.2019., <https://www.la.lv/sausuma-un-krusas-apskadeti-bet-garsigi>
- Analysis of remote sensing data for determination of spatial changes in orchards / Vita Celmina, Vivita Pukite // GEOLINKS International Conference on Environmental and Geo Sciences : conference proceedings, Plovdiv, Bulgaria, 5-7 October, 2020. Plovdiv, 2020. Book 2, Vol.2 : Ecology and environmental

studies. Environmental economics. Green buildings technology and materials. Green design and sustainable architecture, 167.-174.lpp. , URL: <https://www.geolinks.info/geolinks-library> ISBN 9786197495096. ISSN 2603-5472

- Designing of orchards areas and evaluation of their development possibilities / Vivita Pukite, Jolanta Luksa, Vita Celmina, Armands Celms // 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM : proceedings, Albena, Bulgaria, 04-10 July, 2022 / Bulgarian Academy of Sciences Albena, 2022. Vol.22, Issue 6.2 : Nano, Bio, Green and Space: and Technologies for a Sustainable Future, 1 pdf datne. <https://doi.org/10.5593/sgem2022V/6.2/s27.69> , URL: [https://epslibrary.at/sgem\\_jresearch\\_publication\\_view.php?page=view&editid1=8963](https://epslibrary.at/sgem_jresearch_publication_view.php?page=view&editid1=8963) , URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85159611413&doi=10.5593%2Fsgem2022V%2F6.2%2Fs27.69&partnerID=40&md5=5852d7c71cf8461b5045e33cbd30edce> ISBN 9786197603521. ISSN 1314-2704.
- Assessment of orchard land for alternative energy deployment / Jolanta Luksa, Vivita Pukite, Vita Celmina, Armands Celms // 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM : proceedings, Albena, Bulgaria, 04-10 July, 2022 / Bulgarian Academy of Sciences Albena, 2022. Vol.22, Issue 4.2 : Energy and Clean Technologies, 1 pdf datne. <https://doi.org/10.5593/sgem2022V/4.2/s17.62> , URL: [https://epslibrary.at/sgem\\_jresearch\\_publication\\_view.php?page=view&editid1=8879](https://epslibrary.at/sgem_jresearch_publication_view.php?page=view&editid1=8879) , URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85159351688&doi=10.5593%2Fsgem2022V%2F4.2%2Fs17.62&partnerID=40&md5=0c2e59fb065cfc4d2751fb834db3fa71> ISBN 9786197603507. ISSN 1314-2704

## KOPSAVILKUMS UN GALVENIE SECINĀJUMI

Saistībā ar dažāda veida tālzipētes sensoru sistēmu attīstību, paveras iespējas tās pielietot arvien vairākās tautsaimniecības jomās. Tā kā augļkopības nozarei ir liels potenciāls pārtikas ražošanā Latvijas Republikā, tad ir tikai pašsaprotami, ka šajā nozarē arī tiek pētīts tālzipētes tehnoloģiju pielietojums.

Startējot projektā, meklējot un nosakot dažādu tālzipētes tehnoloģiju maksimāli iespējamo pielietojumu augļu dārza novērtēšanā tika veikti vairākkārtēji bezpilota gaisa kuģu lidojumi, realizējot fotogrametriskos un lāzerskenēšanas mērījumus. Šādu lidojumu organizēšanai un mērījumu datu apstrādei ir svarīgi, lai fiksētais augļu koks jebkādā fiksācijā būtu vienā un tai pašā vietā. Šādas prasības izpildei ir vajadzīga stabila atskaites sistēma. Klasiski šādu stabilu atskaiti nodrošina ģeodēziskais atbalsta tīkls. Ģeodēziskais atbalsta tīkls tika ierīkots visos četros augļudārzos. Tā ka augļudārzu teritorijas ir vien dažu hektāru plātībās, tad ne vienmēr globālās atskaites sistēmas nodrošina ideālu atskaites sistēmas precizitāti. Kā arī ietekmējošs faktors ir kopš 2022. gada februāra Latvijas teritorijā novērotie Globālās Navigācijas Satelītu Sistēmas (GNSS) traucējumi, kas ietekmē arī tālzipētes datu un galarezultātu precizitāti. Tas apgrūtina vai padara neiespējamu iegūtās informācijas salīdzināšanu.

Pie jebkādas ģeodēziskās atskaites sistēmas izveides ir svarīgi, lai dotais objekts, šajā gadījumā – augļu dārzs būtu ģeodēziskās atskaites sistēmas iekšpusē. Dotais uzstādījums tika arī ievērots. ZS “Lapenieki ģeodēziskais tīkls tika ierīkot līdz ar pētāmās platības kontūrām. Pārējās trīs - ZS “Ausekļi”; ZS “Akmentiņi”; SIA “Daigone” tika rasta iespēja atsevišķus ģeodēziskos punktus ierīkot ārpus pētāmās platības. Tas dod iespēju paaugstināt ģeodēziskās atskaites sistēmas stabilitāti uz veiktajiem tālzipētes mērījumiem.

Lai nodrošinātu ģeodēziskās zīmes stabilitāti, tika izveidots 1m urbums, kas aizpildīts ar armatūras stiegrojumu. Tāda konstrukcija nodrošina ģeodēziskās zīmes stabilitāti gan vertikālā, gan horizontālā plaknē, ņemot vērā klimatiskos apstākļus. Ģeodēziskās atbalsta tīkla funkcionalitātes palielināšanai, ģeodēziskajām zīmēm tika izstrādāta speciāla virszemes konstrukcija – kvadrātveida virszemes plāksne. Ģeodēziskās zīmes virszemes plāksnes malas tika veidotas 0,5 m garumā. Ģeodēziskās zīmes koordināta atrodas plāksnes centrā. Šādas virszemes konstrukcija nodrošina augļudārzu mērījumu datu savstarpējo savietošānu starp vairākām kampaņām.

Ierīkotajām ģeodēziskajām zīmēm tika noteiktas koordinātas, tās piesaistot LKS-92TM (horizontālā plaknē) un LAS-2000,5 (vertikālā plaknē) koordinātu sistēmām. Analizējot iegūto rezultātu precizitāti, tika secināts, ka augļu dārzos ar platību līdz 10 ha, optimālais ģeodēzisko zīmju skaits ir no četrām līdz sešām. Lai ģeodēziskais pamatojums tālizpētes mērījuma datiem būtu homogēns, viena zīme tika ierīkota visu augļu dārzu centrālajā daļā. Pie ģeodēzisko zīmju ierīkošanas tika ņemts vērā faktors, lai to pēc iespējam mazāk aizklātu ābeļu zari, tādējādi būtu redzami mērījumu ainās. Atklāta vieta dod iespēju veikt korektu GNSS piesaisti.

#### Secinājumi:

1. Ģeodēziskās atbalsta sistēma ierīkošana augļudārzos dod iespējas iegūt paaugstinātas precizitātes gala tālizpētes mērījuma produktu.
2. Neatkarīgas ģeodēziskā atbalsta sistēma augļu dārzos ierīkošana, sniedz iespējas izvairīties no dažādām globālām ietekmēm uz mērījumu rezultātu precizitāti.
3. Ģeodēziskā atbalsta tīkla ierīkošana dod iespēju iegūt mērījumu rezultātus ar precizitāti līdz 4 mm horizontālā 5 mm vertikālā plaknē.
4. Optimālais ģeodēzisko zīmju skaits ir robežās no četrām līdz sešām, ja augļudārzu platības nepārsniedz 10 ha.
5. Tālizpētes mērījumu precizitātes nodrošināšanai viena ģeodēziskā zīme jāierīko augļudārzu centrālajā daļā.

Vairākslāņu kartogrāfiskā materiāla izgatavošanai tika pielietotas dažādas datorprogrammas, lai savietotu no bezpilota gaisa kuģiem iegūtos datus – attēlus vienā lielā – attiecīgās teritorijas ortofoto attēlā. Projekta ietvaros tika pētīti 4 augļudārzi (ZS “Lapenieki” augļudārzs 2,8 ha, ZS “Ausekļi” augļudārzs 8,5 ha, ZS “Akmeņtīņi” 8,5 ha un SIA “Daigone” 8 ha, un ZS “Lapenieki” labības lauks 8 ha platībā.

2022. gada laikā tika veikti 5 lidojumi ar bezpilota gaisa kuģiem – marta beigās, maija vidū, augusta sākumā, septembra beigās un novembra sākumā. No gaisa kuģiem tika iegūti attiecīgās teritorijas – augļudārzu un labības lauka ortofoto attēli. Lai izveidotu vairākslāņu kartogrāfisko materiālu, tika izmantota ArcGIS Pro programmatūra.

Vairākslāņu kartogrāfiskais materiāls ir veiksmīgs risinājums, kad nepieciešams attēlot vairākus slāņus vienlaicīgi un veikt datu analīzi. Iegūto datu apjomi ir ļoti lieli, vidēji viens ortofoto ir ap 500 MB lielumā, kā arī izveidotais vairākslāņu kartogrāfiskais

materiāls ir ļoti apjomīgs - ap 20 GB, līdz ar to datu analīzei un attēlošanai nepieciešami jaudīgi datori un programmatūras. Kā viens no jautājumiem, ko varētu pētīt turpmāk – kā samazināt faila datu apjomu, nezaudējot to kvalitāti un attēlotās informācijas precizitāti.

Bezpilota gaisa kuģu pielietošana ir lieliska iespēja pietiekami lielas teritorijas novērot attālināti, tā dodot, šajā gadījumā, dārza īpašniekiem iespēju identificēt kādas problēmas augļudārzā. Bezpilota gaisa kuģu tehnoloģijas ļauj šo reālo situāciju ieraudzīt jau lidojuma laikā.

Lai savietotu no bezpilota gaisa kuģiem iegūtos datus – ortofoto, un izveidotu vairākslāņu karti, bija nepieciešama šo datu precīza ģeoreferencēšana. Projekta gaitā dati tika apstrādāti vairākas reizes, jo ar pirmo reizi ne visus datus bija iespējams savietot pa slāņiem precīzi vienu virs otra. Katra augļudārza un labības lauka vairākslāņu karte sastāv no vismaz 7 slāņiem, kur 5 slāņi ir iegūtie un apstrādātie dati no bezpilota gaisa kuģu veiktajiem lidojumiem.

Saskaņā ar projekta rezultātu tika izveidota interaktīvā platforma ar vairākslāņu kartēm, kas tiek uzturēta LBTU Zemes pārvaldības un ģeodēzijas institūta serverī. Diemžēl publisku piekļuvi, lielā datu apjoma dēļ un projektā nepieciešamo līdzekļu neieplānošanas dēļ, nevaram nodrošināt. Tomēr interesentiem tā ir pieejama apskatei (iepriekš sazinoties ar institūtu), kā arī ir iespējama konkrētu slāņu kartogrāfiskā attēla izdrukāšana interesējošā mērogā, vai arī šīs atsevišķās slāņu datnes iegūt dgn un pdf formātā.

#### Secinājumi:

1. Projekta gala rezultātā tika iegūts vairākslāņu kartogrāfiskais materiāls – interaktīva karte, kur no bezpilota gaisakuģiem iegūtie un apstrādātie dati - ortofoto tika savietoti pa slāņiem, ar iespēju tos aktivizēt vai deaktivizēt, kā arī ar iespēju ekrānā apskatīt divus slāņus vienlaicīgi.
2. Pētot augļu dārzus attālināti, vislabāk vairākslāņu kartē bija redzami apgabali augļu dārzā, kur augļu koki neaug tik labi. Lai identificētu iemeslus, kādēļ šie koki neattīstās tik labi, bija nepieciešama augļu dārza apsekošana apvidū.
3. Vienā no augļu dārziem tika arī novērotas iespējamās problēmas ar meliorācijas sistēmu – vairākslāņu kartē bija identificējama vieta, kur teritorijai ir lielāks mitrums.

4. Vairākslāņu karte dod iespēju dārza īpašniekam redzēt periodiski kā šī situācija mainās, kā arī kartē identificējot problemātiskās vietas, tās doties apsekot dārzā un rast iespējami labāko risinājumu.
5. Izveidotais vairākslāņu kartogrāfiskais materiāls uzskatāmi parāda ne tikai attiecīgā augļudārza kopējo ainu, bet arī, kā mainās situācija dažādos veģetācijas periodos, kas dod iespēju augļu dārza īpašniekam plānot savus resursus augļu koku augšanas un ražas apjoma palielināšanai.

Mūsdienu lauksaimniecībā un tai skaitā augļkopībā ir svarīgi iespējami savlaicīgi identificēt augu augšanas un attīstības problēmas. Graudkopībā precīzās tehnoloģijas un ar tām saistītais tehniskais nodrošinājums ir diezgan labi ieviests praksē, savukārt augļu dārzos jaunās tehnoloģijas ienāk lēnāk.

LBTU Meža un vides zinātņu fakultātes Zemes pārvaldības un ģeodēzijas institūta zinātnieki sadarbībā ar augļkopības kooperatīvu Augļu nams un mērniecības nozares speciālistiem pabeidza projektu par tālīzpētes tehnoloģiju pielietošanu situācijas novērtēšanai augļu dārzā. Projektā tika izmantota gan esošās informācijas analīze no publiski pieejamām ģeotelpiskas informācijas datubāzēm, gan dārzu fotografēšana un lāzerskenēšana no bezpilota gaisa kuģa, gan dārzu apsekošana un ražas vērtēšana. Apstrādājot iegūtos attēlus, iegūts fotogrammetriskais materiāls, kuru analizējot tika izdalītas problemātiskās zonas- vietas, kur koki ir auguši vājāk, ir ar mazāk izteiktu lapojuma krāsu vai arī lielāku bojā gājušu koku īpatsvaru.

Vizuāli izvērtējot bezpilota gaisa kuģa attēlus no 4 augļudārziem, katrā tika izvēlēta viena vai vairākas problemātiskās zonas. Šīs vietas tika apsekotas dārzā, meklējot iespējamus atšķirību cēloņus- ņemti augsnes paraugi, vērtēta koku ražība, iegūta papildus informācija no dārzu saimniekiem, situācija salīdzināta ar meliorācijas plāniem.

Izvērtējot iegūto informāciju, vairākos gadījumos tika secināts, ka problēmu iemesls ir augšņu agroķīmisko īpašību atšķirības. Dažos gadījumos augšņu atšķirības ir radušās reljefa ietekmē, bet citos nebija iespējams rast konkrētu iemeslu. Tika konstatēta arī meliorācijas sistēmas nepilnvērtīgas darbības ietekme uz dārzu. Savukārt, vairākos gadījumos secināts, ka konkrētās vietas nav uzskatāmas par problemātiskām- atšķirības attēlos ir, jo konkrētajā vietā dārza stādīšanas laikā ir sajauktas dažādas šķirnes vai arī drona lidojuma laikā ir bijuši mainīgi apgaismojuma apstākļi.

Projekta ietvaros tika apskatītas iespējas dārza attālinātai vērtēšanai izmantot satelīta datus ar veģetācijas indeksiem. Konstatēts, ka šādus datus var izmantot, tomēr to rezultāti jāpārbauda dārzā, jo noviržu iemesli var būt dažādi.

Dārzkopji par projekta gaitu un rezultātiem ir informēti 3 lauku dienās- 2022. gadā zs Akmentiņi un Dārzkopības institūtā, 2023. gadā sia Daigone dārzā.

#### Secinājumi:

1. Drona attēli var palīdzēt dārza novērtēšanai
2. Vērtēšana jāveic vairākas reizes veģetācijas sezonā
3. Datu apjoms ir liels un apstrāde nav vienkārša
4. Attēlu analīzei būtiska ir monitora kvalitāte
5. Jāņem vērā gaismas apstākļu izmaiņas lidojuma laikā
6. Problemātisko zonu cēloņi var būt dažādi
7. Satelītu attēlu izšķirtspēja 10x10m ir nepietiekoša dārza vērtēšanai
8. Izmantotā metode ir mazāk piemērota graudaugu sējumiem, jo ir grūtāk konstatēt veģetācijas atšķirības.

Kopējais datu ieguves ilgums bija 2 gadi. Sākotnēji bija plānots izmantot tikai fotogrammetrisko datu ievākšanu un apstrādi. 2023 gadā tika pieņemts lēmums izmantot LidDar tehnoloģiju, lai būtu plašāks aptvertais tehnoloģiju loks. Veicot lidojumus, bija šāds mērķis – iegūstam maksimāli daudz datus, veicam ļoti sabiezinātu fotofiksāciju, lai teorētiski būtu visvairāk datu, ko apstrādāt. Pētījumos neņēma vērā efektivitāti lidojumiem, jo sākotnēji ir jāveic maksimāli vislabākais un apjomīgākais datu savākšanas apjoms, lai pēc tam varētu vērtēt un plānot kā un ko var efektīvizēt. Tāda pat pieceja bija veicot lidojumus ar Lāzerskeneri – maksimāli tuvākas trajektorijas, lai lāzerskeneris spētu savākt datus no dažādiem leņķiem, kas nodrošinātu pilnīgākus datus.

#### Fotogrammetrijas metodes novērtējums:

Pozitīvais: dati ir ļoti labi, vizuāli viegli uzskatāmi. Augstas izšķirtspējas bilde, kurā uzreiz var apskatīt visu augļudārzu, ir ļoti efektīvs materiāls uz kura pamata var pētīt un pieņemt lēmumus, vai ieraudzīt potenciālos riskus augļudārzā. Bilde pati par sevi ir atverama datorā bez speciālas programmatūras, bet, ja lieto GIS risinājumus, tad bildei ir ļoti precīza ģeolokācija un dažādas bildes, savietojot vienu uz otras, var pētīt konkrētas vietas izmaiņas augļudārzos.

Izaicinājums: patreiz process, kā iegūst datus, ir daļēji sarežģīts, prasa speciālistu kas māc, saprot fotogrammetrijas pamatprincipus, to apstrādi un nodevumu radīšanu. Pasaulē patreiz tiek izstrādātas metodes un vietām jau tiek pielietota metode, ka drons automātiski veic misijas, pats paceļās, nolaižās uz speciālas dokstacijas. Vēl tiek strādāts pie automatizācijas pēc drona lidojuma, lai dati tiktu ievākti, apstrādāti un nodoti klientam bez cilvēka iesaistes. Šāda pieeja visticamāk pēc pieciem gadiem būs ikdiena. Jāturpina strādāt pie algoritmiem, kā novērtēt automātiski bildēs redzamo un potenciālos riskus augļudārzos – pēc krāsām, izmaiņām utt. Lai augļudārza saimnieks var ik periodu paskatoties telefonā vai datorā jau uzreiz saņemt info par to, kur, kas un cik ir mainījies un kam jāpievērš uzmanība.

#### Lāzerskenēšanas metodes novērtējums:

Pozitīvais: Metode ir ļoti precīza. Dati ir kvalitatīvi precīzi ģeoreferencēti. Lāzerskenēšanas atšķirībā no fotogrammetrijas metodes spēj “izlauzties” caur lapojumu un savākt datus arī zem koka un pat to stumbrus. Papildus tiek iegūts intensitātes radījums, kas daļēji palīdz noteikt koka veselības stāvokli.

Izaicinājums: Metode patreiz ir dārga, sarežģīta. Apstrāde prasa zināšanas daudz apsektos. Lāzerskenēšanas dati nav tik viegli vizuāli uzskatāmi. Datu aplūkošanai un vērtējumiem ir nepieciešamas papildus zināšanas.

GEO Development secina, ka patreiz ļoti efektīva ir fotogrammetriskās metodes lietošana augļudārzu novērtējumā. Attīstoties automātiskām sistēmām, šī metode var tikt ieviesta un izmantota augļudārzu apsekošanā, efektīvā pārraudzībā un izdevumu samazināšanā.

Līdz ar to var teikt, ka saskaņā ar projektā plānoto ir radīta jauna tehnoloģiju pielietošanas pieeja, jo tālīzpēte ar lāzerskenēšanu līdz šim nav izmantota ne dārzkopībā augkopības augu vērtēšanai. Lāzerskenēšana kā tehnoloģija ir pietiekoši pieejama, taču iegūto datu apstrāde un interpretācija augļu dārzu novērtēšanai ir jauns pielietojums Latvijā un kaimiņvalstīs. Neskatoties uz to, šīs metodes pielietošanas gaitā iegūstot datus jau tika izvēlēti noteikti parametri, tomēr datu apstrādes rezultāts (lauki ar ēnojumiem utml.) mudināja turpināt iesāktos pētījumus, kuros vēl ir jāatstrādā lāzerskenēšanas skaidri parametri (lidojuma augstums, punktu blīvums skenēšanas utt.), vadoties arī no konkrētu iekārtu izmantošanas, lai iegūtie dati apstrādes rezultātā radītu skaidru un nepārprotamu situāciju konkrētā brīdī.

Papildus šī projekta ietvaros netika veikta izpēte ar multispektrālām kamerām. Tās izmantošana iespējams varētu dot daudz vairāk informācijas par augļudārza “veselības stāvokli”. Šo metodi ir ieteicams pētīt padziļināti un iespējams, ka lietojot apvienotu metodi multispektrālo un fotogrametrisko metodi, tiktu iegūts pilns datu apjoms, kas parādītu augļudārza parametrus, to stāvokli un brīdinātu par potenciāliem riskiem ar augļudārza “veselības” stāvokli.

#### Citas tālizpētes metodes:

Veicot dronu uzņemto attēlu vizuālu analīzi, rezultātu ietekmē vairāki blakus faktori - attēlu uzņemšanas brīdī esoši apgaismojuma apstākļi, izmantotā monitora kvalitāte ietekmē krāsu nianšes, katram cilvēkam var būt nedaudz citādāka krāsu toņu uztvere. Lai izvairītos no šiem faktoriem un arī lai iegūtu padziļinātu informāciju, ir izstrādātas metodes dažādiem indeksiem, kurus iegūst no attēliem, kas uzņemti ar multispektrālām kamerām.

Viens no plašāk pielietotajiem indeksiem ir normalizētais veģetācijas starpības indekss (Normalized difference vegetation Index- NDVI). Veselīgai veģetācijai ir ļoti raksturīga spektra atstarošanas līkne, kuras izvērtēšanā nozīmīgas ir divas joslas – redzamā sarkanā un tuvā infrasarkanā. NDVI indekss tiek aprēķināt no šo spektra joslu attiecības. Kopumā jāsecina, ka NDVI ne vienmēr var izmantot augļu dārza novērtējumā. Uzlabojumi būtu iespējami, ja būtiski palielinātu attēlu izšķirtspēju - izmantotajos attēlos pikseļa izmērs ir 10x10 m, kas ir pārāk liela platība. Sasniedzot izšķirtspēju 1x1 m, vai mazāku, būtu iespējams atsevišķi novērtēt koku un rindstarpu zālāja NDVI.

Projekta pieteikumā bija plānots veikt iepirkuma procedūru par augšņu analīžu veikšanu un materiālu iegādi augsnes auglības uzlabojošiem pasākumiem. Projekta realizācijas gaitā LPKS “Augļu nams” konstatēja, ka nepieciešamais augšņu analīžu apjoms būs mazāks nekā plānots un prognozējamā līgumcena nepārsniegs 1000 EUR. Tādēļ iepirkuma procedūra par augšņu analīžu veikšanu netika veikta. Savukārt materiāli augsnes auglības uzlabojošiem pasākumiem netika iegādāti, jo aizkavējās fotogrametriskā materiāla sagatavošana un izvērtēšana, kas aizkavēja arī rekomendāciju sagatavošanu. Savukārt projekta pēdējos gados veiktu augsnes auglības uzlabojošo pasākumu efektivitāti nevarētu novērtēt projekta laikā. Tāpēc rekomendāciju izpilde atstāta kā saimniecību izvēle.

Rekomendācijas problemātisko zonu uzlabošanai ātrāk sāka ieviest SIA “Daigone” augļu dārzā Pūrē, daļu no plānotajiem pasākumiem veicot no 2021.gada. Šķirnei “Auksis” ir panākts uzlabojums – 2022.gadā problemātiskajā zonā ražas samazinājums no kontroles bija par 33% mazāks nekā 2020.gadā. savukārt salīdzinot ražas no koka 2020.gadā un 2022.gadā redzams, ka problemātiskajā zonā neliels ražas pieaugums, bet kontroles kokiem raža 2022.gadā ir par 2 kg zemāka nekā 2020.gadā.

*Raža šķirnei “Auksis”, kg/koka*

| <i>Zona</i>        | <i>2020.gads</i> | <i>2021.gads</i> | <i>2022.gads</i> | <i>Vidēji</i> |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|
| Problemātiskā zona | 10               | 8                | 11               | 10            |
| Kontrole           | 19               | 15               | 17               | 17            |
| Starpība           | 9                | 7                | 6                | 7             |
| Starpība %         | 90%              | 88%              | 55%              | 70%           |

Konkrētā problemātiskā zona pēc platības ir 6.8% no kvartāla platības, ja problemātiskās zonas ražas kritums samazinās par 33%, tad uzlabojumu ietekme uz kvartāla kopražu ir 2,3%.

Šķirnei “Antonovka” projekta laikā ražas starpības samazinājums netika konstatēts.

Līdz ar to var secināt, ka ar papildus pasākumiem var panākt ražas izlīdzinājumu, bet ietekme uz kopražu ir atkarīga no problemātisko zonu platības īpatsvara. Kopražas pieaugums par 10% būtu grūti sasniedzams, bet 3-4 gadu periodā 5% pieaugums ir reāls.

Projektā tika plānoti 5 semināri. 2019.gada maijā notika projekta apklāšanas seminārs, 2024.gada maijā notika noslēguma seminārs, tomēr no plānotajiem 3 semināriem par projekta gaitu, notika seminārs 2023.gada jūnijā. Plānotie seminārus nevarējām noorganizēt Covid situācijas dēļ valstī. Taču par projekta gaitu un iegūtajiem rezultātiem ir sniegtas vairākas prezentācijas konferencēs un publikācijās (detalizēti nodaļā PUBLICITĀTE).

*Kopumā var secināt:*

- projekts deva iespēju pētīt mērniecības instrumentu un iegūto mērījumu pielietojumu un noderību starpnozaru – šajā gadījumā - augļkopības nozares ietvarā.

- Kopējais datu ieguves ilgums (ar datu ieguves regularitāti) bija 2 gadi, uz kuriem balstās galvenie projekta secinājumi. Līdz tam tika veikti arī eksperimentāli datu ieguves mēģinājumi, kuru analīze parādīja, labāko lidojumu maršrutu plānojumu konkrētiem objektiem.
- Izaicinājums bija prasmīga, zinoša, ar atbilstošām iekārtām (bezpilota gaisa kuģi komplektācijā ar LIDAR un/ vai fotogrammetrisku kameru) aprīkota projekta partnera - mērniecības uzņēmuma piesaiste. Šī situācija iekavēja plānoto datu apjoma ieguvī, taču veicināja LBTU pētnieku prasmi apguvi, iegūstot bezpilota gaisa kuģa vadītāju apliecības.
- No bezpilota gaisa kuģiem iegūtie ortofoto attēli ir ļoti labs veids, kā attēlot reālo situāciju apvidū, tomēr pētot ortofoto nav precīzi iespējams noteikt iegūstamo ražas apjomu, līdz ar to, turpmāk būtu nepieciešams pielietot citas metodes, piemēram, lāzerskenēšanu no dažādiem skatpunktiem – gan no gaisa, gan no zemes, lai varētu aprēķināt katra koka apjomu un iespējamo ražu.
- Projekta noslēguma seminārā, projekta partneri secināja, ka projektu būtu nepieciešams turpināt un veikt lidojumus ar bezpilota gaisa kuģi un iegūstot datus arī citos gados, lai būtu iespējams analizēt, kā mainās situācija augļu dārzā ilgākā laika periodā. Tā rezultātā, situācijā, kad pasaulē nemitīgi attīstās mērniecības tehnoloģijas, vēl vairāk tiktu apgūtas prasmes datu ieguvē, pielietojot dažāda veida mērniecības instrumentus un mērniecības metodes, tiktu apgūtas prasmes datu apstrādē, pielietojot dažādas datu apstrādes programmatūras, kā arī veicinātu augļu dārzu īpašnieku prasmes, pielietojot tālīzpētes tehnoloģijas ikdienā, sekot situācijai viņu augļu dārzos, analizējot problēmsituācijas, līdz ar to plānojot, prognozējot ražu.