



PĀRSKATS  
PAR PĒTĪJUMA 2022. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: **Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem**

LĪGUMA NR. 5-5.9.1\_007n\_101\_21\_76

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKĀ

VADĪTĀJA: Dr. Zane Lībiete, LVMI Silava vadošā pētniece

PĒTĪJUMS ĪSTENOTS AKCIJU SABIEDRĪBAS ‘LATVIJAS VALSTS MEŽI’ UN LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTA ‘SILAVA’ 2021. GADA 13. SEPTEMBRA SADARBĪBAS LĪGUMA IETVAROS

Salaspils, 2023

## Saturs

<b>Kopsavilkums</b> .....	5
<b>Summary</b> .....	6
<b>Attēlu un tabulu saraksts</b> .....	7
<b>2022. gada darba uzdevumi un to izpildes statuss</b> .....	13
<b>1. Meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrāde</b> .....	16
<b>1.1. Meža ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas indikatori</b> .....	16
<i>Literatūra</i> .....	18
<b>1.2. Algoritmi ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas indikatoru aprēķinam</b> .....	18
<i>1.2.1. Meža ogu potenciālā raža</i> .....	19
1.2.1.1. Melleņu raža .....	19
1.2.1.2. Brūkleņu raža .....	20
<i>1.2.2. Meža nogabala rekreācijas vērtība</i> .....	22
<i>Literatūra</i> .....	24
<b>2. Ilgtspējīga ūdens resursu aizsardzība</b> .....	25
<b>2.1. Dažādas intensitātes biomasas izvākšanas galvenajā cirtē ietekme uz nākamās meža paaudzes augšanas gaitu, vielu apriti, bioloģisko daudzveidību</b> .....	25
<i>2.1.1. Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings skuju koku audzēs</i> .....	25
2.1.1.1. Objekti un mērījumi .....	25
2.1.1.2. Barības vielu aprites izmaiņas objektos .....	27
Secinājumi.....	59
<i>2.1.2. Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings lapu koku audzēs</i> .....	60
2.1.2.1. Objekti un metodika .....	60
2.1.2.2. Barības vielu aprites izmaiņas objektos .....	61
2.1.2.3. Veģetācijas novērtējums .....	67
2.1.2.4. Augsnes bioloģiskās daudzveidības noteikšana .....	70
<i>Literatūra</i> .....	70
<b>2.2. Meža apsaimniekošanas ainavu līmeņa ietekmes un mežizstrādes tehnikas pārvietošanās un augsnes gatavošanas ietekmes uz vielu apriti un ūdens kvalitāti izpēte</b> .....	70
<i>2.2.1. Ūdens paraugu ievākšana Zalvītes modeļteritorijā meža apsaimniekošanas ainavu līmeņa ietekmes novērtēšanai</i> .....	70
2.2.1.1. Objekti un metodika .....	70
2.2.1.2. Meteoroloģiskie rādītāji Zalvītes modeļteritorijā.....	71
2.2.1.2. Virszemes ūdens kvalitātes rādītāji Zalvītes modeļteritorijā .....	73
2.2.1.2. Elementu iznese no Zalvītes modeļteritorijas .....	87

Secinājumi.....	89
Literatūra .....	89
2.2.2. <i>Elementu izneses un dzīvsudraba metilācijas risku saistībā ar meža tehnikas pārvietošanos un augsnes sagatavošanu izpēte .....</i>	90
2.2.2.1. Objekti un metodika .....	90
2.2.2.2. Elementu koncentrācijas risu/pacilu bedrīšu/grāvja sedimentos un augsnē.....	91
2.2.2.3. Dzīvsudraba un metildzīvsudraba koncentrācijas risu/pacilu bedrīšu sedimentos un augsnē.....	97
Secinājumi.....	104
Literatūra .....	104
<b>3. Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana .....</b>	<b>106</b>
<b>3.1. Invazīvo un potenciāli invazīvo zemesaugu sugu izplatības pētījumi .....</b>	<b>106</b>
3.1.1. <i>Invazīvo un potenciāli invazīvo augu sugu saistība ar meža ekosistēmām un to galveno introdukcijas ceļu raksturojums .....</i>	106
3.1.1.1. Invazīvās un potenciāli invazīvās sugas meža ekosistēmās .....	106
3.1.1.2. Introdukcijas ceļi .....	108
3.1.1.3. Meža ceļi un to nozīme invazīvo sugu izplatībā .....	110
Secinājumi.....	111
Literatūra .....	111
3.1.2. <i>Invazīvo un potenciāli invazīvo zemesaugu sugu izplatības mežaudzēs risku novērtējums monitoringa teritorijās .....</i>	113
3.1.2.1. Objekti un mērījumi .....	113
3.1.2.2. Rezultāti .....	116
Secinājumi.....	120
Literatūra .....	120
<b>3.2. Nozīmīgo meža biotopu attīstības un sugu izplatības scenāriji atkarībā no īstenotās mežsaimnieciskās darbības .....</b>	<b>121</b>
3.2.1. <i>Malas efekta ietekmes uz melnalkšņu staignāju biotopiem dinamikas novērtējums..</i>	122
3.2.1.1. Objekti un metodika .....	122
3.2.1.2. Rezultāti .....	125
Secinājumi.....	132
Literatūra .....	133
<b>3.3. Bioloģiski vecu mežaudžu attīstības dinamika .....</b>	<b>133</b>
3.3.1. <i>Bioloģiski vecu audžu pārmērīšana, papildu objektu atlase un datu analīze priežu audzēs.....</i>	133
3.3.1.2. Rezultāti .....	136
Secinājumi.....	139
Literatūra .....	140
3.3.2. <i>Attālās izpētes metožu izmantošana veco audžu telpiskās struktūras novērtēšanai – metodikas aprobācija un pārbaude dabā 2 objektos .....</i>	141

3.3.2.1. Pamatojums, objekti un metodika .....	141
3.3.2.2. Rezultāti .....	144
Secinājumi.....	147
Literatūra .....	147
<b>4. Sociālekonomisko ekosistēmas pakalpojumu kvalitātes nodrošināšana.....</b>	<b>150</b>
<b>4.1. Meža augšanas apstākļu, meža ekosistēmas tipa, meteoroloģisko faktoru un meža apsaimniekošanas ietekme uz meža nekoksnes produktu ražas dinamiku.....</b>	<b>150</b>
4.1.1. <i>Ogulāju projektīvā seguma novērtējums MSI parauglaukumos .....</i>	<i>151</i>
4.1.1.1. Objekti un metodika .....	151
4.1.1.2. Rezultāti .....	152
4.1.2. <i>Ogulāju projektīvā seguma novērtējums retāk sastopamajos meža tipos .....</i>	<i>156</i>
4.1.2.1. Objekti un metodika .....	156
4.1.2.2. Rezultāti .....	157
4.1.3. <i>Ogu ražas novērtējums kopšanas ciršu parauglaukumos.....</i>	<i>157</i>
4.1.3.1. Objekti un metodika .....	157
4.1.3.2. Rezultāti .....	159
4.1.4. <i>Meteoroloģisko faktoru ietekmes uz ogu ražu novērtējuma modeļa izstrāde .....</i>	<i>169</i>
4.1.4.1. Melleņu un brūkleņu ziedēšana.....	169
4.1.4.2. Materiāls un metodika.....	169
4.1.4.3. Rezultāti .....	170
4.1.5. <i>Meža ogu un sēņu ražas novērtējums testa teritorijās .....</i>	<i>173</i>
4.1.5.1. Objekti un metodika .....	173
4.1.5.2. Rezultāti .....	178
Secinājumi.....	190
Literatūra .....	191
<b>4.2. Meža ainavas vizuālās kvalitātes komponentu izpēte un priekšlikumu izstrāde dažādu iedzīvotāju grupu rekreācijas preferenču praktiskai iekļaušanai daudzfunkcionālas meža apsaimniekošanas plānošanā.....</b>	<b>192</b>
4.2.1. <i>Dažādu atpūtnieku tipu grupu rekreācijas preferenču noskaidrošana.....</i>	<i>192</i>
4.2.1.1. Metodika.....	192
4.2.1.2. Rezultāti .....	193
Secinājumi.....	197
Literatūra .....	197
Pielikumi .....	198

## Kopsavilkums

Pētījuma otrajā etapā īstenoti darba uzdevumi četrās aktivitātēs. Vairākās no tām darbi balstīti uz nepārtrauktu mērījumu nodrošināšanu iepriekš ierīkotos objektos un datu rindu pagarināšanu zinātniski pamatotas argumentācijas veidošanai par pētāmajiem jautājumiem. Ierīkoti arī vairāki jauni izpētes objekti. Paveiktas visas 2022. gadā plānotās aktivitātes. Aktivitātēm, kas tiek turpinātas, teorētiskais pamatojums sniegts iepriekšējā gada (2021. gada) pārskatā. 2022. gada pārskats sagatavots uz 201 lpp., iekļauti 145 attēli, 52 tabulas un 1 pielikums.

### **1. Meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrāde, ietverot kritērijus, indikatorus un algoritmus mežsaimniecības un ekosistēmu pakalpojumu mijiedarbības raksturošanai.**

Izmantojot iepriekšējā pētījumu programmas fāzē izveidotās iestrādes, turpināts darbs pie meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrādes. Ar pasūtītāju pārrunāti specifiski modeļi potenciāli iekļaujamie ekosistēmu pakalpojumi, sagatavoti uzlaboti algoritmi trīs ekosistēmu pakalpojumu indikatoru aprēķinam.

### **2. Ilgtspējīga ūdens resursu aizsardzība.**

Turpināts vielu aprites un ūdens kvalitātes monitorings trijos objektos Zinātniskās izpētes mežos, kur tiek vērtēta dažādas intensitātes vienlaidu atjaunošanas cirtes ietekme skuju koku mežos. Ierīkoti divi jauni pētījuma objekti vielu aprites un ūdens kvalitātes monitoringam lapu koku mežos, tajos uzsākta nobiru, nokrišņu un augsnes ūdens paraugu ņemšana, kā arī veikta veģetācijas uzskaitē. Šajos objektos paņemti un iekonservēti paraugi augsnes mikrobioloģiskās daudzveidības noteikšanai. Turpināta ūdens paraugu ņemšana un papildu ūdens kvalitātes un noteces apjoma mērījumi Zalvītes modeļteritorijā ainavas līmeņa mežsaimniecības ietekmes izvērtējuma objektā. Izvēlēti objekti dzīvsudraba un metildzīvsudraba īstermiņa dinamikas ietekmes izpētei saistībā ar meža tehnikas pārvietošanos, šajos objektos ievāktas visas trīs plānotās sedimenta un ūdens paraugu sērijas, veikta lielākā daļa analīžu.

### **3. Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana.**

Raksturoti ar meža ekosistēmām saistīto invazīvo un potenciāli invazīvo augu sugu introdukcijas ceļi Latvijā. Turpināts monitorings gar meža ceļiem Zalvītes modeļteritorijā, veicot pilnu veģetācijas uzskaiti visos maršrutos. Ierīkoti divi jauni pētījuma objekti invazīvo augu sugu izplatības gar meža ceļiem novērtēšanai Cēsu un Jelgavas novadā, katrā no tiem veikta pilnā veģetācijas uzskaitē trijos maršrutos. Veikts apkopojums un matemātiska aktualizācija iepriekš ievāktiem datiem par epifītiem uz ekoloģiskajiem kokiem un malas efekta ietekmi melnalkšņa staignājos. Pārmērīti 10 pētījuma objekti bioloģiski vecās priežu audzēs un ierīkoti 10 papildu objekti (ievākti dati par kokaudzi un zemsedzes veģetāciju, aerofoto dati), veikts veģetācijas novērtējums 6 melnalkšņa staignāja pētījumu objektos.

### **4. Sociālekonomisko ekosistēmas pakalpojumu kvalitātes nodrošināšana.**

Turpināts meža nekoksnes produktu monitorings Meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumos, kā arī mērījumi kopšanas ciršu objektos ogulāju projektīvā seguma un ogu ražas novērtēšanai. Atlasīti un apsekoti objekti meža nekoksnes produktu novērtējumam retāk sastopamajos meža tipos. Sagatavota meteoroloģiskā modeļa pirmā versija. Turpināts ogu un sēņu ražas monitorings Zalvītes un Ugāles modeļteritorijās atbilstoši iepriekšējā gadā precizētajai metodikai. Veiktas intervijas ar aktīvās atpūtas organizatoriem, lai noskaidrotu šādu pasākumu rīkošanas motivāciju, norisi un izaicinājumus.

## Summary

During the second stage of the research programme tasks in four activity groups have been accomplished. In several of them work is based on uninterrupted measurements in previously established research objects, thus prolonging the time-series for scientifically sound information and argumentation. This year, also several new research objects have been established. No obstacles for research have occurred, work proceeds according to plan, and it is planned to conclude activities of 2022 according to the schedule. Theoretical background for all activities that are being continued in 2022, is presented in the previous report (report of 2021). 2022 report contains 201 page, 145 figures, 52 tables and 1 appendix.

### **1. Development of a model for forest ecosystem service mapping and assessment of changes, including criteria, indicators and algorithms for assessment of forest management-ecosystem service interaction.**

Building on the results of the previous stage of the research programme, work on the development of model for mapping and evaluating forest ecosystem services (ESs) and their changes in the result of forest management. The list of ecosystem services to be included in the model has been discussed with the funder; algorithms for three indicators of ecosystem services have been developed.

### **2. Sustainable protection of water resources.**

Nutrient cycling and water quality monitoring is being continued in three objects where the impact of different intensity clearfelling in conifer forests is analysed. Two additional objects for analysing water quality and nutrient cycling after different intensity regeneration fellings in broadleaved forests have been established. Sampling of forest litter, precipitation and soil water has started, and vegetation assessment has been carried out. Soil samples for microbiological analysis have been taken and preserved for further analysis. In Zalvīte model area, where landscape scale impact of forest management is evaluated, water sampling and measurements at sampling points adjusted last year have been continued. Research objects for the assessment of short-term mercury and methylmercury dynamics in connection to heavy forest machinery movement have been identified and all three planned sediment and water sample series have been collected.

### **3. Promotion of biodiversity, ecosystem protection and ecosystem restoration.**

Introduction pathways of invasive and potentially invasive alien plant species related to forest ecosystems have been characterised. Monitoring of vegetation and invasive plant species along linear forest infrastructure objects has been continued along forest roads in all transects in Zalvīte model area. Two additional areas for invasive plant species' monitoring along forest roads (close to Cēsis and Jelgava) have been selected and in each of them full vegetation assessment along three forest roads has been carried out. Summarizing and statistical analysis of data of epiphytes on retention trees and edge effect in black alder swamp forest habitat has been carried out. Repeated measuring in 10 objects in biologically old pine stands and establishment of 10 additional objects (data on stand, ground vegetation and aero photo data) has been carried out.

**4. Ensuring of the quality of socioeconomic ecosystem services from forests.** Monitoring of non-wood forest products in National Forest Inventory sample plots and inventory of forest berry cover and yields in forest thinning objects has been continued. Objects for assessing non-wood forest products in more rare-occurring forest types have been identified and surveyed. First version of the meteorological model has been developed. Berry and mushroom yield monitoring in model areas has been continued. Interviews with the organizers of active outdoor recreation activities have been conducted, to determine motivation, planning aspects and challenges of such activities.

## Attēlu un tabulu saraksts

- 1.1.attēls. Iedzīvotāju daudzums 10km rādiusā ap CSB 1km<sup>2</sup> kvadrāta centroīdu
- 1.2.attēls. Iedzīvotāju daudzums 30km rādiusā ap CSB 1km<sup>2</sup> kvadrāta centroīdu
- 1.3.attēls. Iedzīvotāju daudzums 100km rādiusā ap CSB 1km<sup>2</sup> kvadrāta centroīdu
- 1.4.attēls. Iedzīvotāju daudzums 100km rādiusā ap CSB 1km<sup>2</sup> kvadrāta centroīdu, kā svaru izmantojot 1, 0,5 un 0,1
- 1.5.attēls. 1km<sup>2</sup> kvadrātu centroīdi ar 100 un vairāk iedzīvotājiem (a), 2,5km servisa zona (b), 10km servisa zona (c)
- 2.1.attēls. Pētījuma objekti dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai skuju koku audzēs
- 2.2.attēls. Vidējais nokrišņu daudzums veģētācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2022.gadam
- 2.3.attēls. Vidējais nokrišņu ūdens pH veģētācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam (izcirtumā no 2013. līdz 2022.gadam)
- 2.4.attēls. Vidējās ķīmisko elementu koncentrācijas nokrišņos veģētācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2022.gadam (izcirtumā no 2013. līdz 2022.gadam)
- 2.5. attēls. Veģētācijas sezonas nobiru biomasas apjoma izmaiņas pētījuma objektos laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam
- 2.6. attēls. Elementu ienese ar nobirām pētījuma objektos veģētācijas sezonā pa gadiem
- 2.7. attēls. Vidējā barības vielu ienese ar nobirām priežu un egļu audzēs veģētācijas periodā laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam
- 2.8. attēls. Augsnes ūdens vidējais pH pētījumu objektos
- 2.9. attēls. Nitrātu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.10. attēls. Amonija jonu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.11. attēls. Kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.12. attēls. Fosfātu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.13. attēls. Kālija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.14. attēls. Kalcija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.15. attēls. Magnija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.16. attēls. Augsnes ūdens pH pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.17. attēls. Nitrātu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.18. attēls. Amonija jonu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.19. attēls. Kopējais slāpekļa saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.20. attēls. Fosfātu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.21. attēls. Kālija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.22. attēls. Kalcija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.23. attēls. Magnija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.24. attēls. Augsnes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012. – 2022. gada pētījumu periodā
- 2.25. attēls. Gruntsūdeņu pH Dm pētījuma objektā
- 2.26.attēls. Nitrātu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.27.attēls. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.28.attēls. Kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.29. attēls. Fosfātu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.30. attēls. Kālija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.31. attēls. Kalcija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.32. attēls. Magnija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.33. attēls. Gruntsūdeņu pH Ln pētījuma objektā
- 2.34. attēls. Nitrātu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.35. attēls. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

- 2.36. attēls. Kopējais slāpekļa saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.37. attēls. Fosfātu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.38. attēls. Kālija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.39. attēls. Kalcija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.40. attēls. Magnija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.41. attēls. Gruntsūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012. – 2022. gada pētījumu periodā
- 2.42. attēls. Virszemes ūdeņu pH pētījuma objektos
- 2.43. attēls. Nitrātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.44. attēls. Amonija jonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.45. attēls. Kopējais slāpekļa saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.46. attēls. Fosfātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.47. attēls. Kālija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.48. attēls. Kalcija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.49. attēls. Magnija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.50. attēls. Virszemes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012. – 2022. gada pētījumu periodā
- 2.51. attēls. Pētījuma objekti dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai lapu koku audzēs
- 2.52. attēls. Kopējais nokrišņu daudzums 2022. gada pētījuma periodā (augusts-oktobris) lapu koku audzēs
- 2.53. attēls. Vidējais nokrišņu ūdens pH 2022. gada pētījuma periodā (augusts-oktobris) lapu koku audzēs
- 2.54. attēls. Vidējās ķīmisko elementu koncentrācijas nokrišņos 2022. gada pētījuma periodā (augusts-oktobris) lapu koku audzēs
- 2.55. attēls. Augsnes ūdens vidējais pH pētījumu objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)
- 2.56. attēls. Amonija jonu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)
- 2.57. attēls. Kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)
- 2.58. attēls. Fosfātu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)
- 2.59. attēls. Kālija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)
- 2.60. attēls. Kalcija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)
- 2.61. attēls. Magnija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)
- 2.62. attēls. Sugu skaits apsekotajās transektēs
- 2.63. attēls. Šenona-Vīnera daudzveidības indekss apsekotajās transektēs
- 2.64. attēls. Aktīvie mērījumu un ūdens paraugu ņemšanas punkti Zalvītes strautā un tiem atbilstošie apakšbaseini
- 2.65. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un vidējais mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā no 2018. gada 1. janvāra līdz 2022. gada 30. novembrim
- 2.66. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā no 2022. gada 1. janvāra līdz 2022. gada 30. novembrim
- 2.67. attēls. Nedēļu vidējās gaisa temperatūras un nedēļu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā no 2022. gada 1. janvāra līdz 2022. gada 30. novembrim
- 2.68. attēls. Vidējais izšķīdušā skābekļa (ODO) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. - 2022. gadā



- 2.69. attēls. Vidējā virszemes ūdeņu duļķainība Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā
- 2.70. attēls. Vidējais kopējais suspendēto daļiņu (TSS) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā
- 2.71. attēls. Vidējā virszemes ūdeņu elektrovadītspēja Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā
- 2.72. attēls. Vidējais virszemes ūdeņu pH Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā
- 2.73. attēls. Vidējais nitrātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā
- 2.74. attēls. Vidējais amonija jonu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā
- 2.75. attēls. Vidējais kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2022. gada pētījuma periodā
- 2.76. attēls. Vidējais izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā
- 2.77. attēls. Vidējais fosfātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā
- 2.78. attēls. Vidējais kālija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā
- 2.79. attēls. Vidējais kalcija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā
- 2.80. attēls. Vidējais magnija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā
- 2.81. attēls. Virszemes ūdeņu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica objektiem Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā
- 2.82. attēls. Noteces apjoms pa mēnešiem no Zalvītes modeļteritorijas
- 2.83. attēls. Vielu vidējās koncentrācijas pa gadiem noteces mērījumu punktā Zalvītes modeļteritorijā
- 2.84. attēls. Sedimenta paraugu ņemšanas punkti pētījuma objektos Zalvītes modeļteritorijā
- 2.85. attēls. Smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentu un blakus esošās augsnes virskārtas pH(CaCl<sub>2</sub>)
- 2.86. attēls. Organiskā oglekļa saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošās augsnes virskārtā
- 2.87. attēls. Kopējā slāpekļa saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošās augsnes virskārtā
- 2.88. attēls. C/N attiecība smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā
- 2.89. attēls. Kopējā sēra saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā
- 2.90. attēls. Kopējā fosfora saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā
- 2.91. attēls. Kālija saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā
- 2.92. attēls. Kalcija saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā
- 2.93. attēls. Magnija saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā
- 2.94. attēls. Dzelzs saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā
- 2.95. attēls. Kopējā dzīvsudraba (THg) saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentā un blakus esošā augsnes virskārtā

- 2.96. attēls. Metildzīvsudraba (MeHg) saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā
- 2.97. attēls. MeHg/THg attiecība smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentā un blakus esošā augsnes virskārtā
- 2.98. attēls. Metildzīvsudraba (MeHg) saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentā (A) un blakus esošā augsnes virskārtā (B) atkarībā no sezonas
- 2.99. attēls. MeHg/THg attiecība smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentā (A) un blakus esošā augsnes virskārtā (B) atkarībā no sezonas
- 2.100. attēls. Augsnes paraugu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica objektiem Zalvītes modeļteritorijā
- 2.101. attēls. Sedimenta paraugu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica objektiem Zalvītes modeļteritorijā
- 3.1. attēls. Pētījuma teritorijas invazīvo sugu monitoringam gar meža ceļiem
- 3.2. attēls. Apsekoto transekšu un parauglaukumu izvietojuma shēmas
- 3.3. attēls. DCA ordinācija apsekotajiem parauglaukumiem
- 3.4. attēls. DCA ordinācija apsekotajiem rekonstruēto ceļu parauglaukumiem
- 3.5. attēls. Invazīvo un potenciāli invazīvo sugu sastopamība uz apsekotajiem rekonstruētajiem ceļiem
- 3.6. attēls. Invazīvo un potenciāli invazīvo sugu sastopamība un sugu segums uz apsekotajiem jaunizbūvētajiem ceļiem Zalves teritorijā
- 3.7. attēls. Ārstniecisko augu sugu skaits apsekotajos objektos
- 3.8. attēls. Pētījuma objektu izvietojums
- 3.9. attēls. Zemsedzes veģētācijas uzskaites parauglaukumu izvietojums uz transektes
- 3.10. attēls. Pētījuma objekti un tajos izvietotās transektes
- 3.11. attēls. Leņķa, kādā pret blakus audzi atrodas biotopā ierīkoto parauglaukumu centri, noteikšanas shēma
- 3.12. attēls. Konstatētais sugu skaits katrā izdalītajā veģētācijas stāvā
- 3.13. attēls. Visbiežāk parauglaukumos konstatētās sugas katrā veģētācijas stāvā
- 3.14. attēls. Biotopā uzskaitīto lakstaugu sugu skaita summa parauglaukumos pa izdalītajiem stāviem, atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai
- 3.15. attēls. Vidējās Šanona-Vīnera indeksa vērtības parauglaukumos atkarībā no attāluma no blakus audzes malas
- 3.16. attēls. Detrendētās sugu daudzveidības korespondentanalīzes (DCA) ordinācijas attēls sugu procentuālajam segumam (A) vai ierīkotajiem parauglaukumiem (B) un mainīgajiem audzes parametriem
- 3.17. attēls. Objektu izvietojuma shēma veģētācijas vērtējumam vecajās un kontroles audzēs
- 3.18. attēls. Parauglaukuma shēma
- 3.19. attēls. Vidējais sugu skaits parauglaukumā dažādos veģētācijas stāvos kontroles (pieaugušās) un vecās priežu audzēs
- 3.20. attēls. Vidējais Šanona-Vīnera indekss kontroles (pieaugušās) un vecās priežu audzēs
- 3.21. attēls. Dažādu veģētācijas stāvu vidējais sugu segums parauglaukumā pieaugušās un vecās priežu audzēs
- 3.22. attēls. Dažādu veģētācijas stāvu vidējais sugu segums parauglaukumā kontroles (pieaugušās) un vecās priežu audzēs
- 3.23. attēls. DCA ordinācija visiem pieaugušu un vecu priežu audžu parauglaukumiem
- 3.24. attēls. Malu korekcijas metodes piemērs
- 3.25. attēls. Koku vainagu klājs: aerolāzerskenēšanas (LIDAR) un individuālu koku caurmēra mērījumu (punktu izmērs attēlo koka caurmēru) dati
- 3.26. attēls. Sugu sajaukšanās indekss
- 3.27. attēls. Agregācijas indekss
- 4.1. attēls. MSI parauglaukumu shēma
- 4.2. attēls. Brūklenes sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos

- 4.3. attēls. Mellenes sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos
- 4.4. attēls. Zilenes sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos
- 4.5. attēls. Biežāk sastopamo nekoknes produktu sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda Gs meža tipā dažādās vecumgrupās
- 4.6. attēls. Kopšanas ciršu shēma ar transektām parauglaukumos
- 4.7. attēls. Krājas kopšanas ciršu parauglaukumi nekoknes produktu vērtējumam
- 4.8. attēls. Ugāles un Zalvītes modeļteritorijas ogu ražas vērtējumam
- 4.9. attēls. Nogabali sēņu un ogu uzskaitēm un transekšu izvietojuma piemērs Zalvītes modeļteritorijā
- 4.10. attēls. Vidējās sēņu ražas dažādās meža tipu edafiskajās rindās 2021. un 2022. gadā Ugāles un Zalvītes testa teritorijās. Nogriežņi attēlo standartklūdas.
- 4.11. attēls. Vidējās sēņu ražas dažādos meža tipos 2021. un 2022. gadā Ugāles un Zalvītes testa teritorijās. Nogriežņi attēlo standartklūdas.
- 4.12. attēls. Vidējās sēņu sugu ražas dažādos meža tipos 2021. un 2022. gadā Ugāles un Zalvītes testa teritorijās. Nogriežņi attēlo standartklūdas.

- 1.1. tabula. Meža ekosistēmu pakalpojumi, to indikatori un kategorijas
- 1.2. tabula. Mellēņu projektīvais segums atkarībā no meža tipa
- 1.3. tabula. Valdošās koku sugas ietekmes uz melleņu mētru projektīvo segumu korekcijas koeficients
- 1.4. tabula. Brūklenāju projektīvais segums atkarībā no meža tipa
- 1.5. tabula. Valdošās koku sugas ietekmes uz brūkleņu mētru projektīvo segumu korekcijas koeficients
- 2.1. tabula. Pētījuma objektu dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai skuju koku audzēs raksturojums
- 2.2. tabula. Vidējā ķīmisko elementu ieneses ar nokrišņiem ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) veģetācijas periodā (maijs – oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam
- 2.3. tabula. Pētījuma objektu dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai lapu koku audzēs raksturojums
- 2.4. tabula. Vidējā ķīmisko elementu ieneses ar nokrišņiem ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 2022. gada pētījuma periodā (augusts-oktobris) lapu koku audzēs
- 2.5. tabula. Uzskaitīto taksonu saraksts un to sastopamība apsekotajās transektēs (n=9)
- 2.6. tabula. Ūdens kvalitātes mērījumu punkti Zalvītes strautā
- 2.7. tabula. Elementu iznese ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) no Zalvītes strauta sateces baseina 2016.- 2022. gada pētījuma periodos.
- 2.8. tabula. Pētījuma objektu dzīvsudraba un metildzīvsudraba īstermiņa dinamikas izpētei raksturojums
- 3.1. tabula. Invazīvo un potenciāli invazīvo augu sugu saraksts, kuru izplatība saistīta ar meža ekosistēmām
- 3.2. tabula. Potenciāli invazīvo un invazīvo svešzemju sugu iespējamie introdukcijas ceļi
- 3.3. tabula. Pētījuma objektu raksturojums
- 3.4. tabula. Sugu skaita atšķirības apsekotajos objektos
- 3.5. tabula. Pētīto mežaudžu uzskaitījums un ievietoto transekšu sākuma un beigu koordinātas
- 3.6. tabula. Konstatēto zemesdzīves veģetācijas sugu saraksts
- 3.7. tabula. Sugu skaits parauglaukumos un Šenona-Vīnera un Simsona daudzveidības indeksu vērtības atkarībā no laika intervāla, kopš blakus audzē veikta vienlaidu atjaunošanas cirte
- 3.8. tabula. Kovariatīvās multivariatīvās dispersijas (MANOVA) analīzes tabula sugu skaita un Šenona-Vīnera indeksa vērtību atkarībai no mežaudzes mainīgajiem
- 3.9. tabula. Pētīto audžu saraksts pa vecuma grupām
- 3.10. tabula. Sugas ar vislielāko procentuālo segumu (Segums, %) un sastopamību (Sastop.) pieaugušās un vecās priežu audzēs

- 3.11. tabula. Pārskats par tālīzpētes datu avotiem un to iespējamo pielietojumu audžu struktūras raksturošanai
- 4.1. tabula. Grupas ogu esamības vērtējumam
- 4.2. tabula. Parauglūkumu skaits pa meža tipiemi un ogulāju sastopamība
- 4.3. tabula. 2022. gadā ierīkoti parauglūkumi retāk sastopamajos meža tipos
- 4.4. tabula. 2017., 2018., 2019. gada krājas kopšanas cirtēs ierīkoti un 2022. gadā pārmērītie objekti dažādos meža tipos un vecumgrupās
- 4.5. tabula. Brūkleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2017. gadā ierīkotajos parauglūkos
- 4.6. tabula. Melleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2017. gadā ierīkotajos parauglūkos
- 4.7. tabula. Brūkleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2018. gadā ierīkotajos parauglūkos
- 4.8. tabula. Melleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2018. gadā ierīkotajos parauglūkos
- 4.9. tabula. Brūkleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2019. gadā ierīkotajos parauglūkos
- 4.10. tabula. Melleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2019. gadā ierīkotajos parauglūkos
- 4.11. tabula. Brūkleņu potenciālā ogu raža kg ha<sup>-1</sup> no 2017. līdz 2022. gadam dažādos meža tipos un vecumgrupās
- 4.12. tabula. Melleņu potenciālā ogu raža kg·ha<sup>-1</sup> no 2017. līdz 2022. gadam dažādos meža tipos un vecumgrupās
- 4.13. tabula. Modeļa kopsavilkums mellenei
- 4.14. tabula. Vienādojuma mainīgie lielumi mellenei
- 4.15. tabula. Klasifikācijas rezultāts mellenei
- 4.16. tabula. Modeļa kopsavilkums brūklenei
- 4.17. tabula. Vienādojuma mainīgie lielumi brūklenei
- 4.18. tabula. Klasifikācijas rezultāts brūklenei
- 4.19. tabula. Ierīkoto parauglūkumu skaits pa meža tipiemi un vecumgrupām Ugāles testa teritorijā
- 4.20. tabula. Ierīkoto parauglūkumu skaits pa meža tipiemi un vecumgrupām Zalvītes testa teritorijā
- 4.21. tabula. Brūkleņu vidējais projektīvais segums un procentuālais mētru īpatsvars (%), kur konstatētas ogas dažādos meža tipos un vecumgrupās Ugāles testa teritorijā
- 4.22. tabula. Brūkleņu vidējais projektīvais segums un procentuālais mētru īpatsvars (%), kur konstatētas ogas, dažādos meža tipos un vecumgrupās Zalvītes testa teritorijā
- 4.23. tabula. Melleņu vidējais projektīvais segums un mētru īpatsvars (%), kur konstatētas ogas, dažādos meža tipos un vecumgrupās Ugāles testa teritorijā
- 4.24. tabula. Melleņu vidējais projektīvais segums un mētru īpatsvars, kur konstatētas ogas, dažādos dažādos meža tipos un vecumgrupās Zalvītes testa teritorijā
- 4.25. tabula. Brūkleņu potenciālā raža no 2017. līdz 2022. gadam Zalvītes testa teritorijā
- 4.26. tabula. Melleņu potenciālā raža no 2017. līdz 2022. gadam Zalvītes testa teritorijā
- 4.27. tabula. Brūkleņu potenciālā raža no 2017. līdz 2022. gadam Ugāles testa teritorijā
- 4.28. tabula. Melleņu potenciālā raža no 2017. līdz 2022. gadam Ugāles testa teritorijā

## 2022. gada darba uzdevumi un to izpildes statuss

Darbs	Pamatojums, darbības un metodika (pētījums, darbs)	Nodevumi	Izpildes termiņš	2023. g. 15.janvārī
Starpziņojums par pētījumu progresu			01.09.2022.	Sagatavots
Pētījumu programmas <b>2. etapa pārskats.</b>			15.01.2023.	Sagatavots
<i>Starpziņojumā un etapa pārskatā ietvertas ziņas par šādu pētījumu jomu 2. etapa darbu progresu un rezultātiem:</i>				
<b>1. Meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrāde, ietverot kritērijus, indikatorus un algoritmus mežsaimniecības un ekosistēmu pakalpojumu mijiedarbības raksturošanai</b>				
1.1.	Meža ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas indikatoru izvērtējums	Pārskata nodaļa	30.06.2022.	Nodaļa sagatavota
1.2.	Algoritmu sagatavošana un/vai precizēšana izvēlēto ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas indikatoru aprēķinam	Algoritmi, pārskats	31.12.2022.	Sagatavoti algoritmi trīs ekosistēmu pakalpojumu aprēķinam
<b>2. Ilgtspējīga ūdens resursu aizsardzība</b>				
2.1.	Dažādas intensitātes biomasas izvākšanas galvenajā cirtē ietekme uz nākamās meža paaudzes augšanas gaitu, vielu apriti, bioloģisko daudzveidību (veģetācija, mikrobioloģiskā daudzveidība)			
2.1.1.	<i>Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings skujkoku audzēs (turpinājums 3 objektos zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas meža nov.)</i>	Pārskata apakšnodaļa	01.10.2022. lauka darbiem 15.12.2022. datu analīzei	Nodaļa sagatavota
2.1.2.	<i>Jaunaudžu augšanas gaitas mērījumi skujkoku audzēs (turpinājums 3 objektos zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas meža nov.)</i>	Publikācija	30.09.2022.	Publikācija sagatavota
2.1.3.	<i>Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings lapu koku audzēs (2 jauni objekti zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas meža nov.)</i>	Pārskata apakšnodaļa	01.10.2022. lauka darbiem 15.12.2022. datu analīzei	Nodaļa sagatavota
2.1.4.	<i>Veģetācijas monitorings lapu koku audzēs (2 jauni objekti zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas meža nov.)</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.08.2022. lauka darbiem 15.12.2022. datu analīzei	Nodaļa sagatavota
2.1.5.	<i>Augsnes mikrobioloģiskās daudzveidības noteikšana lapu koku audzēs (2 objekti zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas meža nov.) - paraugu ievākšana</i>	Ievākti un iekonservēti paraugi	31.12.2022.	Paraugi ievākti un iekonservēti LVMI "Silava" laboratorijā

Darbs	Pamatojums, darbības un metodika (pētījums, darbs)	Nodevumi	Izpildes termiņš	2023. g. 15.janvārī
2.2.	Mežizstrādes tehnikas pārvietošanās un augsnes gatavošanas ietekmes uz vielu apriti un ūdens kvalitāti izpēte			
2.2.1.	<i>Paraugu ņemšana biogēno un citu elementu izneses novērtēšanai ainavas līmenī (6 paraugu ņemšanas punkti Zalvītes modeļteritorijā)</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.10.2022. lauka darbiem 15.12.2022. datu analīzei	Nodaļa sagatavota
2.2.2.	<i>Paraugu ņemšana elementu izneses un dzīvsudraba metilācijas risku saistībā ar meža tehnikas pārvietošanos un augsnes gatavošanu izpētei (3 objekti Zalvītes modeļteritorijā)</i>	Pārskata apakšnodaļa	15.12.2022.	Nodaļa sagatavota
<b>3. Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana</b>				
3.1.	Invazīvo un potenciāli invazīvo zemsedzes augu sugu izplatības pētījumi			
3.1.1.	<i>Invazīvo un potenciāli invazīvo zemsedzes augu sugu izplatības ceļu izvērtējums kontekstā ar meža platībām</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.05.2022.	Nodaļa sagatavota
3.1.2.	<i>Invazīvo un potenciāli invazīvo zemsedzes augu sugu izplatības mežaudzēs risku novērtējums monitoringa teritorijās (Zalvītes modeļteritorija un 2 jaunas teritorijas Jelgavas un Dzērbenes tuvumā), datu analīze</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.08.2022. lauka darbiem 15.12.2022. datu analīzei	Nodaļa sagatavota
3.2.	Nozīmīgo meža biotopu attīstības un sugu izplatības scenāriji atkarībā no īstenotās mežsaimnieciskās darbības			
3.2.1.	<i>Dabisko meža biotopu apsaimniekošanas efektivitātes parauglaukumu pārmērīšana (11 objekti) – vēsturisko datu matemātiskā aktualizācija</i>	Publikācija	01.09.2022.	Publikācija sagatavota
3.2.2.	<i>Ekoloģisko koku un uz to sastopamo epifītu un mikrodzīvotņu atkārtots novērtējums 15 jaunaudzēs – publikācijas gatavošana no 2021. gadā iegūtajiem datiem</i>	Publikācija	30.06.2022.	Publikācija sagatavota
3.2.3.	<i>Malas efekta ietekmes uz melnalkšņu staignāju biotopiem dinamikas novērtējums – mērījumi 6 objektos</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2022.	Nodaļa sagatavota
3.3.	Bioloģiski vecu mežaudžu attīstības dinamika			
3.3.1.	<i>Bioloģiski vecu audžu pārmērīšana, papildu objektu</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2022.	Nodaļa sagatavota

<b>Darbs</b>	<b>Pamatojums, darbības un metodika (pētījums, darbs)</b>	<b>Nodevumi</b>	<b>Izpildes termiņš</b>	<b>2023. g. 15.janvārī</b>
	<i>atlase un datu analīze – priedes audzes, 10+10 objekti</i>			
3.3.2.	<i>Attālās izpētes metožu izmantošana veco audžu telpiskās struktūras novērtēšanai – metodikas aprobācija un pārbaude dabā 2 objektos</i>	Pārskata apakšnodaļa	30.11.2022. lauka darbiem 15.12.2022. datu analīzei	Nodaļa sagatavota
<b>4. Sociālekonomisko ekosistēmu pakalpojumu kvalitātes nodrošināšana</b>				
4.1.	Meža augšanas apstākļu, meža ekosistēmas tipa, meteoroloģisko faktoru un meža apsaimniekošanas ietekme uz meža nekoksnes produktu ražas dinamiku			
4.1.1.	<i>Ogulāju projektīvā seguma novērtējums MSI parauglaukumos</i>	Pārskata apakšnodaļa	30.09.2022. lauka darbiem 30.11.2022. datu analīzei	Nodaļa sagatavota
4.1.2.	<i>Ogulāju projektīvā seguma novērtējums retāk sastopamajos meža tipos</i>	Pārskata apakšnodaļa	30.09.2022. lauka darbiem 30.11.2022. datu analīzei	Nodaļa sagatavota
4.1.3.	<i>Ogu ražas novērtējums kopšanas ciršu parauglaukumos</i>	Pārskata apakšnodaļa	Pārskata apakšnodaļa	Nodaļa sagatavota
4.1.4.	<i>Meteoroloģisko faktoru ietekmes uz ogu ražu novērtējuma modeļa izstrāde</i>	Modelis, pārskata apakšnodaļa	15.12.2022.	Nodaļa sagatavota, modelis sagatavots
4.1.5.	<i>Meža ogu un sēņu ražas novērtējums, izmantojot transektu metodi testa teritorijās</i>	Pārskata apakšnodaļa	30.09.2022. lauka darbiem 30.11.2022. datu analīzei	Nodaļa sagatavota
4.2.	Meža ainavas vizuālās kvalitātes komponentu izpēte un priekšlikumu izstrāde dažādu iedzīvotāju grupu rekreācijas preferenču praktiskai iekļaušanai daudzfunkcionālas meža apsaimniekošanas plānošanā.			
4.2.1.	<i>Dažādu atpūtnieku tipu grupu rekreācijas preferenču noskaidrošana izmantojot fokusgrupu intervijas</i>	Pārskata apakšnodaļa	30.10.2022	Nodaļa sagatavota

# 1. Meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrāde

## 1.1. Meža ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas indikatori

Tālākam darbam un iekļaušanai modeli izvēlēti 16 meža ekosistēmu pakalpojumi – trīs apgādes, septiņi regulējošie un seši kultūras pakalpojumi - , kuriem uzsākta novērtējuma indikatoru izstrāde un/vai pielāgošana, izmantojot iepriekš izstrādātās versijas. Konkrētie pakalpojumi izvēlēti, konsultējoties ar pētījuma pasūtītāju un ņemot vērā praktiskas iespējas izstrādāt tiem novērtējuma indikatorus, kas būtu nozīmīgi, pamatoti, praktiski pielietojami un aprēķināmi (atbilstoši, piem., Cash et al., 2003; Ash et al., 2010; Posner et al. 2016; Wright et al. 2017; van Oudenhoven et al., 2018; sīkāk skat. iepriekšējā pētījuma etapa pārskatu). Izvēlētie ekosistēmu pakalpojumi, potenciālie indikatori un to iedalījums atbilstoši Vispārējai starptautiskajai ekosistēmu pakalpojumu klasifikācijai (CICES, v5.1) dots 1.1. tabulā.

Šajā etapā izstrādāti/precizēti trīs ekosistēmu pakalpojumu indikatori, divi no tiem attiecas uz apgādes (potenciālā melleņu un brūkleņu raža), bet viens – uz kultūras pakalpojumiem (meža nogabala rekreācijas vērtība), sīkāk skat. nākamo nodaļu. Pārējie indikatori tiks izstrādāti nākamā pētījumu programmas etapa laikā.

1.1. tabula

### Meža ekosistēmu pakalpojumi, to indikatori un kategorijas (atbilstoši Vispārējai starptautiskajai ekosistēmu pakalpojumu klasifikācijai; CICES v5.1, 2018)

N. p.k .	Sek - cija	Divī- zija	Grupa	Klase	Meža ekosistēmu pakalpojumi	Indikatori
1	Apgādes pakalpojumi	Biomasa	Savvaļas augi (sauszemes un ūdens) pārtikai, materiāliem vai enerģijai	Savvaļas augi (sauszemes un ūdens, tajā skaitā sēnes un aļģes) pārtikai	Meža ogas	Potenciālā ogu raža
2			Savvaļas augi (sauszemes un ūdens) pārtikai, materiāliem vai enerģijai	Šķiedras un citi materiāli no savvaļas augiem tiešai izmantošanai vai pārstrādei (izņemot ģenētiskos materiālus)	Koksne (lietkoksne)	Koksnes krāja (attiecīgie sortimenti)
3			Savvaļas augi (sauszemes un ūdens) pārtikai, materiāliem vai enerģijai	Savvaļas augi (sauszemes un ūdens, tajā skaitā sēnes un aļģes) enerģijai	Enerģētiskā koksne	Koksnes krāja (attiecīgie sortimenti)
4	Regulējošie pakalpojumi	Bioķīmisko vai fizikālo ekosistēmā izejošo plūsmu pārveidošana	Antropogēnas izcelsmes atkritumu vai toksisku vielu pārveidošana dzīvības procesu rezultātā	Filtrācija, piesaiste, uzglabāšana un uzkrāšana, ko veic mikroorganismi, aļģes, augi un dzīvnieki	Koku un zemsedzes augu veiktā fitoremediācija	Fitoremediācijai piemērotu sugu potenciālā sastopamība



N. p.k .	Sek - cija	Divī- zija	Grupa	Klase	Meža ekosistēmu pakalpojumi	Indikatori	
5			Antropogēnas izcelsmes traucējumu mazināšana	Trokšņa mazināšana	Trokšņa mazināšana	Trokšņa mazināšanas potenciāls	
6			Antropogēnas izcelsmes traucējumu mazināšana	Vizuāla aizsegšana	Nepievilcīgu skatu mazināšana	Skata uzlabošanas potenciāls	
7			Fizikālo, ķīmisko, bioloģisko apstākļu regulēšana	Bāzes plūsmu vai ekstrēmu notikumu regulēšana	Erozijas kontrole	Augsnes erozijas novēršana un/vai mazināšana	Erozijas novēršanas potenciāls
8		Fizikālo, ķīmisko, bioloģisko apstākļu regulēšana	Augsnes kvalitātes regulēšana	Sadalīšanās un piesaistes procesi un to ietekme uz augsnes kvalitāti	Augsnes kvalitātes uzturēšana meža ekosistēmās	C saturs augsnē, C/N attiecība	
9			Ūdens sastāvs un kvalitāte	Saldūdeņu ķīmiskā sastāva regulēšana caur dzīvības procesiem	Barības vielu noplūdes uz ūdensobjektiem mazināšana	Piekrastes mežu potenciāls filtrēt barības vielas	
10			Atmosfēras sastāvs un apstākļi	Atmosfēras un okeānu ķīmiskā sastāva regulēšana	Oglekļa piesaiste un uzkrāšana dažādos meža ekosistēmu komponentos	Meža ekosistēmas spēja uzkrāt oglekli	
11		<b>Kultūras pakalpojumi</b>	Tīša, klātesoša mijiedarbība ar dzīvajām sistēmām brīvā dabā, kas ir atkarīga no atrašanās vidē	Fiziska un pieredzē balstīta mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kas padara iespējamu veselību, atveseļošanos un prieku veicinošas aktivitātes aktīvas vai iesaistošas mijiedarbības veidā	Vide dažādiem aktīvās atpūtas veidiem	Meža piemērotība rekreācijai
12				Fiziska un pieredzē balstīta mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kas padara iespējamu veselību, atveseļošanos un prieku veicinošas aktivitātes pasīvas vai novērojošas mijiedarbības veidā	Vide dažādiem pasīvas atpūtas veidiem	Meža piemērotība rekreācijai
13				Intelektuāla un reprezentējoša mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kas padara iespējamu zinātnisko izpēti vai tradicionālo	Objekti un teritorijas zinātniskiem pētījumiem un vides	Zinātnes un izziņas objektu un teritoriju skaits/platība

N. p.k .	Sek - cija	Divīzija	Grupa	Klase	Meža ekosistēmu pakalpojumi	Indikatori
				ekoloģisko zināšanu radīšanu	procesu izpratnei dažādos līmeņos	
14			Intelektuāla un reprezentējoša mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kas izmantojamas izglītībā un apmācībās	Izglītojošas takas, vides semināru objekti	Izglītojošu taku, objektu skaits (takām – arī garums)
15			Intelektuāla un reprezentējoša mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kam piemīt kultūras vai mantojuma rezonanse	Lokālo un nacionālo identitāti un kultūras kontekstu veidojoši objekti	Lokālo un nacionālo identitāti un kultūras kontekstu veidojošu objektu skaits
			Intelektuāla un reprezentējoša mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kas padara iespējamu estētisku pieredzi	Vide ainavas baudīšanai	Meža ainavas vizuālā kvalitāte

### Literatūra

1. Ash, N., Blanco, H., Brown, C., Garcia, K., Henrichs, T., Lucas, N., Raudsepp-Hearne, C., Simpson, R.D., Scholes, R., Tomich, T.P., Vira, B., Zurek, M. 2010. Ecosystems and Human Well-Being. A Manual for Assessment Practitioners. Island Press, Washington, D.C.
2. Cash, D.W., Clark, W.C., Alcock, F., Dickson, N.M., Eckley, N., Guston, D.H., Jäger, J., Mitchell, R.B. 2003. Knowledge systems for sustainable development. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 100, 8086-8091
3. Common International Classification of Ecosystem Services. 2018. Structure of CICES. Pieejams: <https://cices.eu/cices-structure/>
4. Posner, S.M., McKenzie, E., Ricketts, T.H. 2016. Policy impacts of ecosystem services knowledge. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113, 1760-1765
5. Van Oudenhoven, A.P.E., Schröter, M., Drakou, E.G., Geijzendorffer, I.R., Jacobs, S., Bodegom, P.M., Chazee, L., Czúcz, B., Grunewald, K., Lillebø, A., I., Mononen, L., Nogueira, A.J.A., Pacheco-Romero, M., Perennou, C., Remme, R.P., Rova, S., Syrbe, R.-U., Tratalos, J.A., Vallejos, M., Albert, C. 2018. Key criteria for developing ecosystem service indicators to inform decision making. Ecological Indicators 95 (1), 417-426
6. Wright, W.C.C., Eppink, F.V., Greenhalgh, S. 2017. 2017. Are ecosystem service studies presenting the right information for decision making? Ecosystem Services 25, 128-139

### 1.2. Algoritmi ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas indikatoru aprēķinam

2022. gadā sagatavoti algoritmi sekojošu nodrošinošo, regulējošo un kultūras ekosistēmu pakalpojumus raksturojošu indikatoru aprēķinam: melleņu potenciālā raža, brūkleņu potenciālā raža (precizēti vienādojumi, izmantojot papildinātu novērojumu bāzi), meža nogabala rekreācijas vērtība (korigējot ar attālumu no apdzīvotām vietām).

### 1.2.1. Meža ogu potenciālā raža

#### 1.2.1.1. Melleņu raža

Lai arī melleņu ražu konkrētajā gadā būtiski ietekmē meteoroloģiskie apstākļi, tomēr melleņu vidējā raža ilgtermiņā ir atkarīga no augu sastopamības attiecīgajā meža tipā, no valdošās koku sugas, kokaudzes biežības un kokaudzes vecuma.

$$\text{MELL\_OGU\_RAZ} = \text{MELL\_MTc} * \text{MELL\_S10c} * \text{MELL\_A10} * \text{MELL\_BIEZ} * \text{MELL\_MT\_RAZc} * \text{MELL\_Kbiez},$$

kur

MELL\_MTc – vidējais projektīvais segums atbilstošajā meža tipā;

Mell\_S10c – koeficients, kas raksturo valdošās koku sugas ietekme uz mētru relatīvo projektīvo segumu;

MELL\_S10c – koeficients, kas raksturo valdošās koku sugas vecuma ietekmi uz mētru relatīvo projektīvo segumu;

Mell\_BIEZ – koeficients, kas raksturo kokaudzes biežības ietekmi uz mētru relatīvo projektīvo segumu;

\_MT\_RAZC – vidējā ogu raža meža tipā optimālas biežības apstākļos;

Mell\_Kbiez – kokaudzes biežības ietekmes uz bioloģisko ogu ražu.

Pilnveidotas sekojošas potenciālās ogu ražas aprēķināšanas algoritma kopkomponentes – MELL\_MTc, MELL\_s10, MELL\_BIEZ un MELL\_Kbiez.

Mellenāju projektīvais segums atkarībā no meža tipa MELL\_MTc atspoguļots 1.2. tabulā. Tas izveidots balstoties uz MSI 2017.g.- 2021.g. ogulāju projektīvā seguma novērtējumu un reto meža tipu papildus apsekojumu datiem.

1.2.tabula

#### Mellenāju projektīvais segums atkarībā no meža tipa (MELL\_MTc)

N.p.k.	Meža tips	Projektīvā seguma īpatsvars
1	Mrs, Am, Km, Av	0,28
2	Ln, Kv	0,23
3	Mr, Gs	0,17
4	Dms	0,14
5	Nd	0,11
6	Dm	0,09
7	Sl, Pv, Ks, As	0,07
8	Vr, Gr, Vrs, Grs, Db, Lk, Ap, Kp	0,00

Valdošās koku sugas ietekmes uz melleņu mētru projektīvo segumu korekcijas koeficienti atspoguļoti 1.3. tabulā. Tie izveidoti, balstoties uz MSI 2017.g.- 2021.g. ogulāju projektīvā seguma novērtējumu un reto meža tipu papildu apsekojumu datiem, izmantojot tos meža tipus, kuros vidēji mētru projektīvais segums pārsniedz 5%. Tā kā retāk sastopamās koku sugas, piem., ciedru priede, lapegle utt. nav datu kopā, lai datu bāzē parametri tiktu aprēķināti visiem nogabaliem, citas skuju koku sugas pielīdzinātas priedei vai eglei.

**Valdošās koku sugas ietekmes uz melleņu mētru projektīvo segumu korekcijas koeficients**

N.p.k.	Valdošā suga	Projektīvā seguma īpatsvars
1	Priede, ciedru priede, cita priede, lapegle	1,25
2	Egļe, cita egle, baltegle, duglāzija	1,0
3	Bērzs, apse	0,50
4	Citas sugas	0

Kokaudzes vecuma ietekme uz mētru relatīvo projektīvo segumu aprēķināma ar sekojošu formulu:

MELL\_A10 ietekme ir  $\text{if}(A10 > 100, \text{then } 1.1) \text{ else } A10/100$

Kokaudzes biežības ietekme uz mētru relatīvo projektīvo segumu aprēķināma ar sekojošu formulu:

MELL\_BIEZ  $y = 0.256 + 0.177 * \text{BIEZ} / (1 - 1.618 * \text{BIEZ} + 1.081 * \text{BIEZ}^2)$ ,

kur

BIEZ- biežība (kokaudzes pirmā stāva biežība + kokaudzes otrā stāva biežība) (pilna biežība=1.0)

Kokaudzes biežības ietekme uz ogu ražu pie 100% projektīvā seguma aprēķināma ar sekojošu formulu:

MELL\_Kbiez  $y = 0.04009 * 0.22456^{(\text{BIEZ} * 10)} * (\text{BIEZ} * 10)^{6.6579}$ ,

kur

BIEZ- biežība (kokaudzes pirmā stāva biežība + kokaudzes otrā stāva biežība) (pilna biežība=1.0)

#### 1.2.1.2. Brūkleņu raža

Arī brūkleņu ražu konkrētajā gadā būtiski ietekmē meteoroloģiskie apstākļi, tomēr brūkleņu raža ilgtermiņā vidēji ir atkarīga no augu sastopamības attiecīgajā meža tipā, no valdošās koku sugas, kokaudzes biežības un kokaudzes vecuma.

BRUKL\_OGU\_RAZ = BRUKL\_MTC \* MELL\_S10c \* BRUKL\_A10 \* BRUKL\_BIEZ \* BRUKL\_MT\_RAZc \* BRUKL\_Kbiez ,

kur

BRUKL\_MTC – vidējais projektīvais segums atbilstošajā meža tipā;  
 BRUKL\_S10 – valdošās sugas ietekme uz relatīvo mētru projektīvo segumu;  
 BRUKL\_BIEZ – kokaudzes Biežības ietekme uz relatīvo mētru projektīvo segumu;  
 BRUKL\_MT\_RAZC – vidējā ogu raža meža tipā optimālas biežības apstākļos;  
 BRUKL\_Kbiez – kokaudzes biežības ietekmes uz bioloģisko ogu ražu.

Pilnveidotas sekojošas potenciālās ogu ražas aprēķināšanas algoritma kopkomponentes – BRUKL\_MTC, BRUKL\_s10, BRUKL\_BIEZ un BRUKL\_Kbiez.

Brūklenāju projektīvais segums atkarībā no meža tipa BRUKL\_MTC atspoguļots 1.4. tabulā.

1.4.tabula

#### Brūklenāju projektīvais segums atkarībā no meža tipa

N.p.k.	Meža tips	Projektīvā seguma īpatsvars
1	Sl, Mr	0,16
2	Kv	0,12
3	Gs, Mrs, Av, Am, Km	0,11
4	Ln	0,10
5	Pv	0,07
6	Nd, Dms	0,05
7	Dm,Ks,As	0,02
8	Vr,Gr,Vrs,Grs,Db,Lk,Ap,Kp	0,00

Valdošās koku sugas ietekmes uz brūkleņu mētru projektīvo segumu korekcijas koeficienti atspoguļoti 1.5. tabulā.

1.5.tabula

#### Valdošās koku sugas ietekmes uz brūkleņu mētru projektīvo segumu korekcijas koeficients

N.p.k.	Valdošā suga	Projektīvā seguma īpatsvars
1	Priede, ciedru priede, cita priede, lapegle	1,0
2	Egle, cita egle, baltegle, duglāzija	0,50
3	Bērzs, apse	0,25
4	Citas sugas	0

Izvērtējot kokaudzes vecuma ietekmes uz mētru relatīvo projektīvo segumu meža tipos, kuros vidējais mētru projektīvais segums ir lielāks par 5%, konstatēts, ka kokaudzes vecumam nav statistiski būtiskas ietekmes uz mētru projektīvo segumu, tādēļ šajā modelī vecumu ietekmes novērtējumam tiek piedāvāts izmantot koeficientu 1,0.

Kokaudzes biežības ietekme uz mētru relatīvo projektīvo segumu aprēķināma ar sekojošu formulu:

$$\text{BRUK biežīb } y = (0.7292 + 1.506 * \text{BIEZ}) / (1 + -0.1455 * \text{BIEZ} + 2.52 * \text{BIEZ}^2),$$

kur

BIEZ- kokaudzes pirmā stāva biežība + kokaudzes otrā stāva biežība (pilna biežība=1.0)

Kokaudzes biežības ietekme uz ogu ražu pie 100% projektīvā seguma aprēķināma ar sekojošu formulu:

$$\text{Kbiez } y = 1 / (1 + \exp(-3.5722 + 0.648 * \text{BIEZ} * 10)),$$

kur

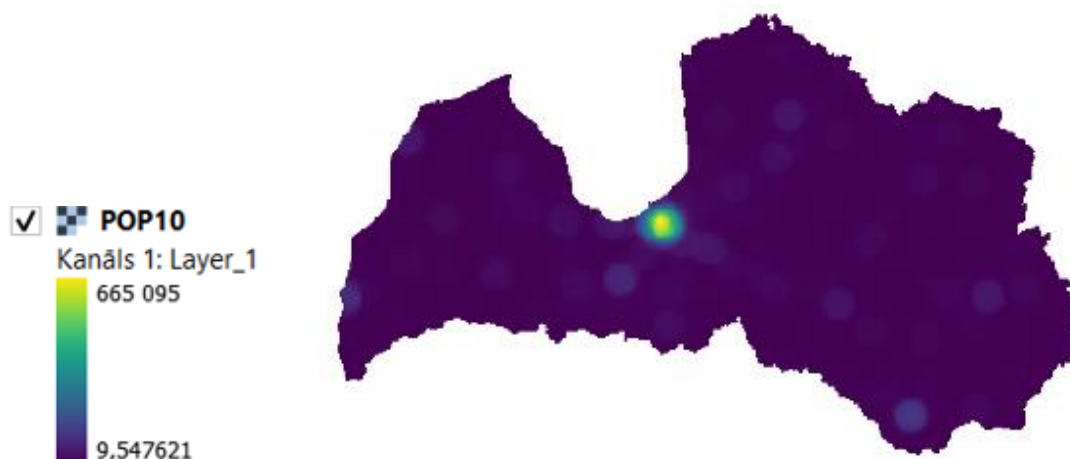
BIEZ- kokaudzes pirmā stāva biežība + kokaudzes otrā stāva biežība (pilna biežība=1.0)

### 1.2.2. Meža nogabala rekreācijas vērtība

Pētījuma iepriekšējā etapā izveidots meža rekreācijas vērtības algoritma apraksts (Lībiete et al., 2020). Rekreācijas vērtības noteikšana balstīta uz E.Riepšas izstrādāto metodiku (Penņac, 1994), kas pielāgota Latvijas meža tipoloģijai (Donis, 2013). *In situ* nogabala rekreācijas vērtības noteikšanas algoritms nav mainīts. Taču algoritms ietver arī tādu rādītāju kā koeficients, kas atkarīgs no pilsētu tuvuma ( $k_s = 1,0$ , ja attālums nepārsniedz 30 km no pilsētas;  $k_s = 0,5$ , ja attālums ir 31-80 km;  $k_s = 0,1$ , ja attālums vairāk par 80 km (Penņac, 1994)) un VA - papildus vērtība, kas atkarīga no objekta pievilcības, t.i., papildus 25 punkti, ja vieta atrodas līdz 500m attālumā no dzīvojamā masīva malas, vai 10 punkti 500 m attālumā no “organizētas atpūtas vietas” vietām. 15 punkti, ja nogabals atrodas īpaši aizsargājamā dabas teritorijā, kas paredzēta atpūtas organizēšanai. Aprēķini ir vienkārši, ja tiek noteikta konkrētā nogabala vai nogabalu grupas vērtība attiecībā pret attālumu no vienas apdzīvotās vietas/ pilsētas, taču Latvijā apdzīvotās vietas ir dažāda lieluma un tās nav vienmērīgi izvietotas Latvijas teritorijā. Lai ņemtu vērā iedzīvotāju skaitu, kas dzīvo dažos attālumos no analizējamā meža, piedāvāts izmantot sekojošu metodisko pieeju.

1) Iedzīvotāju skaitu uz 1 km<sup>2</sup> novērtēšanai no centrālās statistikas pārvaldes mājas lapas lejuplādē datus par iedzīvotāju skaitu “Iedzīvotāju skaits (režģis)” (CSP, 2022)<sup>1</sup>. GIS vidē katram kvadrātam izveido centroīdu. Pēc tam centroīdam ģenerē buferjoslu 0,5km, 1km, 2km, 5km, 10km, 20km, 30km, 50km un 100km zonā (vai kādu citu izvēlētu distanci)<sup>2</sup>. Tad katru 1km<sup>2</sup> punktu pārveido par rastru ar pikseli 1x1km. Izmantojot GIS rīku zonal statistics katram 1km<sup>2</sup> aprēķina atbilstošajā buferzonā esošo rastru statistiskos rādītājus, t.sk., kopējo iedzīvotāju skaitu atbilstošajā zonā.

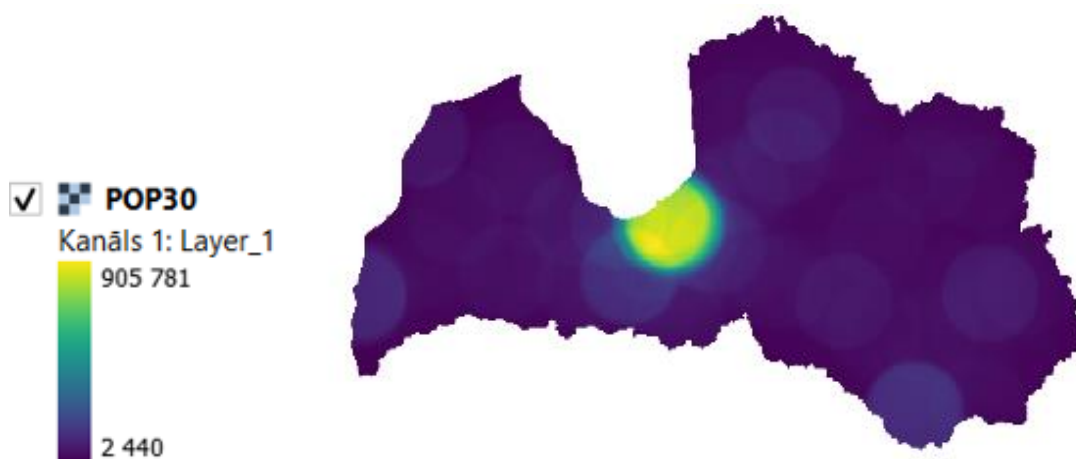
Atbilstoši šai pieejai, konstatēts, ka lielākais iedzīvotāju skaits ap 1km<sup>2</sup> ir 30,5 tūkst. Iedzīvotāju. Savukārt 5km zonā lielākais iedzīvotāju skaits ir 328 tūkst, bet 30 km zonā lielākais iedzīvotāju skaits ir 906 tūkst. Iedzīvotāju. Izmantojot sākotnējā metodikā noteiktos distances svarus (1,0, 0,5 un 0,1) katram kvadrātam var aprēķināt distances svērto iedzīvotāju skaitu mežam katrā no kvadrātiem (1.1.-1.4.attēls).



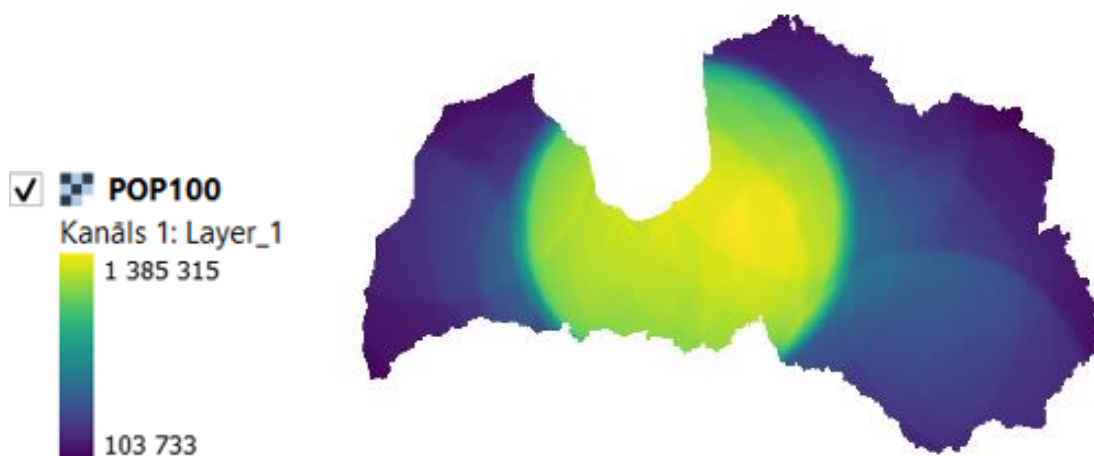
1.1. attēls. Iedzīvotāju daudzums 10km rādiusā ap CSB 1km<sup>2</sup> kvadrāta centroīdu

<sup>1</sup> <https://geo.stat.gov.lv/stage2/#lang=lv&tid=132&sid=undefined&vid=undefined>

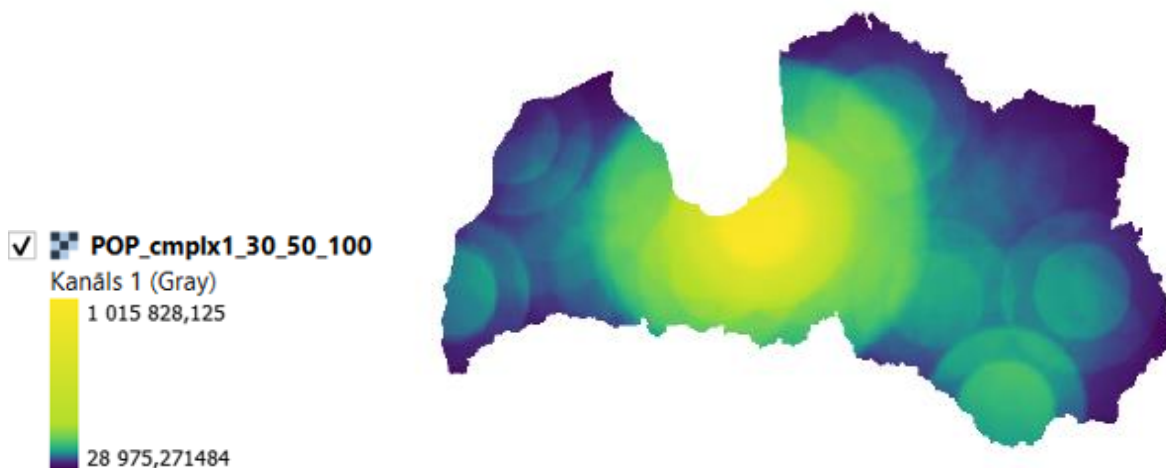
<sup>2</sup> Iepriekšējos pētījumos Latvijā (Lībiete et al., 2020) izmantotas distances 0,5km,1km,2km,5km, 10km, 20km, 50km, 100km un 100<km.



1.2.attēls. Iedzīvotāju daudzums 30km rādiusā ap CSB 1km<sup>2</sup> kvadrāta centroīdu



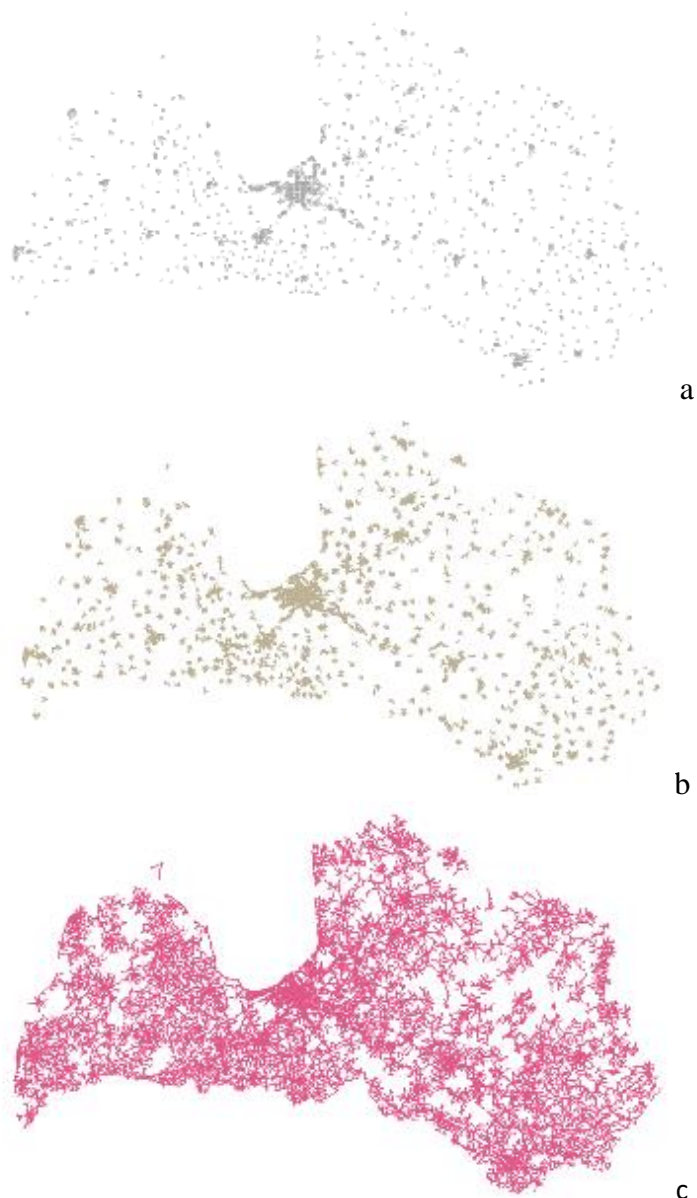
1.3.attēls. Iedzīvotāju daudzums 100km rādiusā ap CSB 1km<sup>2</sup> kvadrāta centroīdu



1.4.attēls. Iedzīvotāju daudzums 100km rādiusā ap CSB 1km<sup>2</sup> kvadrāta centroīdu, kā svaru izmantojot 1, 0,5 un 0,1

2) Tā kā pirmā pieeja paredz aprēķinos izmantot mazāko attālumu starp punktiem, kas ignorē faktu, ka nokļūšanai līdz objektam jāpārvietojas pa ceļiem, un virknē gadījumu nokļūšanai līdz mežam nepieciešams šķērsot ūdensteces pa tiltiem, vai jābrauc/ jāiet apkārt ūdenstilpēm, purviem u.c., pieejamības aprēķināšanai mazākos attālos var izmantot t.s. servisa platības vai nu pēc attāluma vai pēc laika. Šajā gadījumā izvēlas kvadrātu centrus, kuros, piemēram, ir

reģistrēti vismaz 100 iedzīvotāji, Latvijas valsts ceļu karti apvienojumā ar LVM ceļu karti vai openstreet ceļu karti un aprēķina katram no šiem punktiem tīklu analīzi, piemēram, izmantojot rīku “service area” dažādās distancēs (1.5.attēls).



**1.5.attēls. 1km<sup>2</sup> kvadrātu centroīdi ar 100 un vairāk iedzīvotājiem (a), 2,5km servisa zona (b), 10km servisa zona (c)**

#### *Literatūra*

1. Centrālā statistikas pārvalde. 2022. Iedzīvotāju skaits. Pieejams: <https://geo.stat.gov.lv/stage2/>
2. Donis, J. 2013. Latvijas meža resursu ilgtspējīgas, ekonomiski pamatotas izmantošanas un prognozēšanas modeļu izstrāde. Pētījuma zinātniskais pārskats. Pieejams: [http://www.silava.lv/userfiles/file/Projektu%20parskati/2013\\_Donis\\_MAF.pdf](http://www.silava.lv/userfiles/file/Projektu%20parskati/2013_Donis_MAF.pdf)
3. Lībiete, Z. 2020. Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem. Pētījuma zinātniskais pārskats. Pieejams:
4. Репшас Э.А. Оптимизация рекреационного лесопользования (на примере Литвы). - М.: Наука, 1994.-239 с



## 2. Ilgtspējīga ūdens resursu aizsardzība

### 2.1. Dažādas intensitātes biomasas izvākšanas galvenajā cirtē ietekme uz nākamās meža paaudzes augšanas gaitu, vielu apriti, bioloģisko daudzveidību

2.1.1. Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings skuju koku audzēs

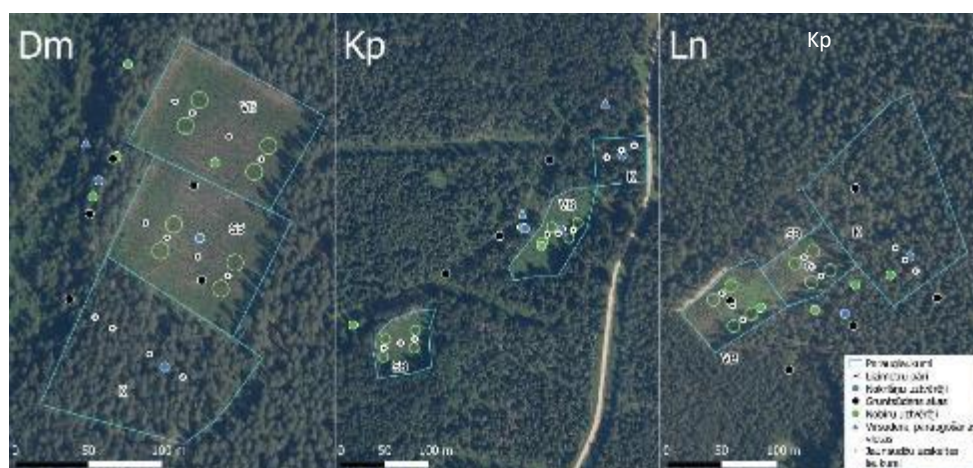
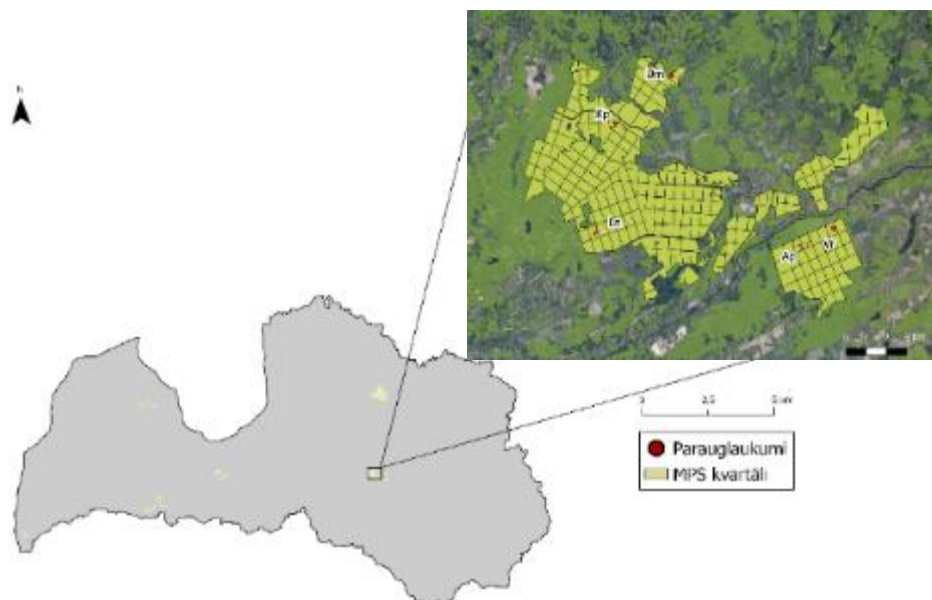
#### 2.1.1.1. Objektu un mērījumi

Lai nodrošinātu nepārtrauktu datu rindu, visas 2022. gada veģetācijas sezonas laikā ir turpināts monitorings Zinātniskās izpētes mežu Kalsnavas meža novadā ierīkotajos pētījuma objektos, kur tiek sekots dažādas intensitātes vienlaidu atjaunošanas cirtes ietekmei (2.1. tabula, 2.1. attēls). Katrā objektā ir trīs varianti: 1) parauglaukums, kur izvākta visa virszemes biomas (VB), 2) parauglaukums, kur izvākta stumbru biomas (SB) un 3) nenocirsta mežaudze jeb kontrole (K). Mežizstrāde objektos veikta 2013. gada sākumā (pēc vienu gadu ilga retrospekcijas perioda), 2013. gada rudenī damaksnī un lānā veikta augsnes sagatavošana ar aktīvo disku arklu, bet 2014. gada pavasarī mežaudzes atjaunotas, damaksnī un lānā stādot priedi vagās, bet kūdrenī stādot egli nesagatavotā augsnē. 2021./2022. gada ziemā objekta Kp kontroles parauglaukumā veikta sanitārā kailcirte kokaudzes veselības stāvokļa dēļ. Iepriekšējos gados objektā novērota pastiprināta koku atmiršana un mirušās koksnes apjoma palielināšanās.

2.1.tabula

#### Pētījuma objektu dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai skuju koku audzēs raksturojums

Nr. p.k.	Objekts	Kv., nog.	MT	Vald. suga	Valdošās sugas koku vidējais H, m (2021. g.)	Mežizstrāde veikta	Atjaunošana veikta
1.	Damaksnis	15-1	Dm	P	1,91	2013.g.	2014.g.
2.	Kūdrenis	96-10,11	Kp	E	1,71		
3.	Lāns	180-8,12	Ln	P	1,66		



## 2.1. attēls. Pētījuma objekti dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai skuju koku audzēs

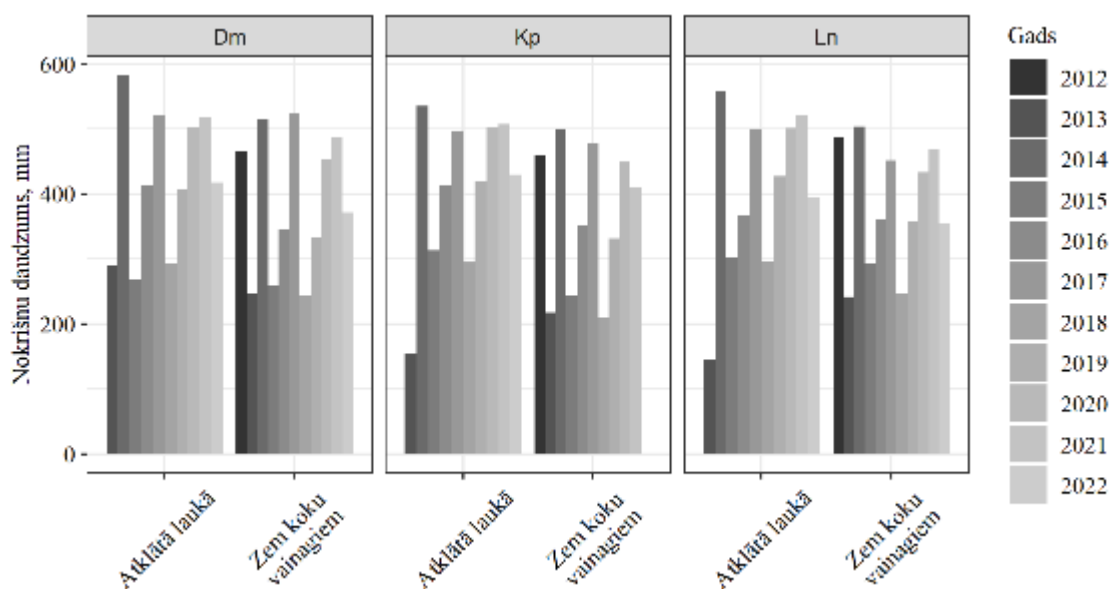
No 2012. gada līdz 2022. gadam objektos analizēti veģetācijas sezonas (no aprīļa līdz oktobrim) nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens, gruntsūdens un virszemes ūdens paraugi. Paraugi pirmajos piecos pētījuma gados ņemti divas reizes mēnesī, bet no 2016. līdz 2022. gadam – reizi mēnesī. Virszemes ūdens paraugi ņemti Svirējas upē, kas tek gar damaksnī ierīkoto objektu, un meliorācijas grāvī, kas tek gar kūdrenī ierīkoto objektu. Paraugos laboratoriski noteikti sekojoši ķīmiskie parametri:  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ,  $\text{N}_{\text{kop.}}$ ,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ , K, Ca un Mg joni, pH augsnes ūdenī, gruntsūdenī un notecē, kā arī N, P, K, Ca, Mg ienese ar nobirām. Kopš 2016. gada regulāri veikta jaunaudzes uzskaitē katrā parauglaukumā ierīkojot četrus vienmērīgi izvietotus apļveida uzskaites laukumus ar rādiusu 5,64 m (platība  $100 \text{ m}^2$ ) un uzskaitot gan stādītos, gan dabiski izaugušos kociņus 10 cm augstuma klasēs, kā arī regulāras (ar 2-3 gadu intervālu) veģetācijas uzskaites laukumiņos ar punktu metodi. Pētījuma dizains un metodika detalizēti aprakstīta iepriekšējo pētījuma etapu pārskatos, piemēram, Lībieta un citi (2012).

Iepriekšējos gados šajā pētījumā virzienā iegūtie rezultāti apkopoti publikācijā žurnālam *Forests*: Kļaviņš et al. "Impact of different intensity harvesting on nutrients and development of young stands in hemiboreal forest in Latvia".

## 2.1.1.2. Barības vielu aprites izmaiņas objektos

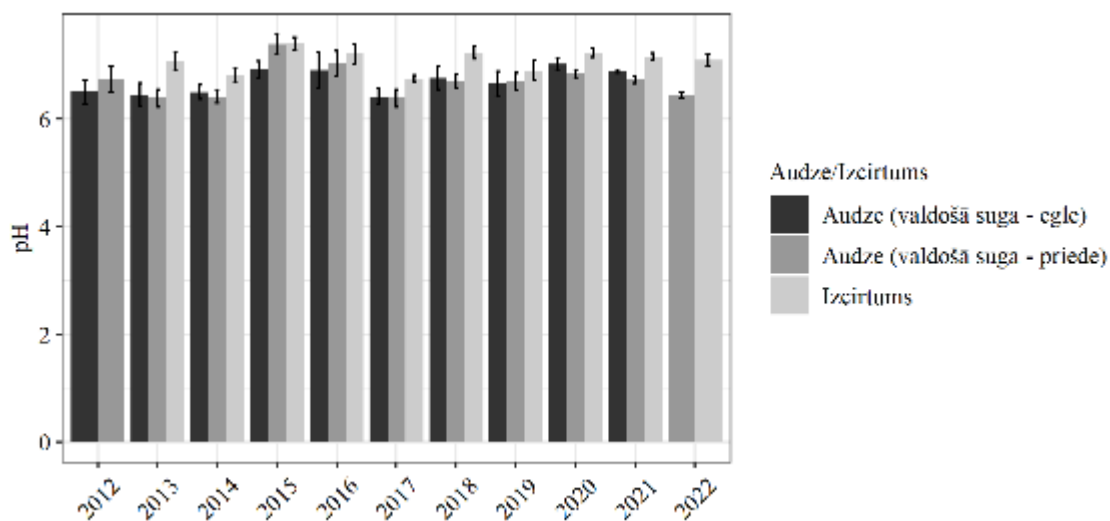
### Barības vielu ienese ar nokrišņiem

Zem koku vainagiem kopējais nokrišņu daudzums veģetācijas sezonā (maijs-oktobris) ir vidēji par 41 mm mazāks nekā atklātā laukā. Lielākās atšķirības starp nokrišņu daudzumu atklātā laukā un zem koku vainagiem vērojamas objektā Kp (egļu audze), kur kopējais nokrišņu daudzums atklātā laukā ir vidēji par 50 mm lielāks. Atšķirības izlīdzinās 2022. gadā pēc mežizstrādes veikšanas. Pētījuma objektos laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam lielākais nokrišņu daudzums veģetācijas sezonā (maijs – oktobris) ir bijis 2014., 2017. un 2021. gadā (2.2. attēls).

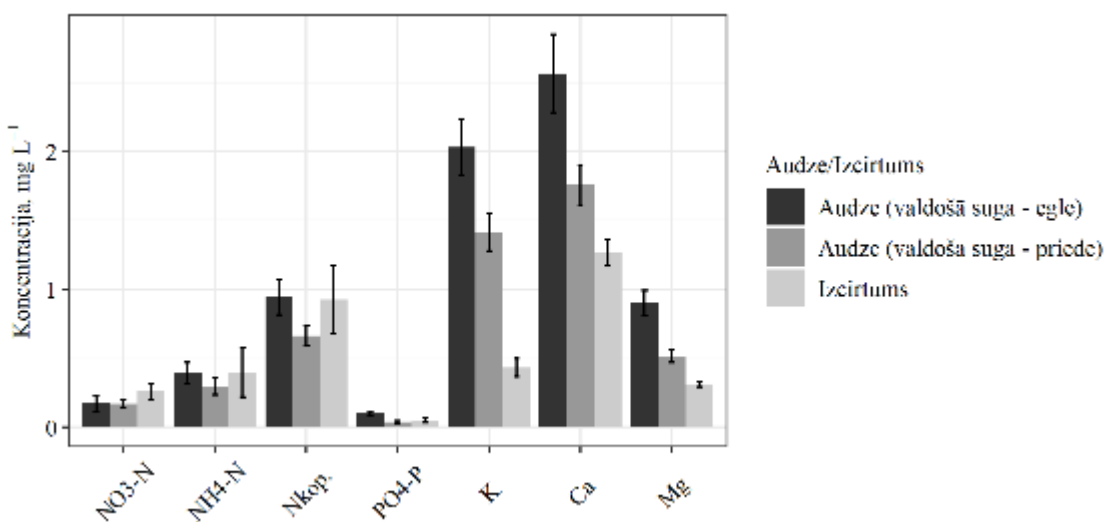


### **2.2. attēls. Vidējais nokrišņu daudzums veģetācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2022.gadam**

2.3. attēlā parādīts vidējais nokrišņu ūdens pH laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam, bet vidējās ķīmisko elementu koncentrācijas atklāta lauka nokrišņos (izcirtumā) un nokrišņos, kas uztverti zem koku vainagiem, laika periodā no 2012. līdz 2022. gadam parādītas 2.4. attēlā. Pētījumu rezultāti liecina, ka skuju koku lapotnes tiecas nokrišņus paskābināt, un tas norāda, ka skābju pārtveršanas apjomi ir daudz lielāki nekā koku vainagu virsmas buferkapacitāte vai bāzisko vielu sausā izsēšanās kokaudzē (Tērauda, 2008). Šāda tendence konstatēta arī šī pētījuma ietvaros, jo zem koku vainagiem nokrišņu ūdens pH ir vidēji par 0,37 pH vienībām skābāks nekā atklātā laukā. Bāzisko katjonu koncentrācijas atklātas platības nokrišņos ir zemākas nekā mežaudzē, jo mežaudzē, izkrītot caur koku vainagiem, nokrišņi uztver uz skuju vai lapu virsmas esošos savienojumus, savukārt nitrātu koncentrācijas atklātā lauka nokrišņos ir lielākas. Egļu audzēs visu analizēto elementu koncentrācijas vainagu caurtecē ir augstākas nekā priežu audzēs, kas attiecībā uz bāziskiem katjoniem visticamāk skaidrojams ar lapu laukuma indeksa atšķirībām – egļu vainagi ir blīvāki, un tajos izsēžas vairāk daļiņu no atmosfēras, kas pēc tam nonāk nokrišņu ūdeņos.



**2.3. attēls. Vidējais nokrišņu ūdens pH veģetācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam (izcirtumā no 2013. līdz 2022.gadam)**



**2.4. attēls. Vidējās ķīmisko elementu koncentrācijas nokrišņos veģetācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2022.gadam (izcirtumā no 2013. līdz 2022.gadam)**

Vidējās veģetācijas perioda (maijs – oktobris) ķīmisko elementu ieneses ar nokrišņiem laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam parādītas 2.2. tabulā. Vērojamas atšķirības ar nokrišņiem ienestā ķīmisko elementu daudzumā starp atklātā lauka platībām (izcirtumiem) un mežaudzēm. Vidēji lielākais slāpekļa savienojumu daudzums ienests izcirtumos, bet mazākais – priežu audzēs. Savukārt vidēji lielākais bāzisko katjonu daudzums ienests egļu audzēs, bet mazākais – izcirtumos.

2.2. tabula.

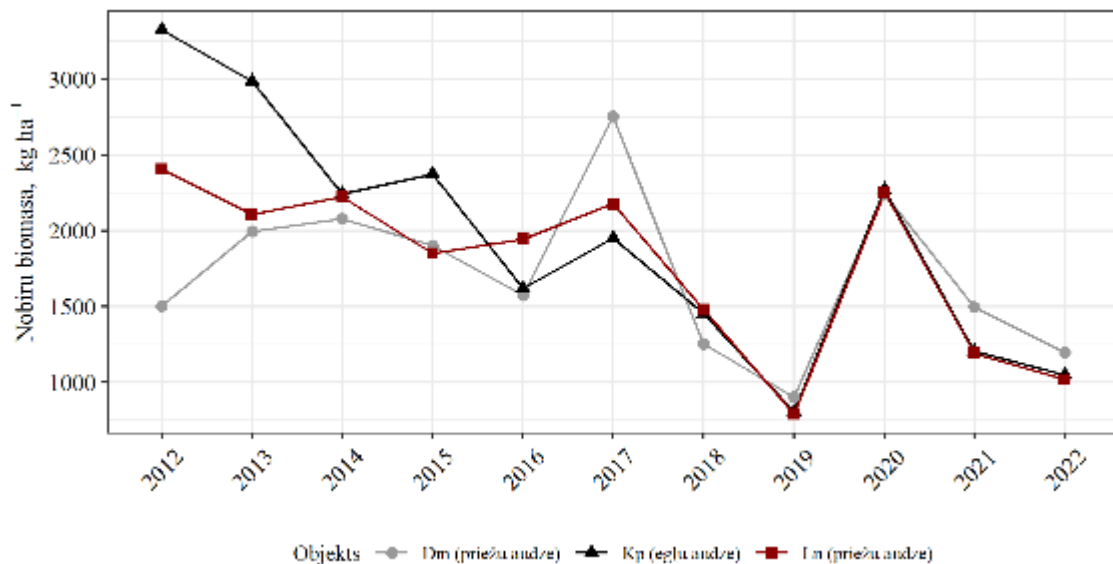
**Vidējā ķīmisko elementu ieneses ar nokrišņiem (kg ha<sup>-1</sup>) veģetācijas periodā (maijs – oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam. Treknrakstā izceltas maksimālās ieneses vērtības**

Elements	Egļu audze	Priežu audze	Izcirtums
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	0,63 ± 0,25	0,56 ± 0,14	<b>0,99 ± 0,19</b>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	0,77 ± 0,16	0,54 ± 0,08	<b>1,24 ± 0,43</b>

Elements	Egļu audze	Priežu audze	Izcirtums
N <sub>kop.</sub>	1,92 ± 0,31	1,46 ± 0,21	<b>3,13 ± 0,56</b>
K	<b>5,43 ± 0,60</b>	3,95 ± 0,28	1,16 ± 0,20
Ca	<b>7,70 ± 0,78</b>	5,45 ± 0,54	4,50 ± 0,61
Mg	<b>2,62 ± 0,14</b>	1,53 ± 0,08	1,05 ± 0,09
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	<b>0,23 ± 0,04</b>	0,05 ± 0,01	0,15 ± 0,04

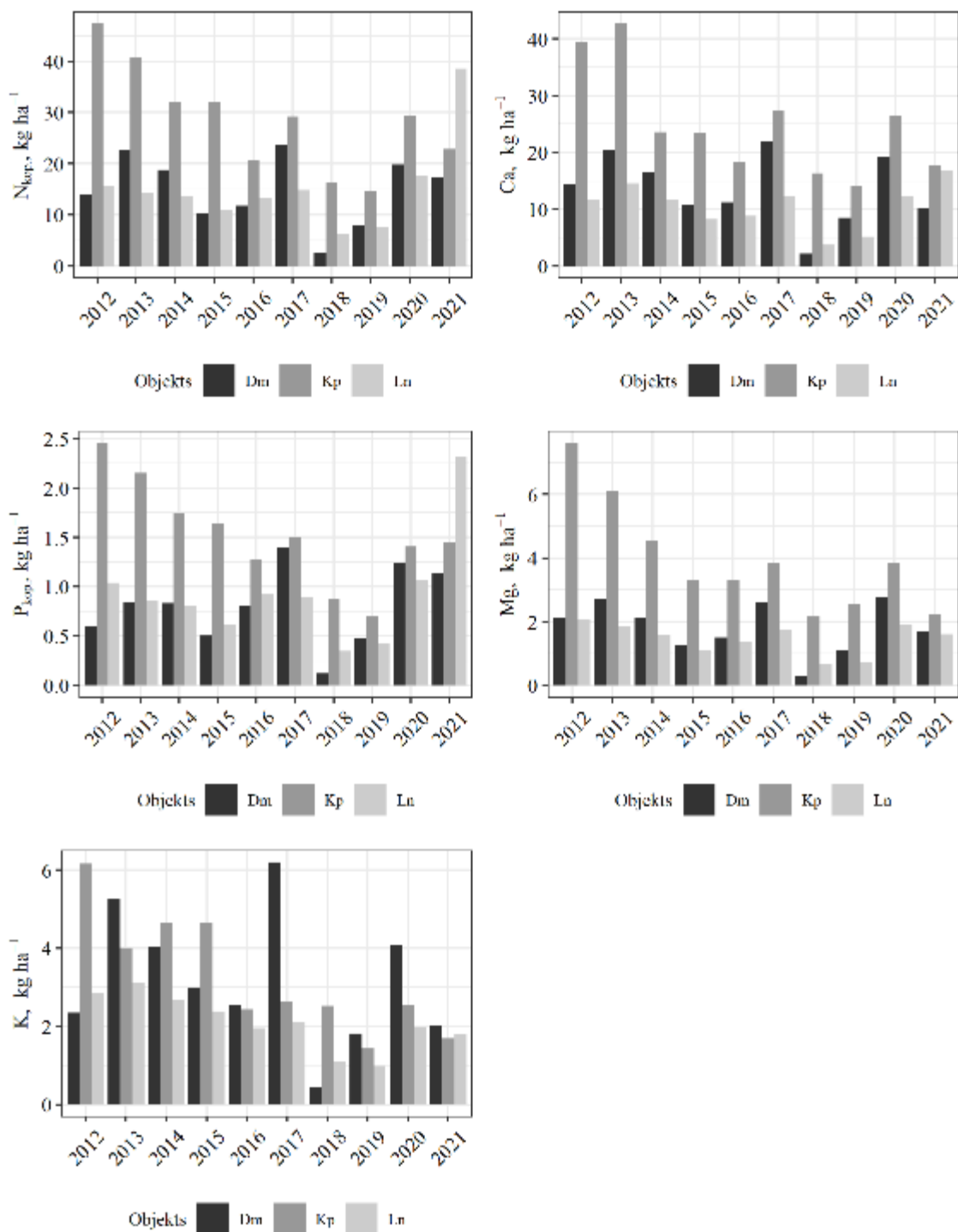
### Barības vielu ienese ar nobirām

Veģetācijas sezonas nobiru biomasas apjoma izmaiņas pētījuma objektos laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam parādītas 2.5. attēlā. Visos objektos vērojamas līdzīgas tendences nobiru biomasas apjoma variācijā gadu gaitā. Laika posmā no 2012. gada līdz 2021. gadam mazākais nobiru biomasas apjoms visos objektos tika konstatēts 2019. gadā (791 – 901 kg ha<sup>-1</sup> atkarībā no objekta). Lielākais nobiru biomasas apjoms objektos, kas ierīkoti Kp un Ln meža tipos, konstatēts 2012. gadā (3323 un 2406 kg ha<sup>-1</sup>, attiecīgi), bet objektā, kas ierīkots Dm meža tipā, lielākais nobiru biomasas apjoms konstatēts 2017. gadā (2752 kg ha<sup>-1</sup>).

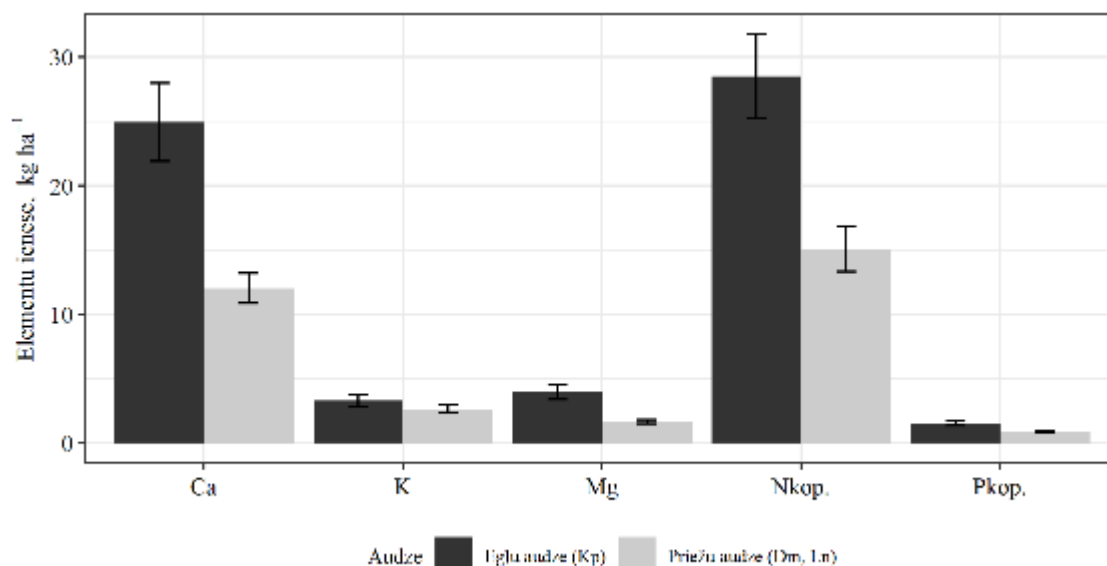


### **2.5. attēls. Veģetācijas sezonas nobiru biomasas apjoma izmaiņas pētījuma objektos laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam**

Elementu ieneses ar nobirām pētījuma objektos veģetācijas sezonā pa gadiem parādītas 2.6. un 2.7. attēlā. Izvērtējot vidējās veģetācijas perioda ķīmisko elementu ieneses periodā no 2012. līdz 2021. gadam, konstatējām, ka ikgadējā vidējā visu elementu ienese vislielākā ir bijusi egļu audzē (2.7. attēls). Egļu audzē kopējā slāpekļa ienese bija 28,5 ± 3,3 kg ha<sup>-1</sup>, kopējā fosfora ienese 1,52 ± 0,17 kg ha<sup>-1</sup>, kālija, kalcija un magnija ieneses attiecīgi 3,27 ± 0,48, 24,9 ± 3,0 un 3,95 ± 0,55 kg ha<sup>-1</sup>. Tajā pašā laikā priežu audzēs vidējās elementu ieneses ar nobirām veģetācijas periodā bija šādas: 15,1 ± 1,7 kg ha<sup>-1</sup> kopējā slāpekļa, 0,86 ± 0,10 kg ha<sup>-1</sup> kopējā fosfora un 2,63 ± 0,31, 12,0 ± 1,2 un 1,64 ± 0,15 kg ha<sup>-1</sup> kālija, kalcija un magnija. Informācijas par barības elementu ienesi ar nobirām pētījuma objektos 2022. gadā tiks precizēta pēc laboratorisko analīžu pabeigšanas.



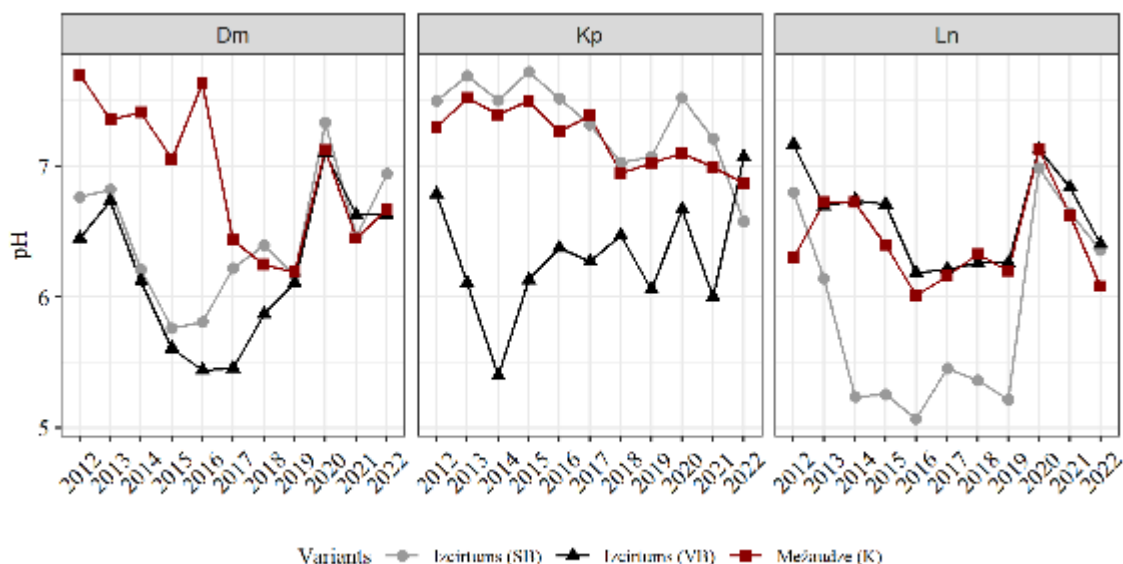
2.6. attēls. Elementu ienese ar nobirām pētījuma objektos veģetācijas sezonā pa gadiem



**2.7. attēls. Vidējā barības vielu ienese ar nobīrām priežu un egļu audzēs veģetācijas periodā laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam**

#### Barības vielu koncentrācija augsnes ūdenī

2.8. attēlā parādīts augsnes ūdens vidējais pH pētījuma objektu parauglaukumos, kur 2013. gada sākumā veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta. Lai novērtētu mežizstrādes ietekmi uz augsnes ūdens ķīmisko sastāvu, pētījums uzsākts gadu pirms mežizstrādes veikšanas (2012. gadā) un turpināts desmit gadus pēc mežizstrādes darbu veikšanas (2013.-2022. gads). Augsnes ūdens vidējais pH mežaudzē, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no pH  $6,0 \pm 0,1$  (Ln meža tips, 2016. gads) līdz  $7,7 \pm 0,1$  (Dm meža tips, 2012. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais augsnes ūdens pH svārstās no pH  $5,1 \pm 0,1$  (Ln meža tips, 2016. gads) līdz pH  $7,7 \pm 0,1$  (Kp meža tips, 2015. gads). Izvērtējot 11 gadus ilga pētījuma rezultātus, konstatēta tendence augsnes ūdens pH samazināties pēc mežizstrādes veikšanas, īpaši otrajā līdz ceturtajā gadā (2014.-2016. gads) pēc mežizstrādes veikšanas. Būtisks gada vidējās augsnes ūdens pH vērtības samazinājums, salīdzinot ar 2012. gadu un ar parauglaukumiem, kur mežaudze ir saglabāta, ir bijis Kp objekta parauglaukumā, kur izvākta visa biomasa, 2014. gadā, kā arī Ln objekta parauglaukumā, kur izvākta stumbra biomasa, 2014.-2019. gadā.



## 2.8. attēls. Augsnes ūdens vidējais pH pētījumu objektos

2.9.-2.11. attēlā atspoguļots vidējais nitrātu, amonija jonu un kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta. Vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no  $< 0,01 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$  (Dm meža tips, 2015. un 2018. gads) līdz  $12,5 \pm 2,2 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$  (Kp meža tips, 2021. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī svārstās no  $0,02 \pm 0,02 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$  (Ln meža tips, 2018. gads) līdz  $10,7 \pm 1,6 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$  (Kp meža tips, 2014. gads). Kopumā desmit gadus ilgā pētījuma periodā (2012.-2021. gads) vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī plašākā diapazonā variē kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, salīdzinot ar parauglaukumiem, kur veikta mežizstrāde. Informācija par nitrātu koncentrāciju augsnes ūdens paraugos 2022. gadā tiks pievienota pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.

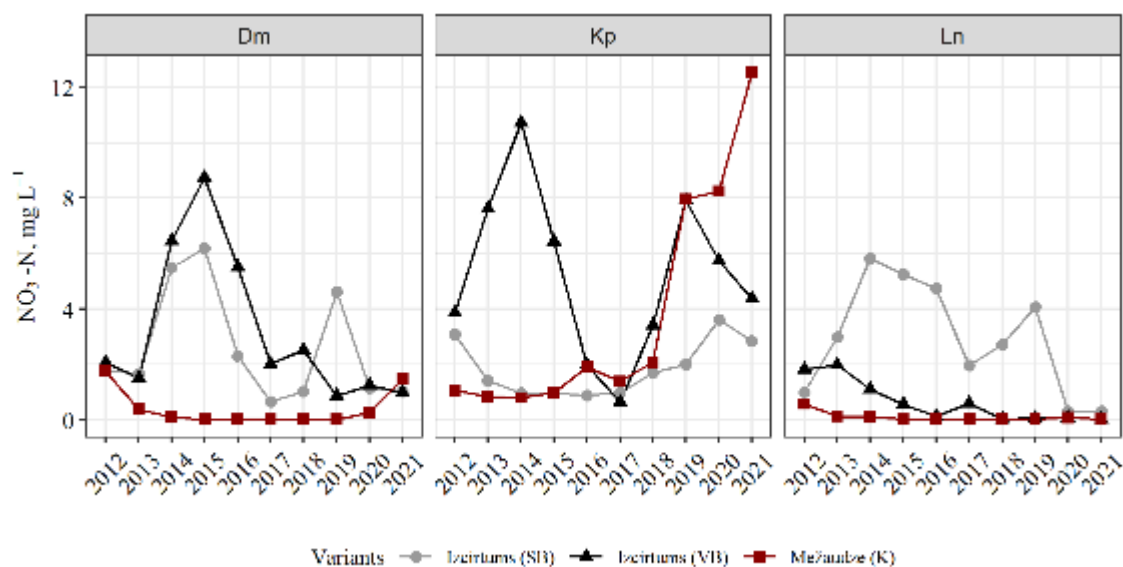
Salīdzinot desmit gadus ilga pētījuma perioda (2012. – 2021. gads) vidējo nitrātu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos un kur mežaudze ir saglabāta, vidēji lielākais nitrātu saturs konstatēts Kp meža tipā ( $3,30 \pm 0,34 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ ), bet, salīdzinot nitrātu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kur veikta mežizstrāde, lielākais nitrātu saturs konstatēts Dm meža tipā ( $3,60 \pm 0,20 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ ).

Dm objektā būtisks nitrātu satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu, konstatēts gan VB, gan arī SB parauglaukumos 2014. – 2016. gadā. Kontroles parauglaukumā šajā pašā objektā, salīdzinot ar retrospekcijas periodu, konstatēts būtisks nitrātu koncentrācijas samazinājums.

Kp objekta VB parauglaukumā būtisks nitrātu satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu, konstatēts 2014. gadā. Savukārt Kp objekta SB parauglaukumā nitrātu koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā no 2013. – 2019. gadam ir pat zemāka nekā 2012. gadā. Jāatzīmē, ka laika posmā kopš 2018. gada objektā Kp visos parauglaukumos (īpaši VB parauglaukumā un parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta) vērojama nitrātu koncentrācijas paaugstināšanās. Tas visticamāk skaidrojams ar būtisku atmirušās koksnes daudzuma palielināšanos pēdējo 4-5 gadu laikā mizgraužu bojājumu dēļ, kā rezultātā arī kontroles mežaudzē esošais parauglaukums 2021./2022. gada ziemā nozāģēts sanitārajā kailcirtē.



Arī Ln objekta SB parauglaukumā konstatēts būtisks nitrātu satura palielinājums 2014.-2016. un 2019. gadā, salīdzinot ar referenes periodu, bet VB parauglaukumā nitrātu saturs augsnes ūdenī laika posmā sākot no 2014. gada ir samazinājies, salīdzinot ar referenes periodu.

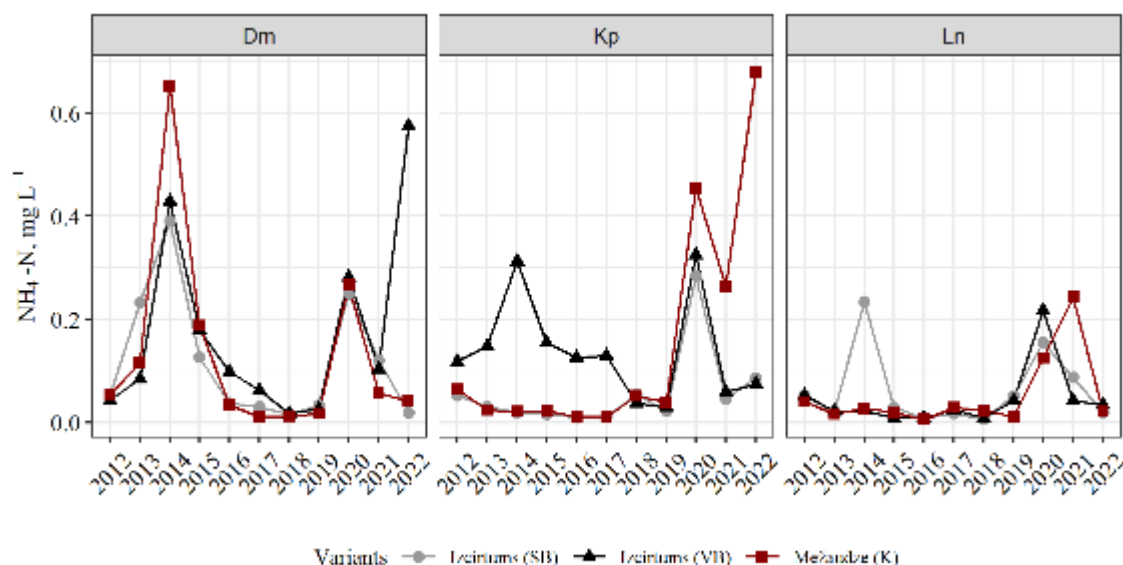


**2.9. attēls. Nitrātu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos. Informācija par nitrātu koncentrāciju augsnes ūdens paraugos 2022. gadā tiks pievienota pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.**

Gada vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no 0,01 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N L<sup>-1</sup> (Kp un Ln meža tips, 2016. gads; Dm un Kp meža tips, 2017. gads; Dm meža tips, 2018. gads; Ln meža tips, 2019. gads) līdz 0,68 ± 0,32 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N L<sup>-1</sup> (Kp meža tips, 2022. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī svārstās no < 0,01 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N L<sup>-1</sup> (Ln meža tips, 2016. un 2018. gads) līdz 0,57 ± 0,54 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N L<sup>-1</sup> (Dm meža tips, 2022. gads). Kopumā 11 gadus ilgā pētījuma periodā (2012. – 2022. gads) vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī plašākā diapazonā variē kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, salīdzinot ar parauglaukumiem, kur veikta mežizstrāde. Salīdzinot visa pētījuma perioda vidējo amonija jonu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, lielākais amonija jonu saturs gan parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, gan parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, ir Dm meža tipā (attiecīgi, 0,19 ± 0,10 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N L<sup>-1</sup> un 0,17 ± 0,02 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N L<sup>-1</sup>).

Dm objektā nevienā parauglaukumā netika konstatētas statistiski būtiskas amonija satura atšķirības, salīdzinot gadus pēc kailcirtes ar retrospekcijas periodu, kaut gan ievērojams amonija jonu satura palielinājums atsevišķos gados konstatēts gan SB parauglaukumā, gan VB parauglaukumā, gan arī kontroles parauglaukumā, kur mežaudze tika saglabāta. Kp objektā nākamajos gados pēc kailcirtes gada vidējais amonija saturs augsnes ūdenī nav būtiski mainījies, izņemot 2014. gadu VB parauglaukumā un 2020. gadu, kad būtiski lielāka gada vidējā amonija jonu koncentrācija, salīdzinot ar 2012. gadu, konstatēta visos parauglaukumos. Līdzīgas likumsakarības novērotas arī Ln objektā. 2022. gadā tika novērots ievērojams amonija jonu koncentrācijas augsnes ūdenī palielinājums Dm objekta VB parauglaukumā un Kp objekta kontroles parauglaukumā, kur mežaudze sākotnēji saglabāta, bet 2021./2022. gada ziemā nozāģēta

sanitārajā kailcirtē. Otrajā gadījumā slāpekļa savienojumu koncentrācijas pieaugumu varētu būt izraisījusi mežizstrāde, taču izmaiņām Dm objektā skaidrojuma pašlaik nav.



## 2.10. attēls. Amonija jonu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

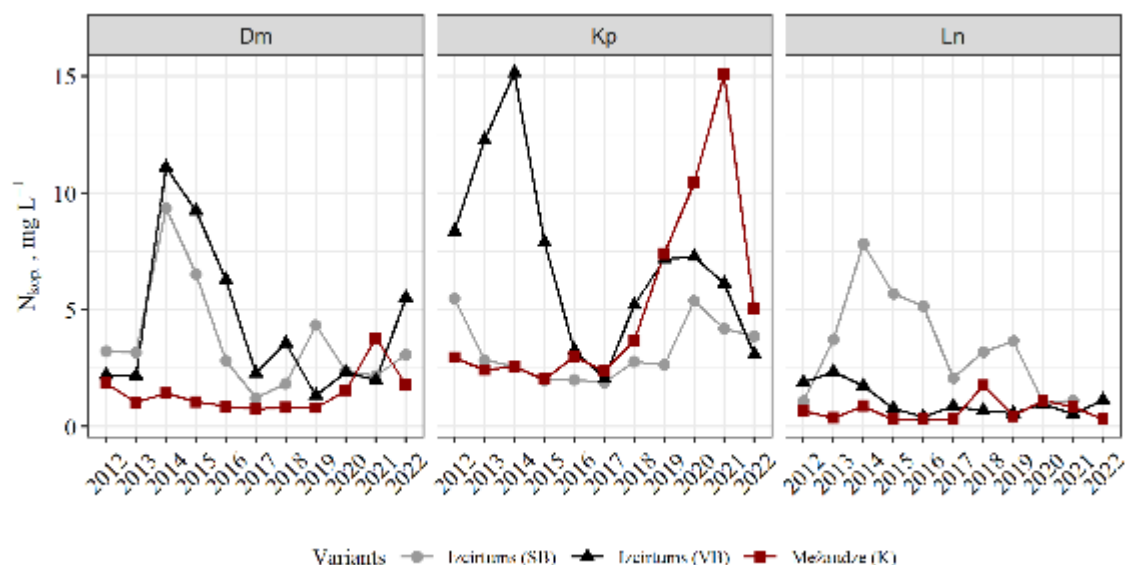
Vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no  $0,3 \text{ mg N L}^{-1}$  (Ln meža tips, 2015.-2017. gads) līdz  $15,1 \pm 2,1 \text{ mg N L}^{-1}$  (Kp meža tips, 2021. gads). Savukārt parauglaukumos, kur 2013. gada sākumā veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī variē no  $0,41 \pm 0,05 \text{ mg N L}^{-1}$  (Ln meža tips, 2016. gads) līdz  $15,2 \pm 1,6 \text{ mg N L}^{-1}$  (Kp meža tips, VB parauglaukums, 2014. gads). Salīdzinot 11 gadus ilga pētījuma perioda vidējo kopējo slāpekļa saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos un kur mežaudze ir saglabāta, vidēji lielākais kopējā slāpekļa saturs konstatēts Kp meža tipā ( $4,55 \pm 0,30 \text{ mg N L}^{-1}$ ). Tāpat arī salīdzinot kopējā slāpekļa saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kur veikta mežizstrāde, lielākais kopējā slāpekļa saturs konstatēts Kp meža tipā ( $4,94 \pm 0,26 \text{ mg N L}^{-1}$ ). Savukārt Ln meža tipā konstatēta būtiski mazāka vidējā kopējā slāpekļa koncentrācija augsnes ūdenī, salīdzinot ar Dm un Kp objektiem. Jāatzīmē, ka kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdeņos 2022. gadā tiks precizēts pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.

Dm objektā būtisks kopējā slāpekļa satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu un parauglaukumiem, kur nav veikta mežizstrāde, konstatēts VB un SB parauglaukumos 2014. un 2015. gadā. Šī paša objekta parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta, nav konstatētas būtiskas izmaiņas kopējā slāpekļa vidējā koncentrācijā augsnes ūdenī pētījuma periodā.

Kp objektā būtisks kopējā slāpekļa satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu un parauglaukumiem, kur nav veikta mežizstrāde, konstatēts VB parauglaukumā 2013. un 2014. gadā. Savukārt Kp objekta SB parauglaukumā konstatēts būtisks kopējā slāpekļa vidējās koncentrācijas samazinājums laika posma no 2013. līdz 2019. gadam, salīdzinot ar retrospekcijas periodu. Šī paša objekta parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta, būtisks kopējā slāpekļa vidējās koncentrācijas palielinājums konstatēts kopš 2019. gada, ja salīdzina ar retrospekcijas periodu.

Ln objekta SB parauglaukumā būtisks kopējā slāpekļa satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu, konstatēts 2014. – 2016. gadā, bet VB parauglaukumā un

parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta, būtiskas izmaiņas kopējā slāpekļa vidējā saturā augsnes ūdenī nākamajos gados pēc mežizstrādes veikšanas nav konstatētas.



**2.11. attēls. Kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos. Kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdeņos 2022. gadā tiks precizēts pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.**

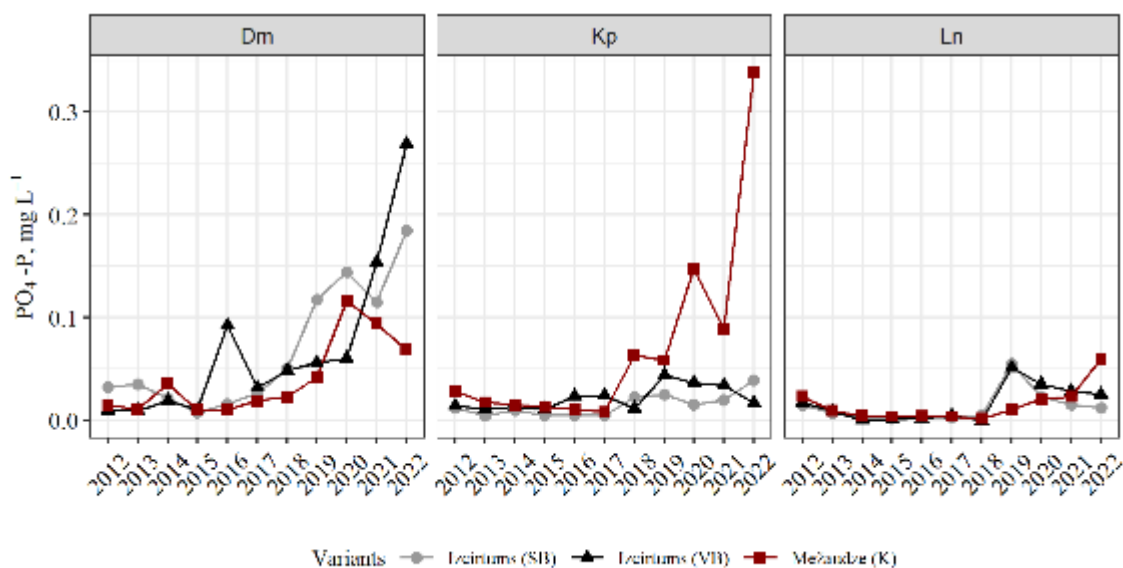
Vienpadsmit gadus ilga pētījuma rezultāti liecina, ka atsevišķos gadījumos izcirtumos augsnes ūdenī ir palielinājies izšķīdušo slāpekļa savienojumu saturs, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas. Palielinātam slāpekļa savienojumu saturam augsnes ūdenī, ir duāla ekoloģiska ietekme – pirmkārt, tiek palielināts barības elementu izskalošanās risks no meža ekosistēmas un, otrkārt, tiek palielināta barības vielu pieejamība jaunaudzei. Lai arī analīžu rezultāti norāda, ka atsevišķos parauglaukumos slāpekļa savienojumu satura palielināšanos augsnes ūdenī tieši saistāma ar mežizstrādi, secinājumu, ka slāpekļa savienojumu satura palielināšanos augsnes ūdenī ir izraisījuši tieši kailcirte, nevar vispārināt, jo dažos gadījumos slāpekļa saturs ir palielinājies arī kontroles platībās, savukārt citos tas ir samazinājies, tajā skaitā arī izcirtumos. Kp meža tipā ierīkotajā objektā iegūtie rezultāti liecina, ka būtisku slāpekļa savienojumu koncentrācijas palielināšanos izraisa atmirušās koksnes daudzuma pieaugums kokaudzes sanitārā stāvokļa pasliktināšanās rezultātā.

2.12. attēlā atspoguļots vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta. Gada vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no  $< 0,01 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$  līdz  $0,34 \pm 0,11 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$  (Kp meža tips, 2022. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī svārstās no  $< 0,01 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$  līdz  $0,27 \pm 0,13 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$  (Dm meža tips, VB parauglaukums, 2022. gads).

Salīdzinot 11 gadus ilga pētījuma perioda vidējo fosfātjonu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, lielākais fosfātjonu saturs gan parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, gan parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, ir Dm meža tipā ( $0,048 \pm 0,008 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$  un  $0,052 \pm 0,006 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ , attiecīgi).

Salīdzinoši lielās fosfātjonu koncentrācijas augsnes ūdeņos variācijas dēļ pētījuma periodā Dm objektā būtiskas fosfātu koncentrācijas izmaiņas, salīdzinot ar 2012. gadu, netika novērotas,

izņemot 2016. gadu VB parauglaukumā. Līdzīga situācija novērota arī Kp objektā, izņemot 2018.-2022. gadu, kad kontroles parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta, konstatēta būtiski lielāka fosfātu koncentrācija, salīdzinot ar 2012. gadu. Ln objektā laika posmā no 2014. līdz 2017. gadam SB parauglaukumā un laika posmā no 2014. līdz 2018. gadam kontroles parauglaukumā konstatēta statistiski būtiska fosfātu koncentrācijas samazināšanās augsnes ūdeņos, salīdzinot ar 2012. gadu. Savukārt laika posmā kopš 2018. gada visos objektos augsnes ūdenī vērojama fosfātu koncentrācijas palielināšanās. Turklāt Ln objektā 2019. gadā gan SB, gan VB parauglaukumā konstatēta būtiski lielāka fosfātu koncentrācija augsnes ūdenī, salīdzinot ar 2012. gadu. Tomēr šīs tendences nav viennozīmīgi skaidrojamas ar mežizstrādes ietekmi, jo fosfātjonu koncentrācijas palielināšanās konstatēta ne tikai SB parauglaukumos, kur šis process teorētiski varētu tikt skaidrots ar lielāka izmēra mežizstrādes atlieku sadalīšanos, bet arī parauglaukumos, kur izvēkta visa virszemes biomasa, un kontroles parauglaukumos.



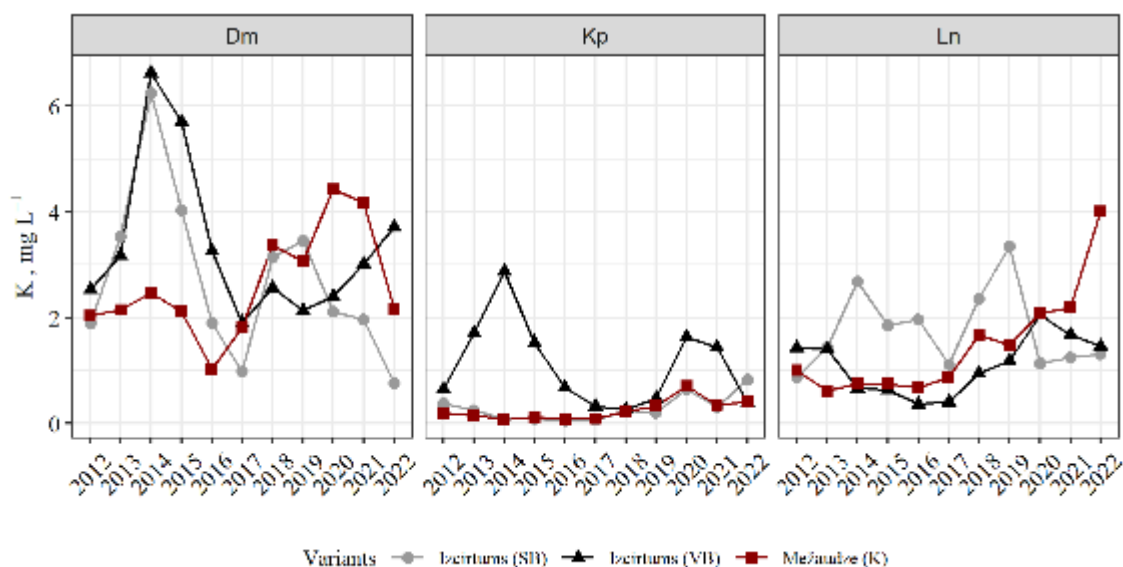
**2.12. attēls. Fosfātjonu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos**

2.13.-2.15. attēlā atspoguļots vidējais bāzisko katjonu (K, Ca un Mg) saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam. Vidējais kālija saturs augsnes ūdenī parauglaukumos pētījuma periodā variē no  $0,06 \pm 0,01$  mg K L<sup>-1</sup> (Kp meža tips, SB parauglaukums, 2016. gads) līdz  $6,63 \pm 0,68$  mg K L<sup>-1</sup> (Dm meža tips, VB parauglaukums, 2014. gads), vidējais kalcija saturs augsnes ūdenī variē no  $0,35 \pm 0,11$  mg Ca L<sup>-1</sup> (Ln meža tips, mežaudze, 2019. gads) līdz  $35,1 \pm 1,5$  mg Ca L<sup>-1</sup> (Kp meža tips, mežaudze, 2019. gads), bet vidējais magnija saturs augsnes ūdenī variē no  $0,31 \pm 0,04$  mg Mg L<sup>-1</sup> (Dm meža tips, SB parauglaukums, 2012. gads) līdz  $9,85 \pm 1,04$  mg Mg L<sup>-1</sup> (Kp meža tips, SB parauglaukums, 2012. gads). Salīdzinot pētījuma perioda vidējo bāzisko katjonu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, vērojamas atšķirības. Lielāks vidējais K saturs augsnes ūdenī konstatēts parauglaukumos (gan kontroles mežaudzē, gan izcirtumā), kas ierīkoti Dm meža tipā, savukārt lielāks Ca un Mg saturs augsnes ūdenī konstatēts Kp meža tipā.

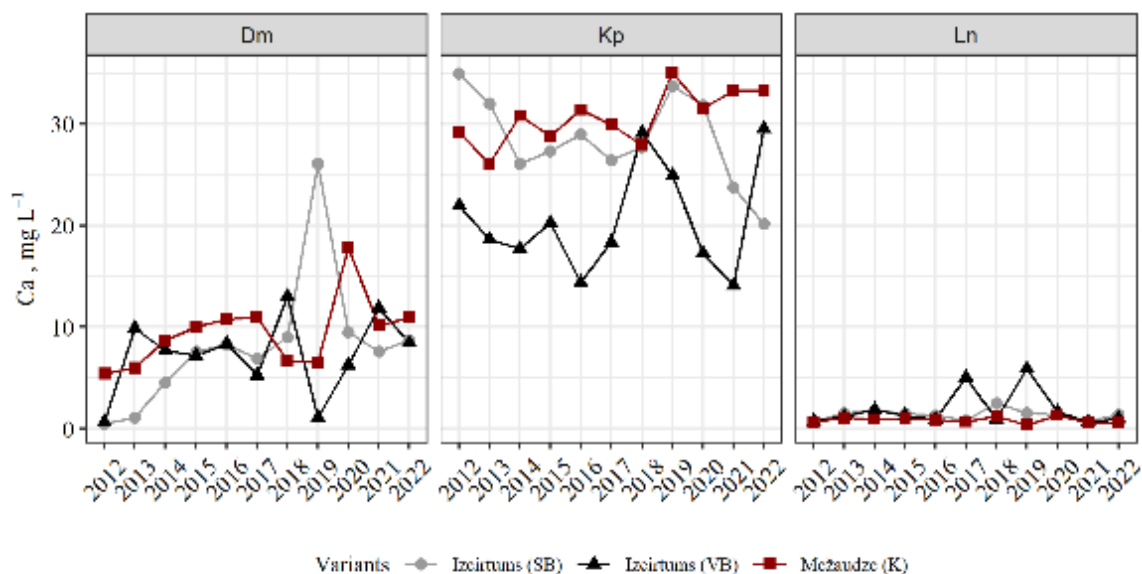
Salīdzinot bāzisko katjonu saturu augsnes ūdenī pirms un pēc mežizstrādes, konstatēts, ka Dm objekta izcirtumos K saturs ir būtiski palielinājies 2014. un 2015. gadā, bet parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta, būtiskas izmaiņas vidējā K saturā augsnes ūdenī pētījuma periodā nav konstatētas. Kp objekta izcirtuma parauglaukumos vērojamas pretējas tendences – ja SB parauglaukumā laika posmā no 2014. līdz 2017. gadam K vidējais saturs ir būtiski mazāks kā 2012.

gadā, tad VB parauglaukumā pēc mežizstrādes veikšanas vērojams K saturs palielinājums, turklāt 2014. gadā vidējais K saturs ir būtiski lielāks kā 2012. gadā. Arī Ln objekta izcirtumos vērojamas pretējas tendences – SB parauglaukumā vērojams vidējās K koncentrācijas pieaugums augsnes ūdenī pēc mežizstrādes veikšanas, turklāt 2014. un 2019. gadā vērojams būtiski lielāks vidējais K saturs, salīdzinot ar 2012. gadu (pirms mežizstrādes veikšanas), bet VB parauglaukumā vērojama vidējās K koncentrācijas samazināšanās augsnes ūdenī pēc mežizstrādes, turklāt 2016. gadā konstatēts būtisks samazinājums, salīdzinot ar 2012. gadu.

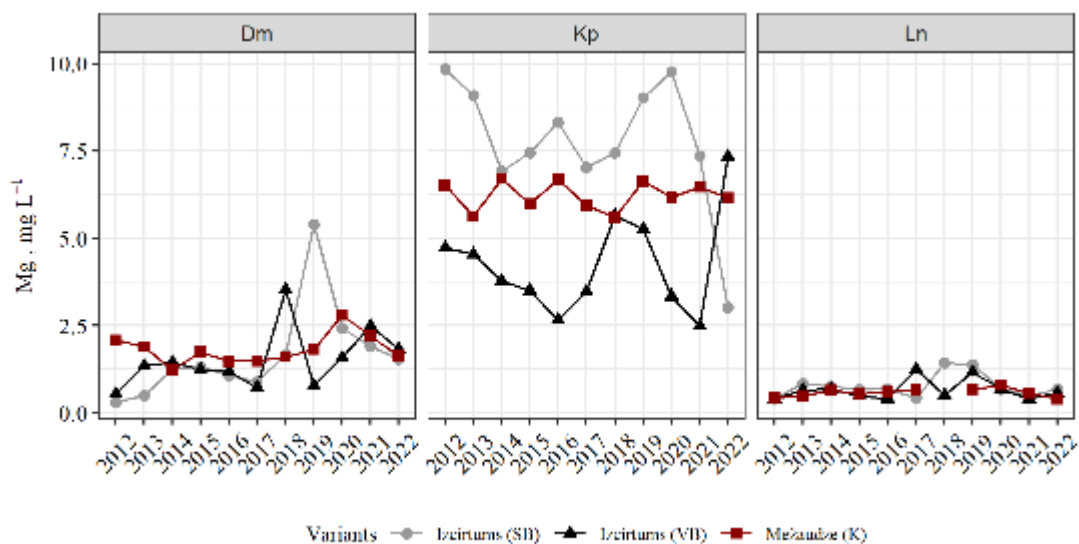
Būtisks Ca un Mg koncentrācijas palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu (2012. gads), konstatēts tikai atsevišķos gadījumos – būtiski lielāks Ca saturs konstatēts Dm objekta SB parauglaukumā 2019. gadā, bet būtiski lielāks Mg saturs konstatēts Dm objekta SB parauglaukumā 2019. gadā un VB parauglaukumā 2018. gadā, kā arī Ln objekta SB parauglaukumā 2018. un 2019. gadā.



2.13. attēls. Kālija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

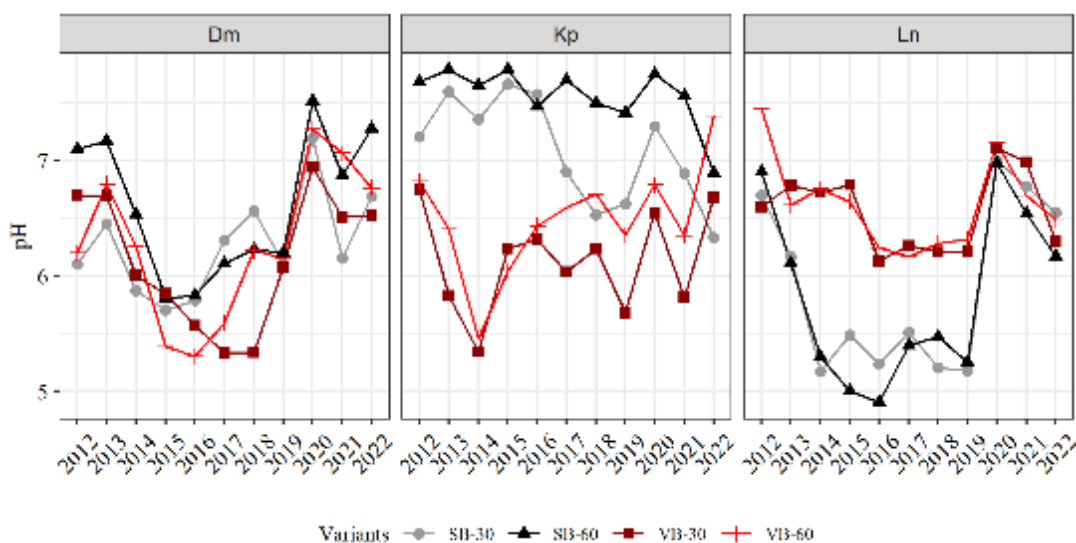


2.14. attēls. Kalcija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos



**2.15. attēls. Magnija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos**

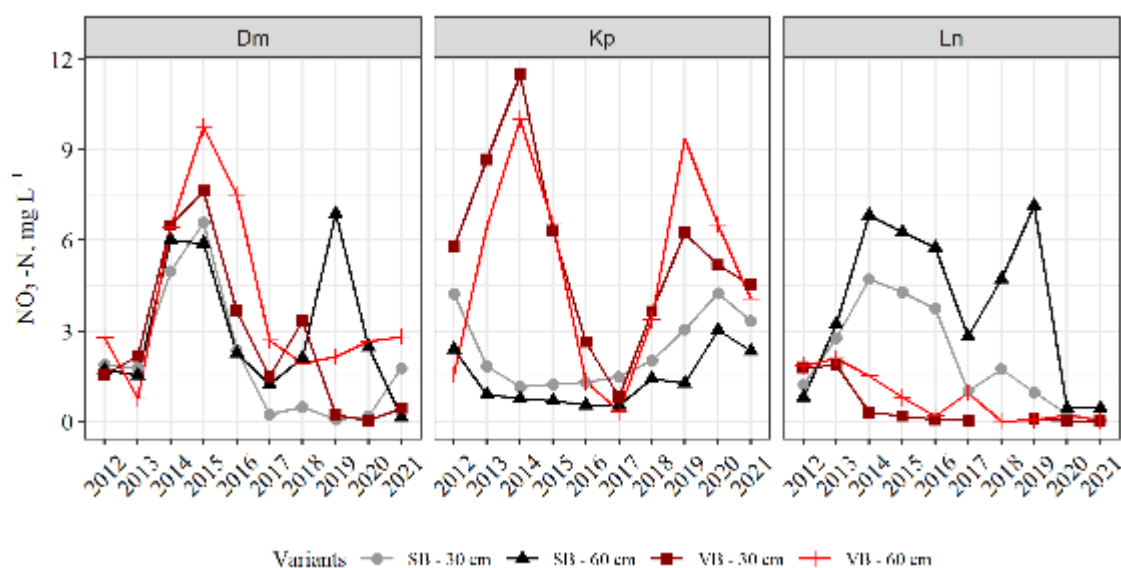
2.16. attēlā atspoguļots augsnes ūdens skābums 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos, kas ierīkoti Dm, Kp un Ln meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes – kailcirte ar visas biomasas izvākšanu (VB) vai kailcirte ar stumbra biomasas izvākšanu (SB). Pētījuma perioda vidējais augsnes ūdens pH svārstās no pH  $4,9 \pm 0,2$  (2016. gads, Ln meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 60 cm dziļums) līdz pH  $7,8 \pm 0,1$  (2013. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 60 cm dziļums). Salīdzinot augsnes ūdens pētījuma perioda vidējo pH starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, bāziskākie augsnes ūdeņi gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā konstatēti Kp meža tipā, kas norāda uz ar karbonātiem bagātu pazemes spiedes ūdeņu pieplūdi pētījuma objektā. Skābākie augsnes ūdeņi konstatēti parauglaukumā Ln meža tipā, kur veikta stumbra biomasas izvākšana. Dm un Ln meža tipā ierīkotos parauglaukumos, kā arī VB parauglaukumā Kp meža tipā vērojama tendence mežizstrādes rezultātā augsnes ūdeņiem paskābināties gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā. Būtiskas augsnes ūdens skābuma atšķirības starp mežizstrādes variantiem konstatētas Kp objektā, kur laika posmā no 2013. līdz 2021.gadam augsnes ūdens bija skābāks parauglaukumā, kur izvākta visa biomasas. Pretēja sakarība konstatēta Ln objektā, kur laika posmā no 2013. līdz 2019.gadam augsnes ūdens bija būtiski skābāks parauglaukumos, kur izvākta stumbru biomasas.



**2.16. attēls. Augsnes ūdens pH pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes**

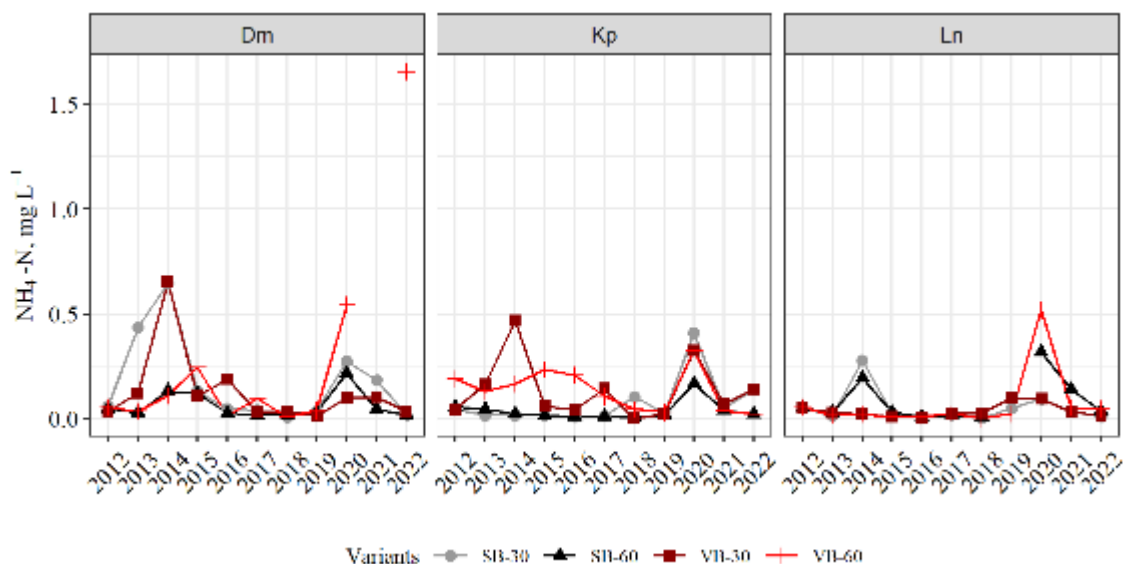
Pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī variē no  $< 0,01 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$  (2021. gads, Ln meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) līdz  $11,5 \pm 2,3 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$  (2014. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) (2.17. attēls). Atsevišķos parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties nitrātu saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas, sasniedzot būtisku koncentrācijas paaugstinājumu. Savukārt ceturtajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas atkal vērojama nitrātu satura augsnes ūdeņos samazināšanās. Vislabāk šī tendence saskatāma parauglaukumos, kas ierīkoti Dm objektā (gan SB, gan VB parauglaukumā), Kp objekta VB parauglaukumā un Ln objekta SB parauglaukumā.

Kopumā visā pētījuma periodā tika konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp mežizstrādes variantiem – Dm un Kp objektā vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī bija augstāks VB parauglaukumā, bet Ln objektā augstāks nitrātu saturs augsnes ūdenī bija SB parauglaukumā ( $p < 0.001$ ).



**2.17. attēls. Nitrātu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Informācija par nitrātu koncentrāciju augsnes ūdens paraugos 2022. gadā tiks pievienota pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.**

Pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī variē no  $< 0,01 \text{ mg NH}_4^+ \text{-N L}^{-1}$  līdz  $1,65 \pm 1,63 \text{ mg NH}_4^+ \text{-N L}^{-1}$  (2022. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā). Atsevišķos parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties amonija jonu saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas (2.18. attēls). Vairākos parauglaukumos ievērojams amonija jonu koncentrācijas palielinājums konstatēts 2020. gadā, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, taču šajā tendencē netika konstatētas kādas konkrētas likumsakarības. Būtiskas atšķirības starp augsnes ūdens vidējo amonija jonu saturu parauglaukumā, kur izvākta stumbra biomasu un visa virszemes biomasu, konstatētas tikai Kp objektā (2013.-2020. gads), lielāks amonija jonu saturs augsnes ūdenī konstatēts VB parauglaukumā.

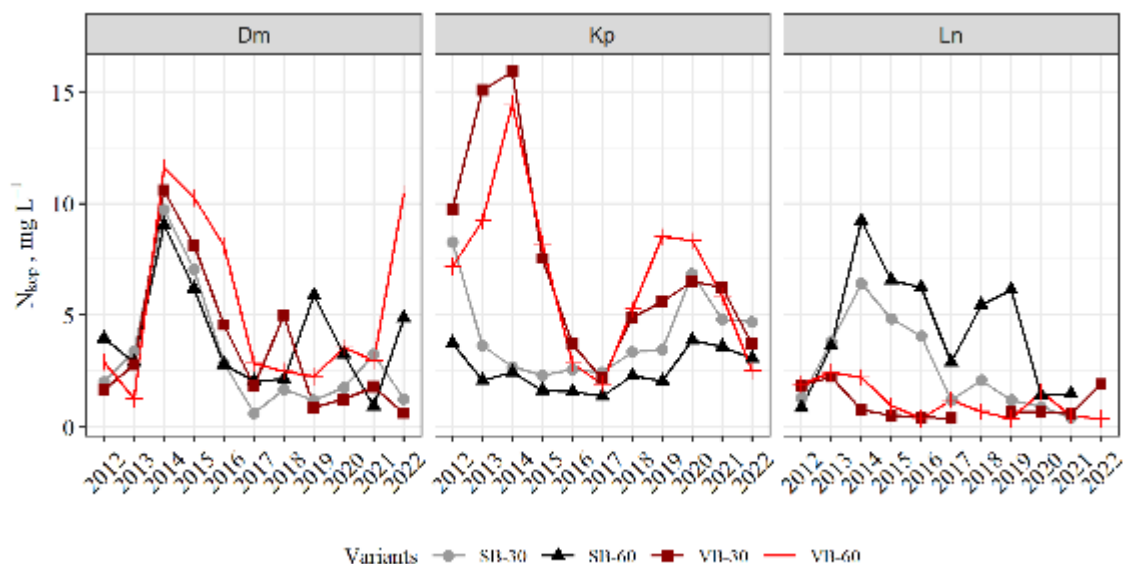


## 2.18. attēls. Amonija jonu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

2.19. attēlā atspoguļots vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī variē no  $0,37 \pm 0,07 \text{ mg N L}^{-1}$  (2019. gads, Ln meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā) līdz  $15,9 \pm 2,4 \text{ mg N L}^{-1}$  (2014. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā). Jāatzīmē, ka informācija par kopējā slāpekļa koncentrāciju augsnes ūdens paraugos 2022. gadā tiks precizēta pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas. Galvenokārt parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties kopējā slāpekļa saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas, sasniedzot būtisku palielinājumu, savukārt, sākot no ceturta gada pēc mežizstrādes veikšanas, atkal vērojama kopējā slāpekļa satura augsnes ūdeņos samazināšanās. Šāda tendence nav saskatāma SB parauglaukumā, kas ierīkots Kp meža tipā, kur vērojama pazemes spiedes ūdeņu pieplūde, un VB parauglaukumā, kas ierīkots Ln meža tipā.

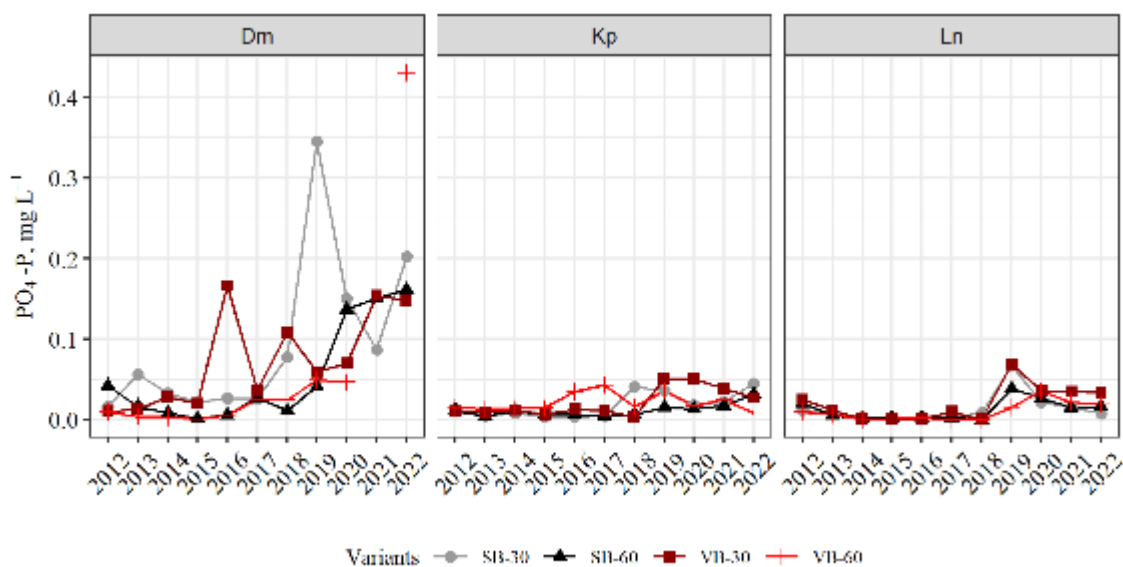
Pētījuma periodā kopumā būtiskas augsnes ūdens kopējā slāpekļa vidējās koncentrācijas atšķirības starp VB un SB parauglaukumu konstatētas visos objektos – Dm un Kp objektā būtiski augstāks kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī konstatēts VB parauglaukumā, bet Ln objektā statistiski būtiski augstāks kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī konstatēts SB parauglaukumā.





**2.19. attēls. Kopējais slāpekļa saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Informācija par kopējā slāpekļa koncentrāciju augsnes ūdens paraugos 2022. gadā tiks precizēta pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.**

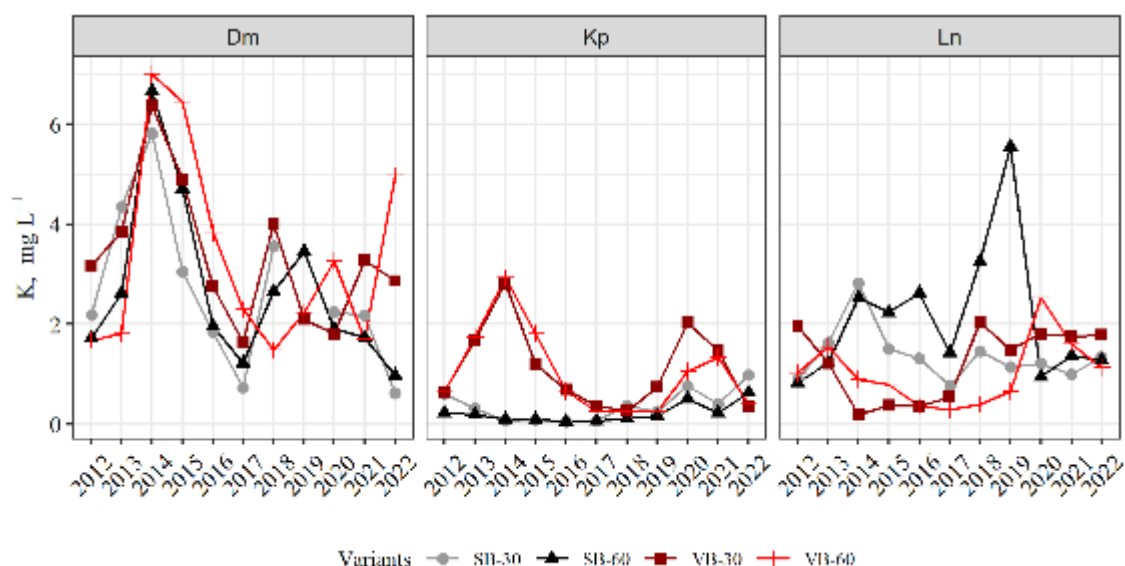
2.20. attēlā atspoguļots vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī variē līdz  $0,43 \pm 0,29$  mg  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$  (2022. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta visas biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā). Pētījuma ietvaros nav novērota būtiska mežizstrādes vai mežizstrādes paņēmiena (intensitātes) ietekme uz fosfātjonu saturu augsnes ūdenī. Vienīgā būtiskā fosfātjonu satura augsnes ūdenī atšķirība starp izcirtumiem konstatēta Kp objektā 60 cm dziļumā, augstāks fosfātu saturs bijis VB parauglaukumā. 2018.-2022. gadā atsevišķos parauglaukumos tika konstatēta fosfātjonu satura augsnes ūdenī palielināšanās, turklāt 2019., 2020. un 2022. gadā vairākos parauglaukumos novērotas pētījuma perioda lielākās vidējās fosfātjonu satura vērtības augsnes ūdenī, kas, līdzīgi kā slāpekļa savienojumu gadījumā, varētu norādīt uz pastiprinātu elementu atbrīvošanos, sadaloties organiskajai vielai.



**2.20. attēls. Fosfātjonu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes**

Pētījuma perioda (2012.-2022. gads) vidējais kālija saturs augsnes ūdenī variē salīdzinoši plašā amplitūdā no  $0,06 \pm 0,01 \text{ mg K L}^{-1}$  (2016. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stubra biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) līdz  $7,01 \pm 1,09 \text{ mg K L}^{-1}$  (2014. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta visas biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā) (2.21. attēls). Salīdzinot pētījuma perioda vidējo K saturu augsnes ūdeņos starp parauglaukumiem (izcirtumiem), kas ierīkoti dažādos meža tipos, būtiski lielāks K saturs augsnes ūdeņos konstatēts Dm meža tipā. Vismazākais K saturs augsnes ūdeņos konstatēts SB parauglaukumā, kas ierīkots Kp meža tipā, kur vērojama pazemes spiedes ūdeņu pieplūde. Galvenokārt parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties kālija saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas, savukārt ceturtajā un piektajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas atkal vērojama kālija satura augsnes ūdeņos samazināšanās. Šāda tendence nav saskatāma SB parauglaukumā, kas ierīkots Kp meža tipā, un VB parauglaukumā, kas ierīkots Ln meža tipā.

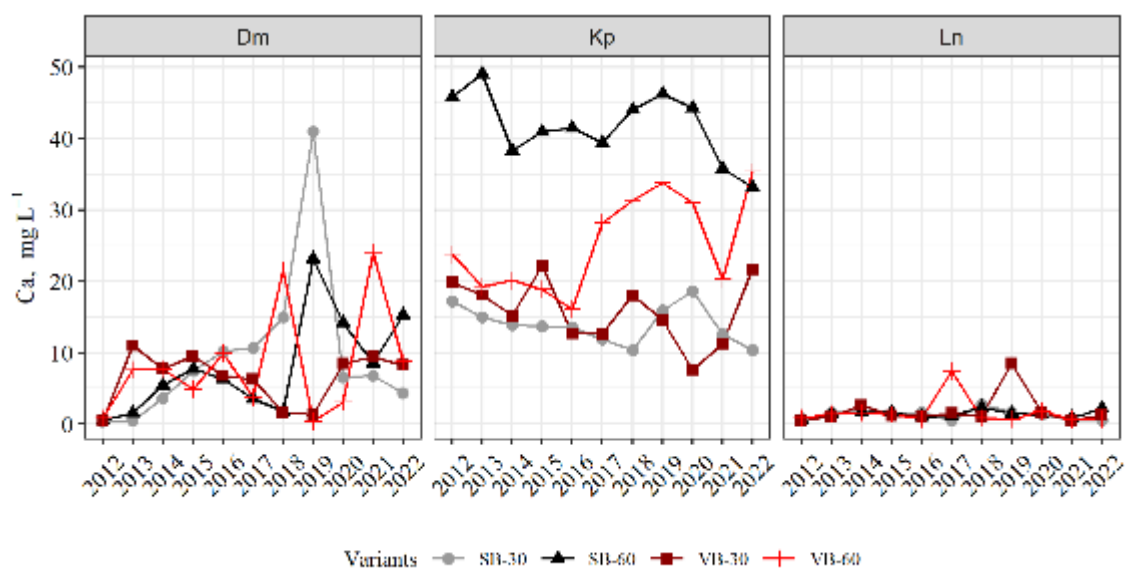
Pētījuma periodā kopumā būtiskas augsnes ūdens kālija vidējās koncentrācijas atšķirības starp VB un SB parauglaukumu konstatētas Kp un Ln objektos – Kp objektā būtiski augstāks kālija saturs augsnes ūdenī konstatēts VB parauglaukumā, bet Ln objektā statistiski būtiski augstāks kālija saturs augsnes ūdenī konstatēts SB parauglaukumā.



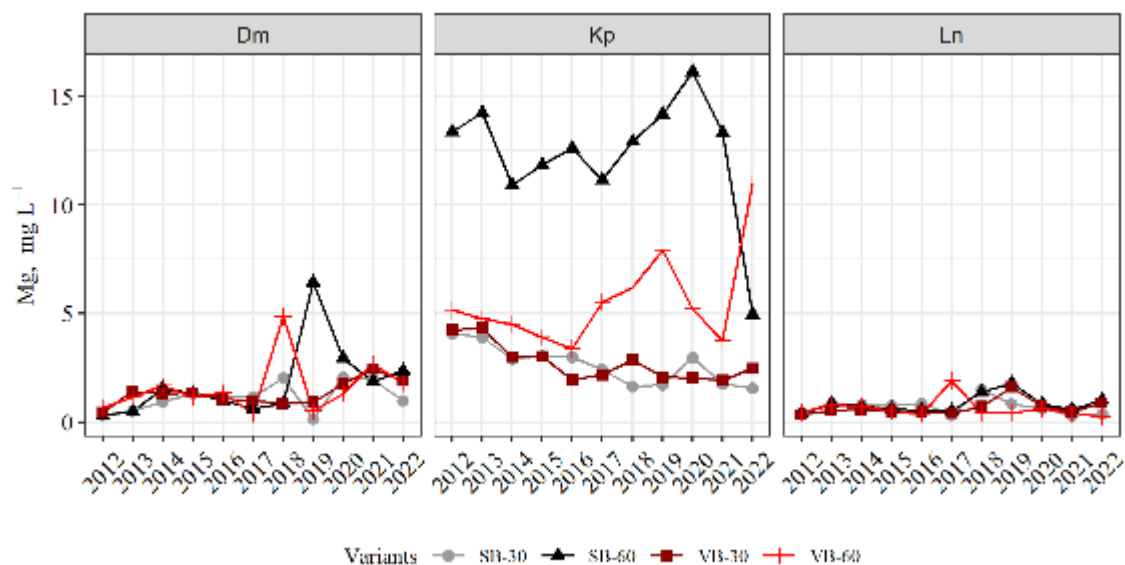
## 2.21. attēls. Kālija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

2.22. un 2.23. attēlā parādīts vidējais Ca un Mg saturs augsnes ūdenī 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes (2012.-2022. gads). Pētījuma perioda vidējais kalcija saturs augsnes ūdenī variē no  $0,36 \pm 0,04 \text{ mg Ca L}^{-1}$  (2012. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta stubra biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) līdz  $49,1 \pm 2,8 \text{ mg Ca L}^{-1}$  (2013. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stubra biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā), bet vidējais Mg saturs augsnes ūdenī variē no  $0,15 \text{ mg Mg L}^{-1}$  (2019. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta stubra biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) līdz  $16,1 \pm 1,0 \text{ mg Mg L}^{-1}$  (2020. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stubra biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā). Salīdzinot pētījuma perioda vidējo Ca un Mg saturu augsnes ūdeņos starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, būtiski lielāks Ca un Mg saturs augsnes ūdeņos 60 cm dziļumā konstatēts Kp meža tipā, kur vērojama pazemes spiedes ūdeņu pieplūde. Vismazākais Ca un Mg saturs augsnes ūdeņos konstatēts parauglaukumos, kas ierīkoti Ln meža tipā.

Dm objektā netika konstatētas būtiskas kalcija vai magnija satura atšķirības augsnes ūdenī izcirtumā, kur izvēkta stumbru biomasa, un izcirtumā, kur izvēkta visa biomasa. Savukārt Kp objektā 60 cm dziļumā parauglaukumā, kur izvēkta stumbru biomasa, bija būtiski augstāks kalcija un magnija saturs augsnes ūdenī, salīdzinot ar otru izcirtumu, bet, jāņem vērā, ka minētās atšķirības novērotas arī 2012. gadā (retrospekcijas periodā).

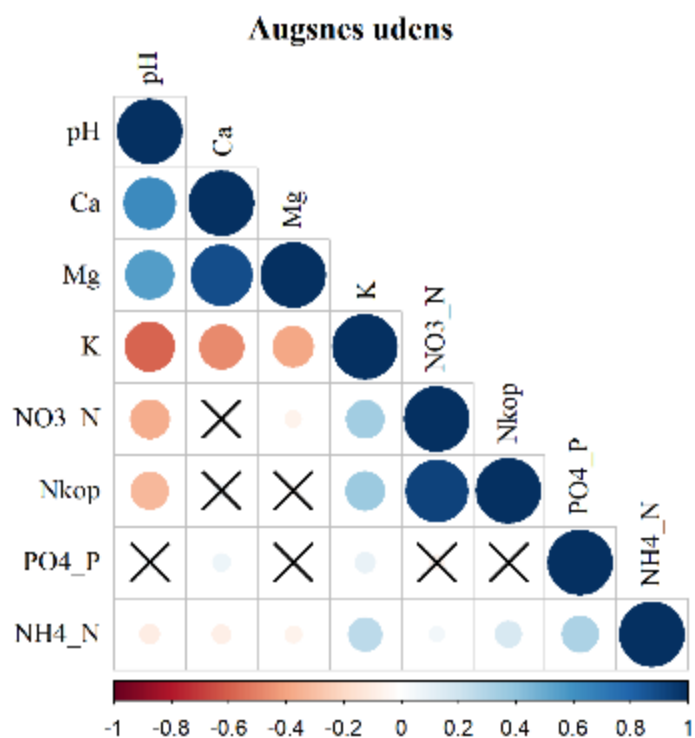


2.22. attēls. Kalcija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes



2.23. attēls. Magnija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

Augsnes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012.-2022. gada pētījumu periodam parādīta 2.24. attēlā. Būtiskas pozitīvas korelācijas ( $r > 0,50$ ,  $p < 0,05$ ) konstatētas starp augsnes ūdens pH un Ca un Mg saturu augsnes ūdenī ( $r = 0,64$  un  $r = 0,55$ , attiecīgi), kā arī starp nitrātu un kopējā slāpekļa saturu augsnes ūdenī ( $r = 0,92$ ) un starp kalcija un magnija saturu augsnes ūdenī ( $r = 0,88$ ). Būtiska negatīva korelācija konstatēta tikai starp augsnes ūdens pH un K saturu augsnes ūdenī ( $r = -0,59$ ).

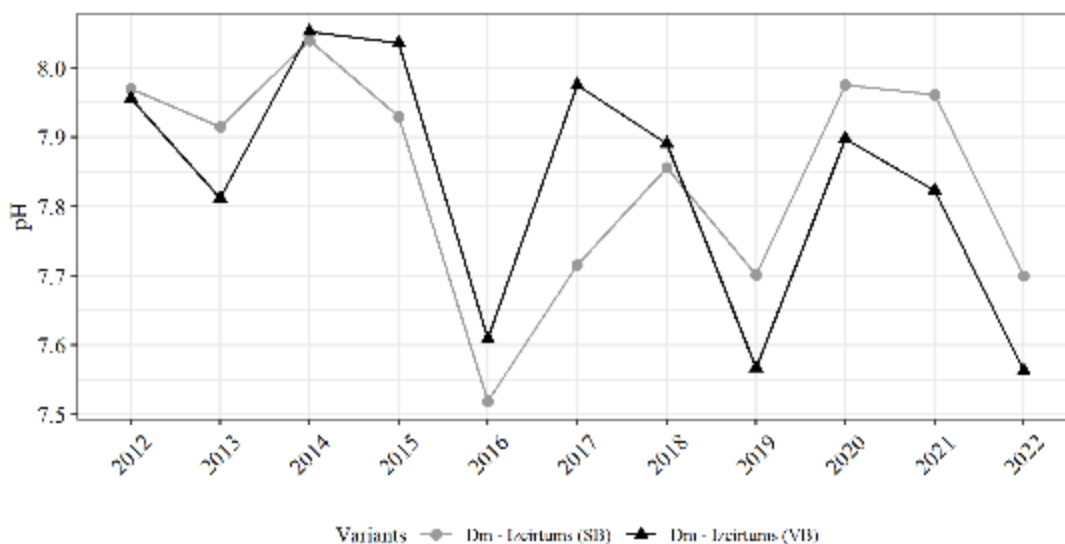


**2.24. attēls. Augsnes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012. – 2022. gada pētījumu periodā. Pozitīvas sakarības jeb korelācijas parādītas zilā krāsā, negatīvas - sarkanā krāsā. Krāsu intensitāte un apļa izmērs ir proporcionāls korelācijas ciešumam. Attēla apakšā leģendas krāsa parāda attiecīgā korelācijas koeficienta vērtību. Korelācijas, kurām  $p > 0,05$ , tiek uzskatītas par nenozīmīgām (attiecīgā šūna ir X).**

#### Barības vielu koncentrācija gruntsūdenī

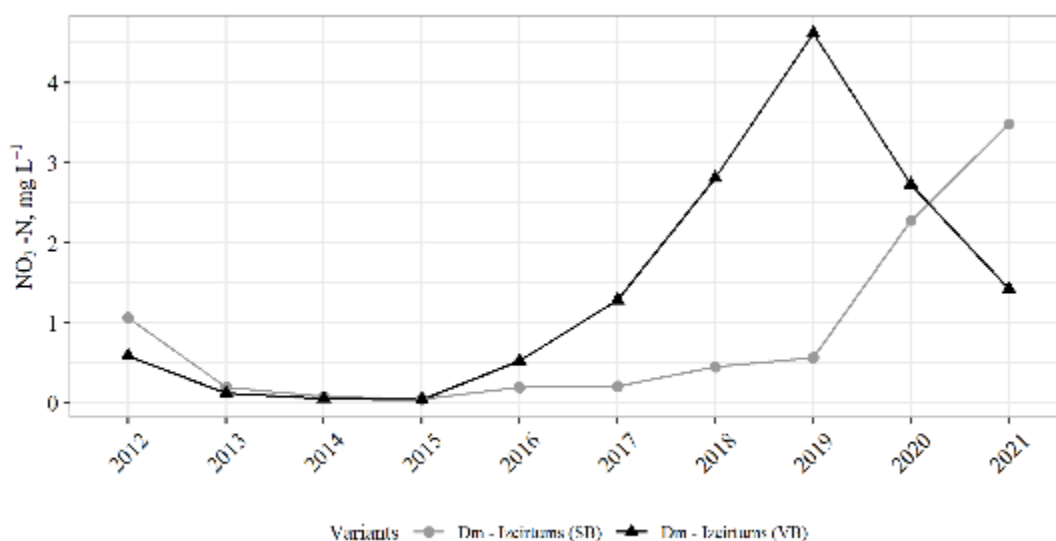
2.25.-2.32. attēlā atspoguļots gruntsūdens ķīmiskais sastāvs Dm pētījuma objekta SB un VB parauglaukumos. 2.25. attēlā parādīts gruntsūdens pH Dm pētījuma objektā, izcirtumos ar dažādu mežizstrādes intensitāti. Pētījuma ietvaros gruntsūdens ķīmiskais sastāvs pētīts atsevišķi parauglaukumā, kur veikta tikai stumbra biomasas izvākšana, un parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana.

Gruntsūdeņu vidējais pH desmit gadus ilga pētījuma periodā ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā nesvārstās vairāk par 0.5 pH vienībām. Gan parauglaukumā, kur veikta tikai stumbra biomasas izvākšana, gan parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, neliela gruntsūdeņu paskābināšanās novērota 2016., 2019. un 2022. gadā, bet statistiski būtisks vidējās pH vērtības samazinājums netika novērots.



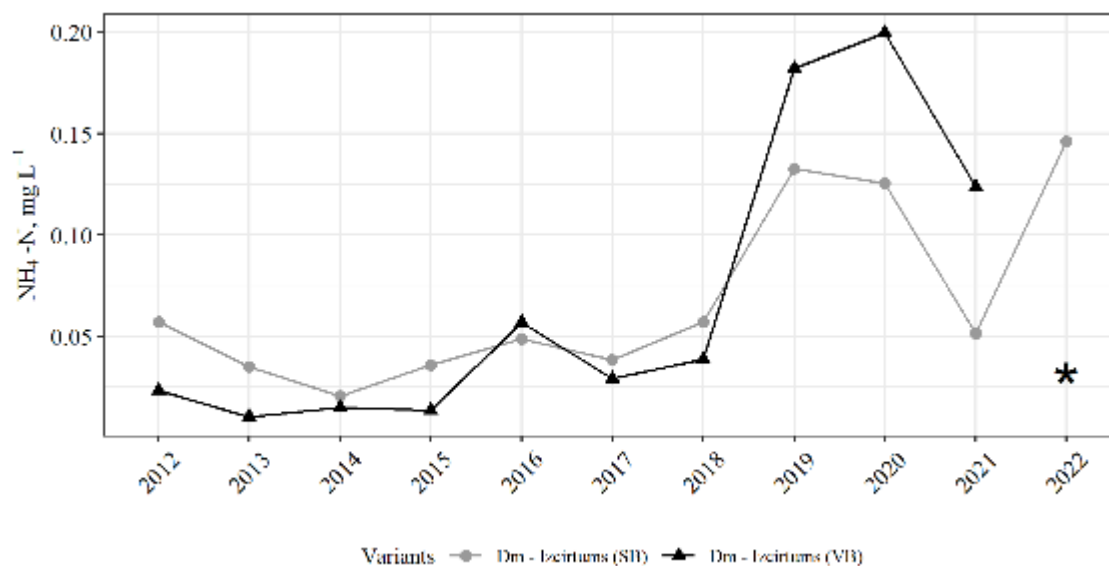
**2.25. attēls. Gruntsūdeņu pH Dm pētījuma objektā**

2.26. attēlā parādīts nitrātu, kas ir galvenā slāpekli saturošā neorganiskā savienojumu forma, saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Nitrātu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variēja līdz  $5,28 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ , bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedza  $4,62 \pm 0,24 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ . ES Nitrātu direktīvā (1991) noteiktā nitrātu saturs robežvērtība ( $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$  vai tam ekvivalents  $11,3 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ ) pētījumu periodā nav pārsniegta. Augstākais vidējais nitrātu saturs gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta tikai stubbra biomasas izvākšana, konstatēts 2021. gadā – devītais gads pēc mežizstrādes veikšanas. Parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, augstākais nitrātu saturs konstatēts 2019. gadā (septītais gads pēc mežizstrādes veikšanas). Kopš 2016. gada gan parauglaukumā, kur veikta tikai stubbra biomasas izvākšana, gan parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, vērojama pakāpeniska nitrātu saturs palielināšanās gruntsūdeņos. Turklāt laika posmā no 2017. līdz 2019. gadam parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, konstatēts būtiski lielāks nitrātu saturs gruntsūdeņos, salīdzinot ar parauglaukumu, kur veikta tikai stubbra biomasas izvākšana. Informācija par nitrātu saturu gruntsūdeņos 2022. gadā tiks pievienota pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.



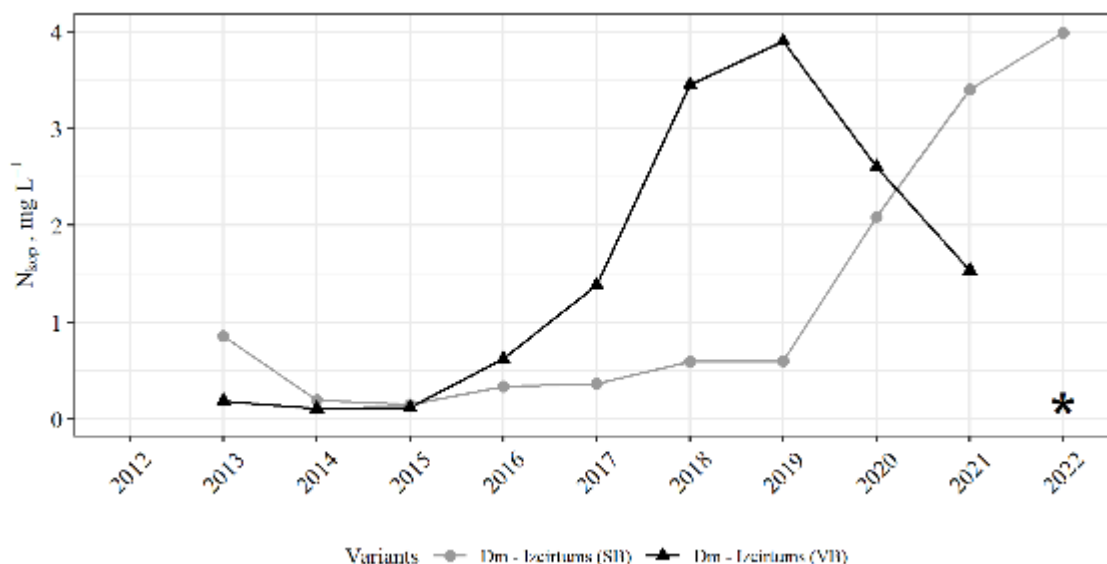
**2.26.attēls. Nitrātu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā. Informācija par nitrātu saturu gruntsūdeņos 2022. gadā tiks pievienota pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.**

2.27. attēlā atspoguļots amonija jonu saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variē līdz  $0,85 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$ , bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz  $0,20 \pm 0,13 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$ . Parauglaukumā, kur izvēkta stumbru biomasa, amonija saturs gruntsūdenī līdz 2014. gadam samazinājies, bet 2018. gadā atkal sasniegta un 2019. – 2022. gadā ievērojami pārsniegta 2012. gada vidējā vērtība. Līdzīgi kā SB parauglaukumā, arī VB parauglaukumā 2019. un 2020. gadā sasniegtas maksimālās pētījuma perioda vidējās amonija jonu koncentrācijas gruntsūdeņos. VB parauglaukumā amonija jonu saturs gruntsūdeņos 2022. gadā attēlā nav atspoguļots, jo gruntsūdens akā konstatēts antropogēns piesārņojums, kas ietekmējis ūdens paraugu analīžu rezultātus (slāpekļa savienojumu saturu).



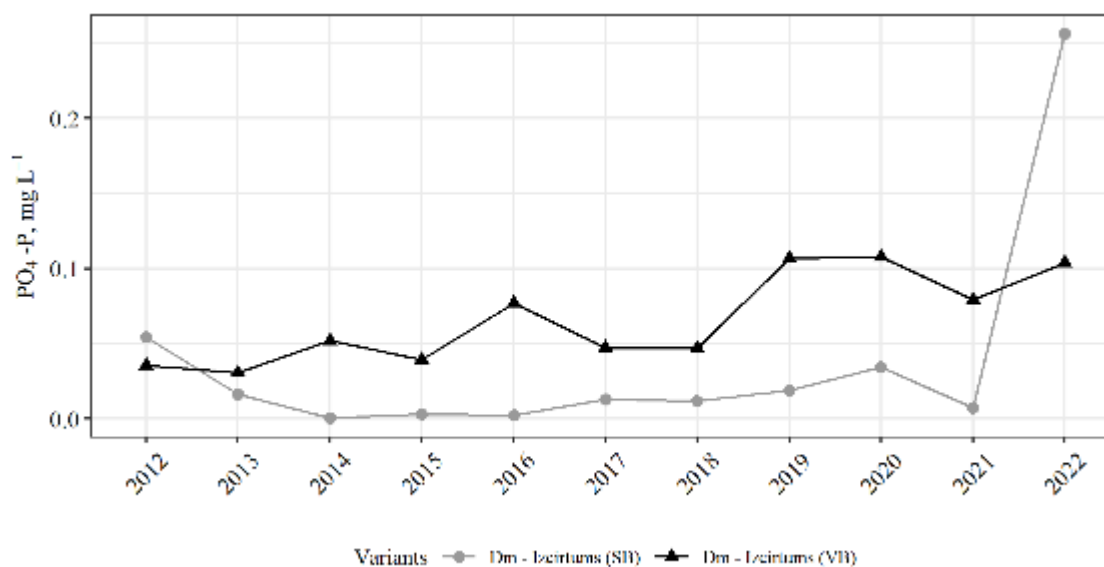
**2.27.attēls. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā. \* Amonija jonu saturs nav atspoguļots, jo gruntsūdens akā konstatēts antropogēns piesārņojums, kas ietekmējis ūdens paraugu analīžu rezultātus.**

2.28.attēlā atspoguļots kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variē no  $0,04 \text{ mg N L}^{-1}$  līdz  $6,03 \text{ mg N L}^{-1}$ . 2013. gadā (pirmais gads pēc mežizstrādes veikšanas) un 2021. Gadā būtiski lielāks kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos konstatēts SB parauglaukumā, bet 2016. - 2020. gadā ievērojami lielāks kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos konstatēts VB parauglaukumā. VB parauglaukumā kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos 2022. gadā attēlā nav atspoguļots, jo gruntsūdens akā konstatēts antropogēns piesārņojums, kas ietekmējis ūdens paraugu analīžu rezultātus (slāpekļa savienojumu saturu).



**2.28.attēls. Kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā. \* Kopējā slāpekļa saturs nav atspoguļots, jo gruntsūdens akā konstatēts antropogēns piesārņojums, kas ietekmējis ūdens paraugu analīžu rezultātus.**

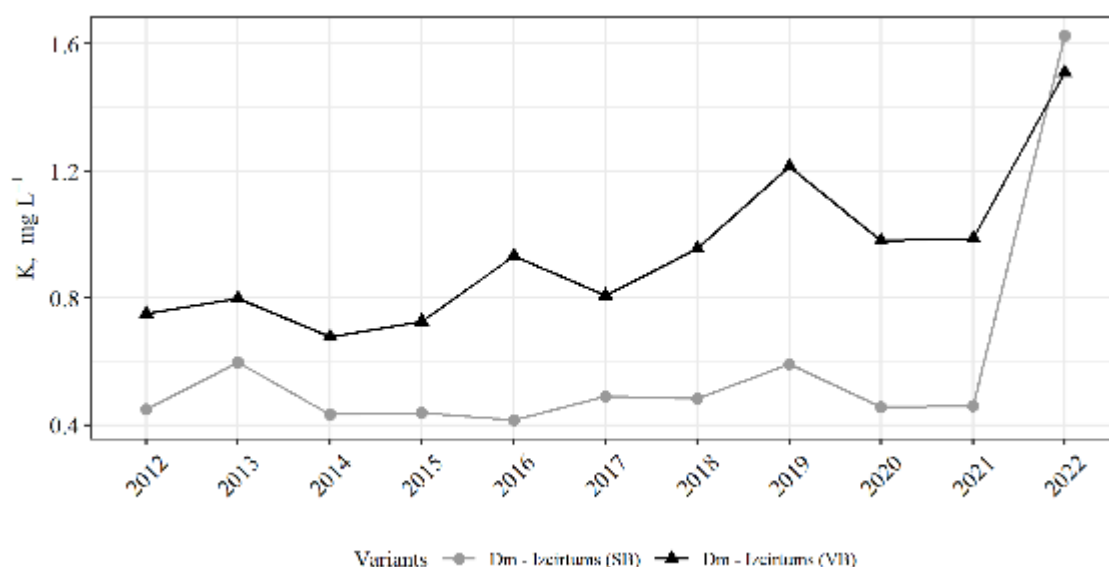
2.29. attēlā parādīts fosfātu saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Laika posmā no 2012. līdz 2021 gadam, fosfātu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variē līdz  $0,29 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ , bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz  $0,11 \pm 0,03 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ . 2022. gadā SB parauglaukumā konstatēta salīdzinoši visaugstākā vidējā fosfātu satura vērtība gruntsūdens paraugos ( $0,26 \pm 0,07 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ ), kas iespējams skaidrojama ar pieaugošu fosfātu satura tendenci, bet nav izslēdzama arī antropogēna piesārņojuma ietekme. Kopš 2013. gada (izņemot 2022. gadu) ievērojami lielāks vidējais fosfātu saturs konstatēts VB parauglaukumā, salīdzinot ar SB parauglaukumu. Izvērtējot vidējo fosfātu saturu gruntsūdenī laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam, ievērojams vidējā fosfātu satura palielinājums konstatēts VB parauglaukumā 2016., 2019. – 2021. gadā. 2019. un 2020. gadā SB parauglaukumā novērotās vidējās fosfātu koncentrācijas gruntsūdenī pārsniedz vidējās koncentrācijas, kas konstatētas laika posmā no 2013. līdz 2018. gadam, bet VB parauglaukumā 2019. un 2020. gadā konstatētas pētījuma perioda maksimālās vidējās fosfātu koncentrācijas gruntsūdenī.



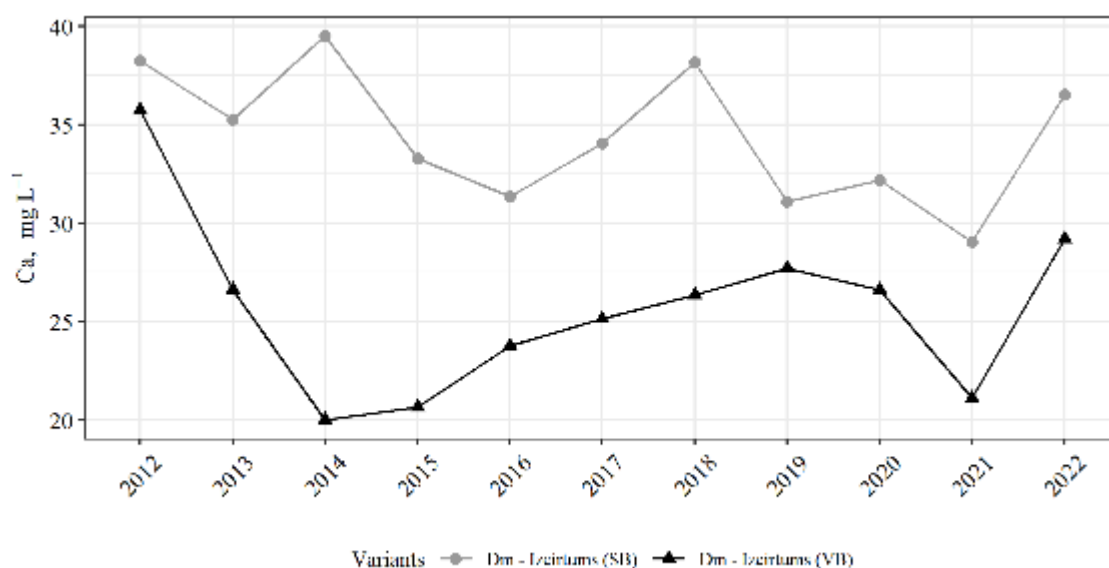
**2.29. attēls. Fosfātu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā**

Laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam kālija saturs gruntsūdeņos pētījuma objektos variē no 0,26 mg K L<sup>-1</sup> līdz 2,78 mg K L<sup>-1</sup>, bet pētījuma perioda vidējais kālija saturs nepārsniedz 1,63 ± 0,40 mg K L<sup>-1</sup> (2.30. attēls). Kalcija saturs gruntsūdeņos pētījuma objektos variē no 14,8 mg Ca L<sup>-1</sup> līdz 59.1 mg Ca L<sup>-1</sup>, bet pētījuma perioda vidējais kalcija saturs nepārsniedz 39,5 ± 0,7 mg Ca L<sup>-1</sup> (2.31.attēls). Savukārt laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam magnija saturs gruntsūdeņos pētījuma objektos variē no 0,56 mg Mg L<sup>-1</sup> līdz 12,0 mg Mg L<sup>-1</sup>, bet pētījuma perioda vidējais magnija saturs nepārsniedz 9,16 ± 0,14 mg Mg L<sup>-1</sup> (2.32.attēls). Līdzīgi kā virsūdeņos, arī gruntsūdeņos bāzisko katjonu saturs samazinās sekojošā secībā: Ca<sup>2+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup>.

VB parauglaukumā gruntsūdeņos visus desmit gadus pēc mežizstrādes (2013.-2022. gads) konstatēta būtiski mazāka kalcija koncentrācija, salīdzinot ar 2012. gadu. Tāpat VB parauglaukuma gruntsūdeņos laika posmā no 2013. līdz 2022. gadam konstatēta būtiski mazāka magnija koncentrācija, salīdzinot ar 2012. gadu. Visos pētījuma gados pēc mežizstrādes novērotas arī būtiskas bāzisko katjonu koncentrācijas atšķirības starp abiem šī objekta parauglaukumiem. Kālija saturs augstāks bijis VB parauglaukumā (izņemot 2022. gadu), bet kalcija un magnija saturs – SB parauglaukumā.

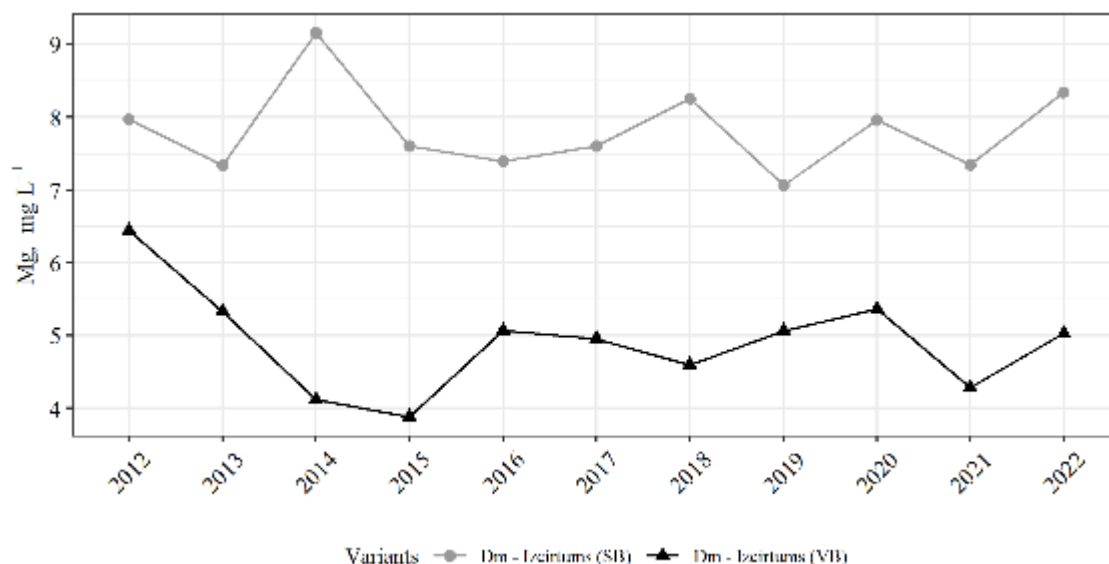


2.30. attēls. Kālija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā



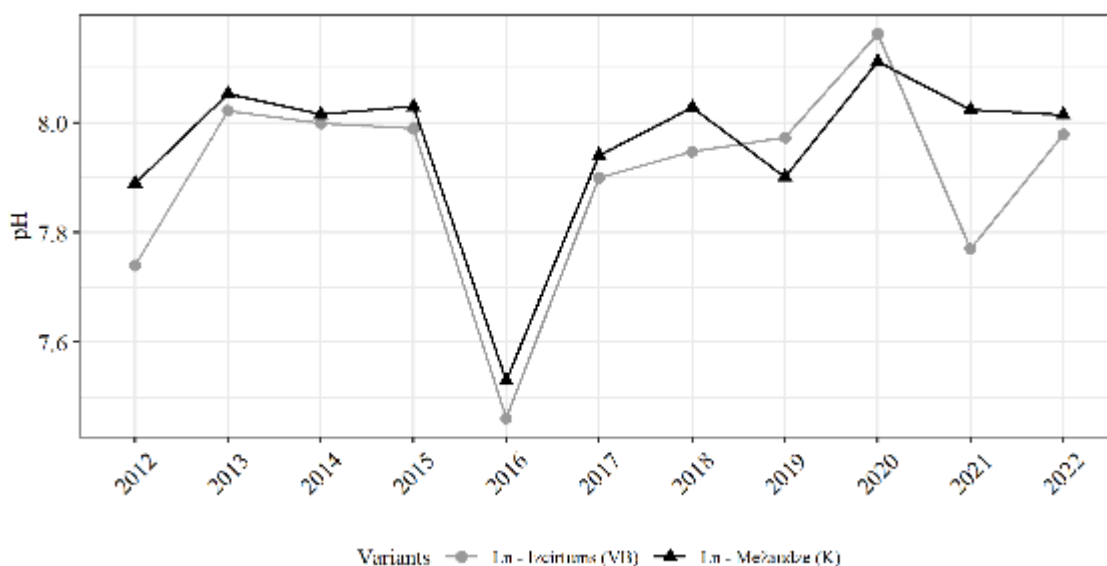
2.31. attēls. Kalcija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā





### 2.32. attēls. Magnija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

2.33. attēlā parādīts gruntsūdens pH pētījuma objektā, kas ierīkots Ln meža tipā. Pētījuma ietvaros gruntsūdens ķīmiskais sastāvs pētīts atsevišķi parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, un kontroles parauglaukumā. Līdzīgi kā liecina gruntsūdeņu pētījumu rezultāti objektā Dm, arī objektā Ln gruntsūdeņu pH vienpadsmit gadus ilga pētījuma periodā ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā nesvārstās vairāk par 0,7 pH vienībām. Gan parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, gan kontroles parauglaukumā neliela gruntsūdeņu paskābināšanās novērota 2016. gadā, taču tā nav būtiska.

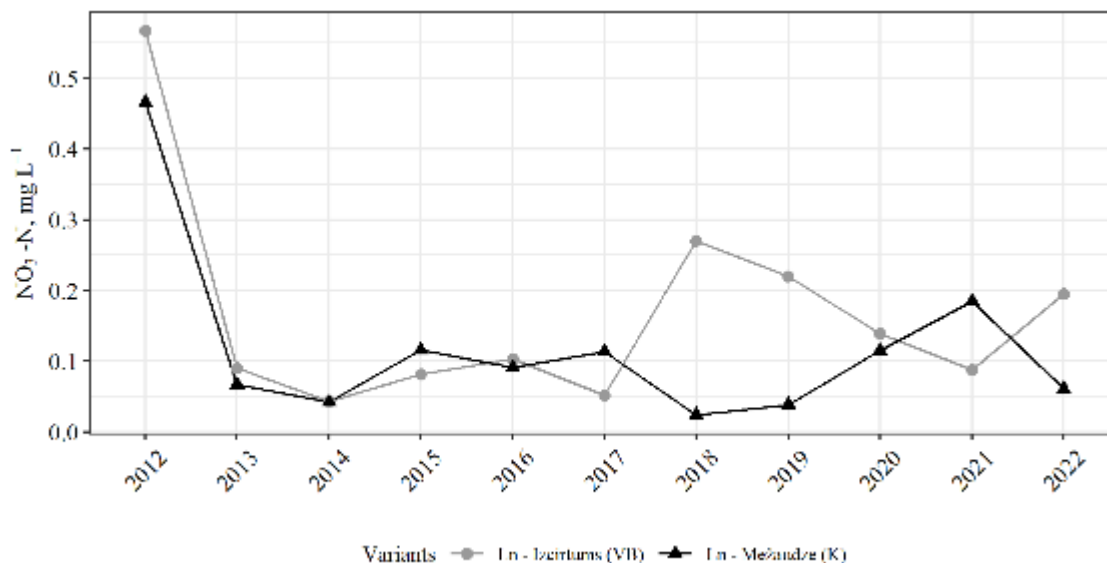


### 2.33. attēls. Gruntsūdeņu pH Ln pētījuma objektā

Pētījuma periodā nitrātu saturs gruntsūdeņos variē līdz 0,95 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N L<sup>-1</sup>, bet pētījuma perioda vidējais nitrātu saturs nepārsniedz 0,57 ± 0,10 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N L<sup>-1</sup> (2.34. attēls). ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība (50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> vai tam ekvivalents 11.3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N L<sup>-1</sup>) pētījumu periodā nav pārsniegta.

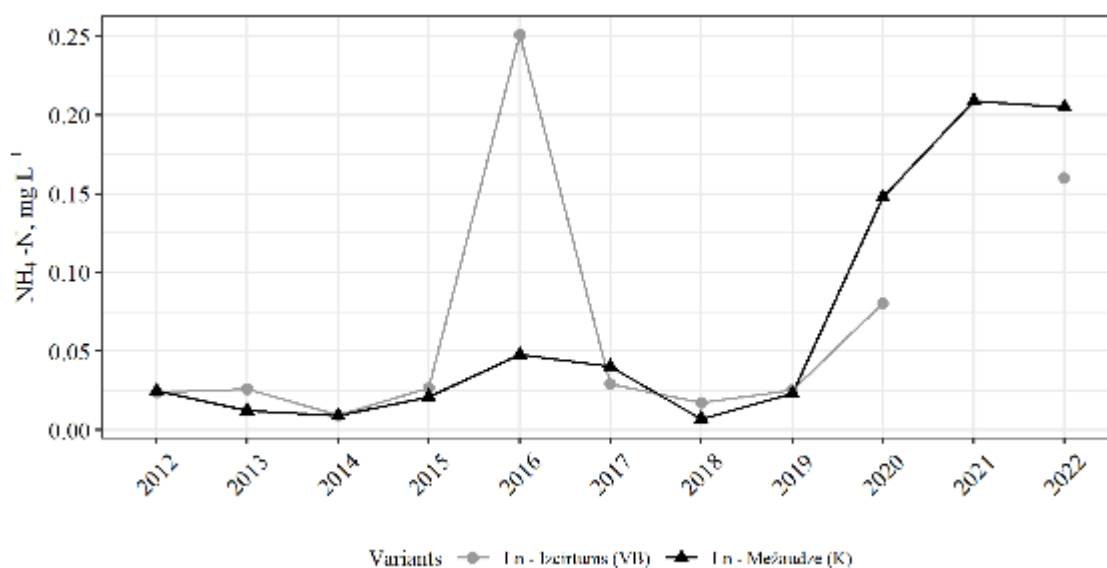
Augstākais nitrātu saturs gruntsūdeņos gan parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, gan kontroles parauglaukumā, konstatēts 2012. gadā. Turklāt salīdzinot nākamo gadu (2013. – 2017. gads) koncentrācijas ar 2012. gada koncentrācijām, abos parauglaukumos vērojams būtisks samazinājums. 2018. un 2019. gadā parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izstrāde, vērojams

nitrātu satura gruntsūdenī palielinājums (2019. gadā konstatēta statistiski būtiska atšķirība starp VB un kontroles parauglaukumiem), kas teorētiski varētu būt saistīts ar mežizstrādes ietekmi. Nitrātu satura vērtības gruntsūdeņos 2022. gadā tiks precizētas pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.



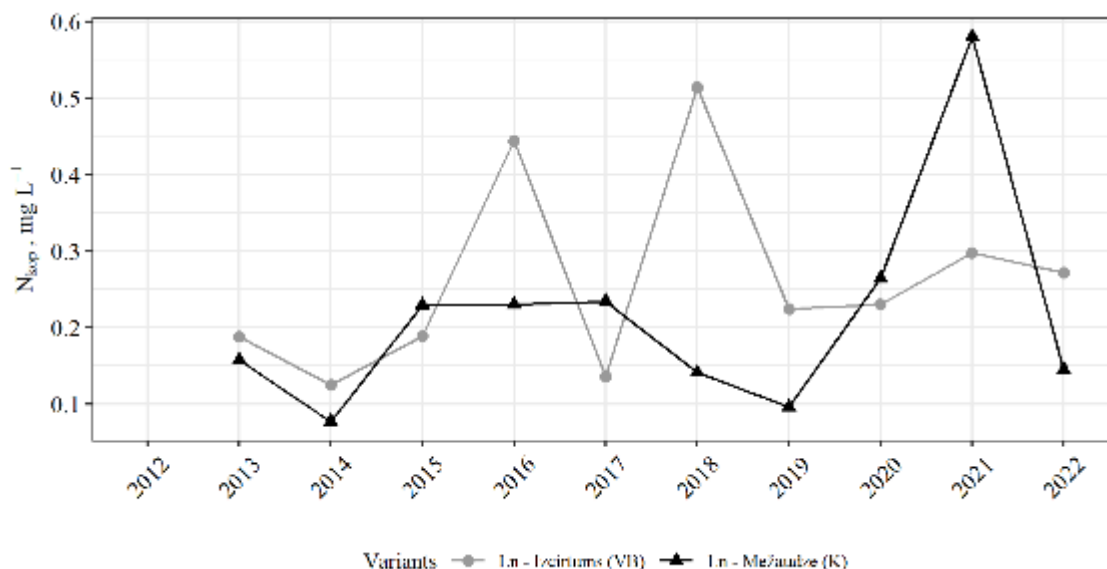
**2.34. attēls. Nitrātu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā. Nitrātu satura vērtības gruntsūdeņos 2022. gadā tiks precizētas pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.**

Pētījuma periodā amonija jonu saturs gruntsūdeņos Ln objektā variē līdz 1,35 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N L<sup>-1</sup>, bet pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs nepārsniedz 0,25 ± 0,18 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N L<sup>-1</sup> (2.35. attēls). Augstākais amonija jonu saturs gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, konstatēts 2016. gadā, kas teorētiski varētu norādīt uz mežizstrādes ietekmi, taču tas nav viennozīmīgi, jo amonija jonu satura mērījumu rezultāti VB parauglaukumā uzrāda lielu izkliedi un 2016. gadā amonija jonu saturs nedaudz palielinājies arī kontroles parauglaukuma gruntsūdeņos. Kopš 2020. gada amonija jonu vidējais saturs gruntsūdenī palielinājies abos parauglaukumos, salīdzinot ar laika posmu no 2012. līdz 2019. gadam (izņemot VB parauglaukumu 2016. gadā).



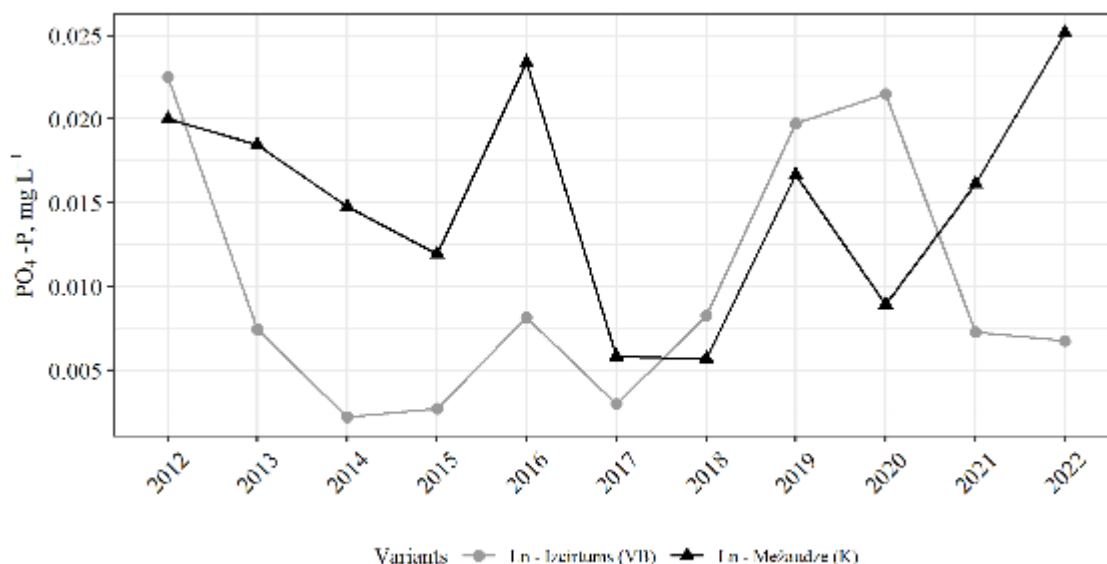
**2.35. attēls. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā**

Pētījuma periodā kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos Ln objektā variē no 0,02 mg N L<sup>-1</sup> līdz 1,52 mg N L<sup>-1</sup> (2.36. attēls), bet pētījuma perioda vidējais kopējā slāpekļa saturs nepārsniedz 0,58 ± 0,15 mg N L<sup>-1</sup>. Augstākais kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, konstatēts 2018. gadā, bet kontroles parauglaukumā – 2021. gadā. Kopējā slāpekļa koncentrācijas palielināšanās VB parauglaukuma gruntsūdenī atsevišķos pētījuma periodos teorētiski varētu norādīt uz mežizstrādes ietekmi un minerālvielu atbrīvošanos, sadaloties organiskajai vielai.



### 2.36. attēls. Kopējais slāpekļa saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

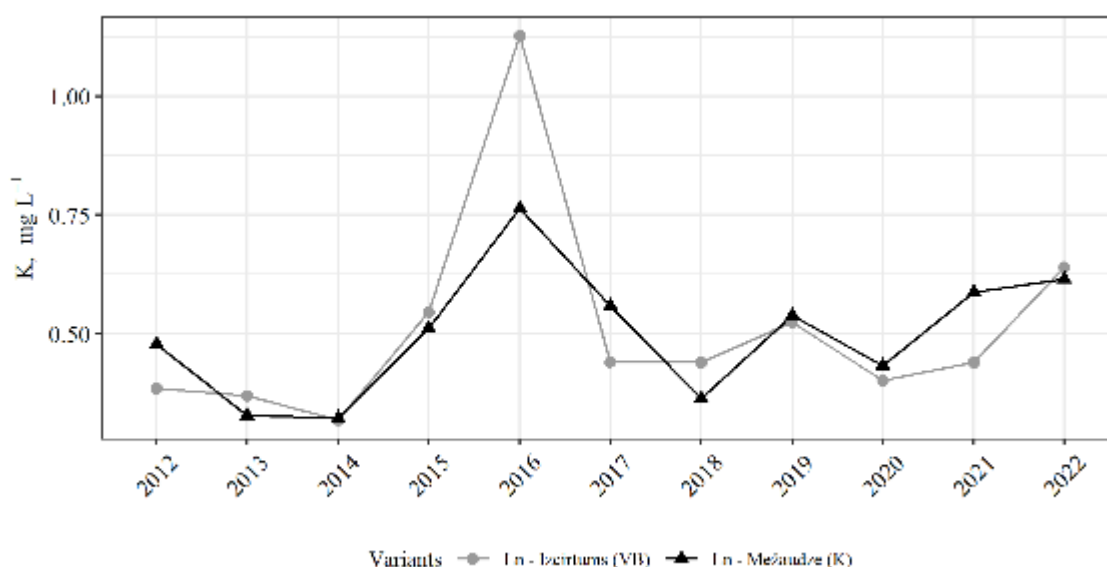
2.37. attēlā atspoguļots fosfātu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā, kas ierīkoti Ln meža tipā. Pētījuma periodā fosfātu saturs gruntsūdeņos variē līdz 0,125 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P L<sup>-1</sup>, bet pētījuma perioda vidējais fosfātu saturs nepārsniedz 0,025 ± 0,012 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P L<sup>-1</sup>. Salīdzinot fosfātu saturu gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta mežizstrāde ar visas virszemes biomasas izvākšanu, un kontroles parauglaukumā, vērojama tendence fosfātu saturam gruntsūdeņos samazināties pēc mežizstrādes veikšanas (VB parauglaukumā atšķirības no 2012. gada līmeņa nākamajos gados pēc kailcirtes (2013.-2018. gads) ir būtiskas). 2019. un 2020. gadā vidējās fosfātu koncentrācijas vērtības VB parauglaukumā atkal sasniedz 2012. gada līmeni, bet 2021. un 2022. gadā atkal vērojams fosfātu satura samazinājums. Kaut arī pētījuma periodā kontroles parauglaukumā vērojama tendence fosfātu saturam gruntsūdeņos samazināties, salīdzinot ar 2012. gadu, nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp vidējām fosfātu koncentrācijas vērtībām kontroles parauglaukumā.



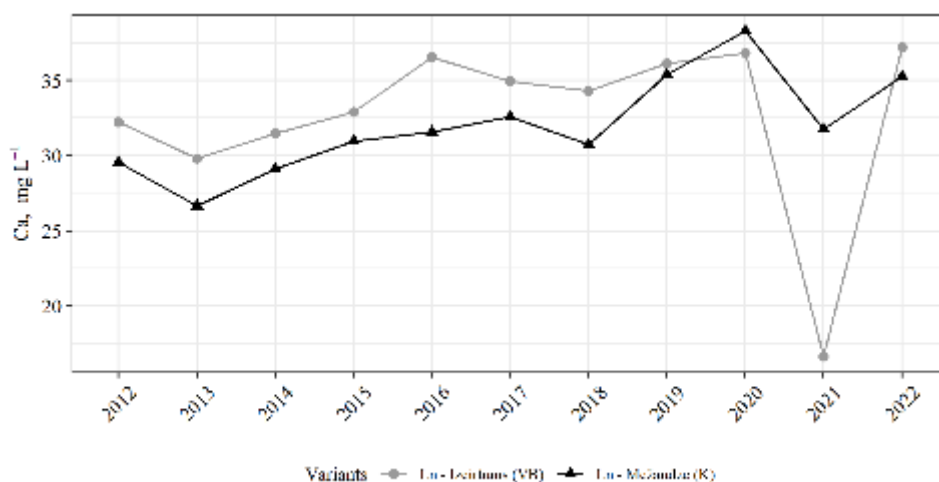
### 2.37. attēls. Fosfātu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

2.38.-2.40. attēlā parādīts bāzisko katjonu (K, Ca, Mg) saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā, kas ierīkoti Ln meža tipā, laika posmā no 2012. līdz 2022. gadam. Pētījuma periodā kālija saturs gruntsūdeņos variē no 0,02 mg K L<sup>-1</sup> līdz 3,23 mg K L<sup>-1</sup>, bet pētījuma perioda vidējais kālija saturs gruntsūdeņos nepārsniedz 1,13 ± 0,36 mg K L<sup>-1</sup>. Augstākais kālija saturs gruntsūdeņos gan parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, gan kontroles parauglaukumā konstatētas 2016. gadā, būtisks palielinājums, salīdzinot ar gadu pirms mežizstrādes, vērojams VB parauglaukumā.

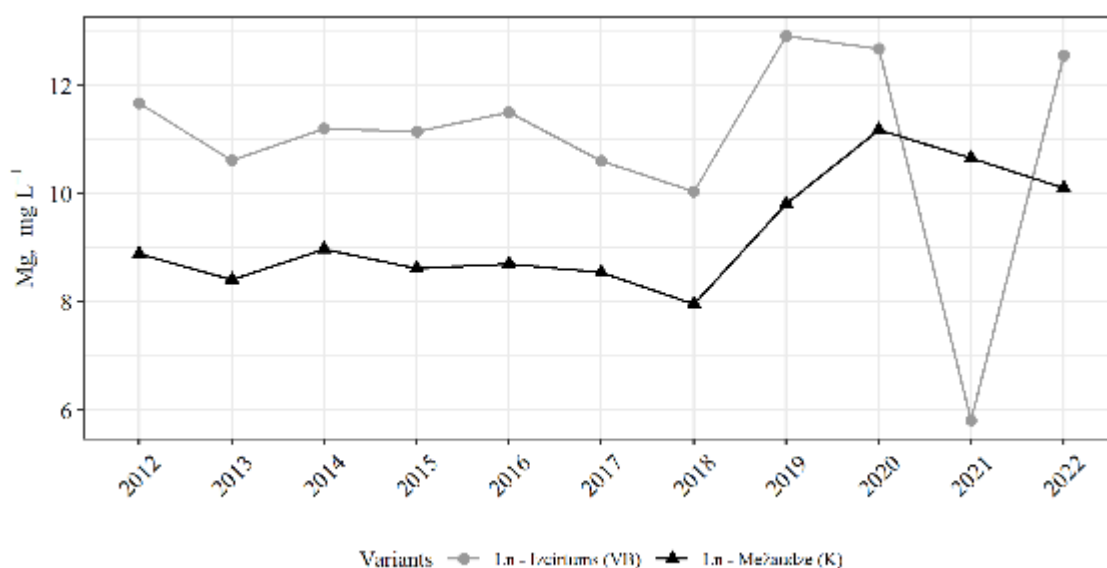
Ca un Mg saturs gruntsūdeņos vienpadsmit gadus ilga pētījuma periodā (2012.-2022. gads) ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā svārstās salīdzinoši šaurā amplitūdā – Ca saturs gruntsūdeņos variē no 0,06 mg Ca L<sup>-1</sup> līdz 46,9 mg Ca L<sup>-1</sup>, bet Mg saturs variē no 0,09 mg Mg L<sup>-1</sup> līdz 13,7 mg Mg L<sup>-1</sup>. Gan 2012.gadā, gan visos turpmākajos gados, izņemot 2020. un 2021. gadu, pēc mežizstrādes kalcija un magnija koncentrācija gruntsūdenī augstāka bijusi parauglaukumā, kur veikta mežizstrāde ar visas virszemes biomasas izvākšanu ( $p < 0.05$ ), salīdzinot ar kontroles parauglaukumu.



### 2.38. attēls. Kālija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

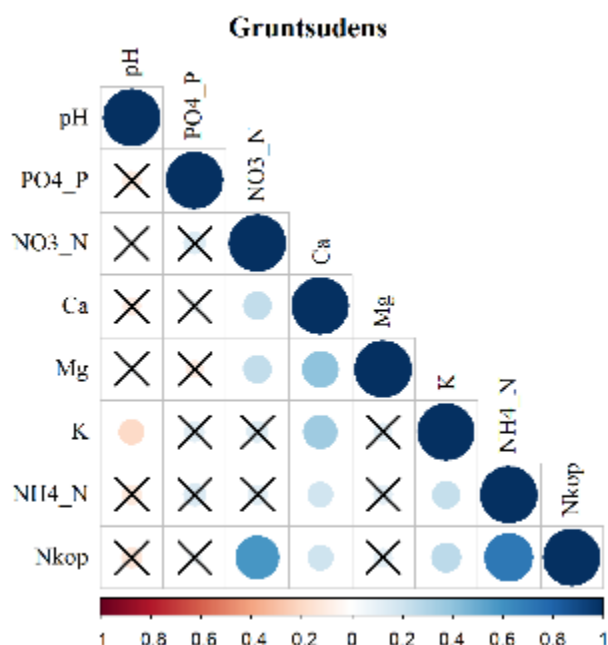


**2.39. attēls. Kalcija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā**



**2.40. attēls. Magnija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā**

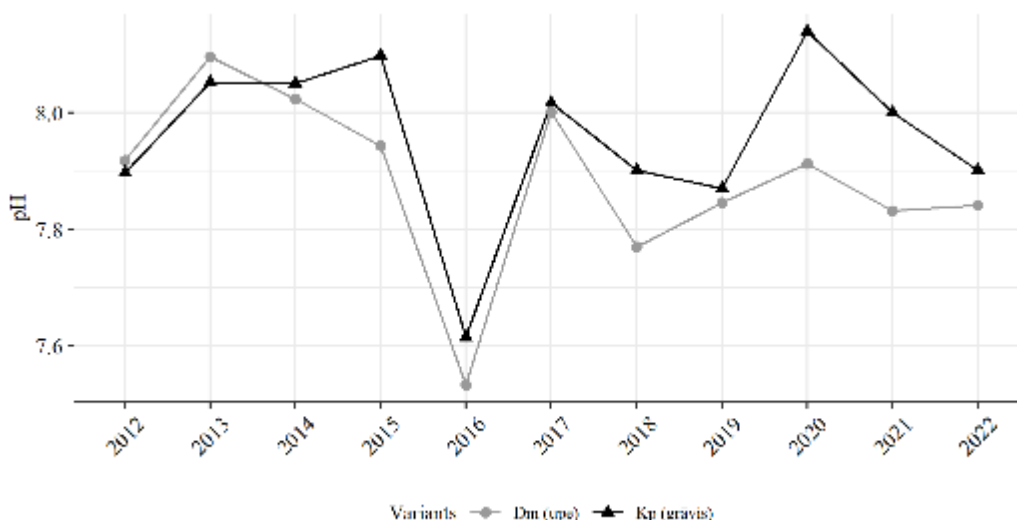
Gruntsūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012.-2022. gada pētījumu periodam parādīta 2.41. attēlā. Būtiskas pozitīvas korelācijas ( $r > 0,50$ ,  $p < 0,05$ ) konstatētas starp nitrātu un kopējā slāpekļa saturu gruntsūdenī ( $r = 0,58$ ) un amonija jonu un kopējā slāpekļa saturu gruntsūdenī ( $r = 0,72$ ).



**2.41. attēls. Gruntsūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012. – 2022. gada pētījumu periodā. Pozitīvas sakarības jeb korelācijas parādītas zilā krāsā, negatīvas - sarkanā krāsā. Krāsu intensitāte un apļa izmērs ir proporcionāls korelācijas ciešumam. Attēla apakšā leģendas krāsa parāda attiecīgā korelācijas koeficienta vērtību. Korelācijas, kurām  $p > 0,05$ , tiek uzskatītas par nenozīmīgām (attiecīgā šūna ir X)**

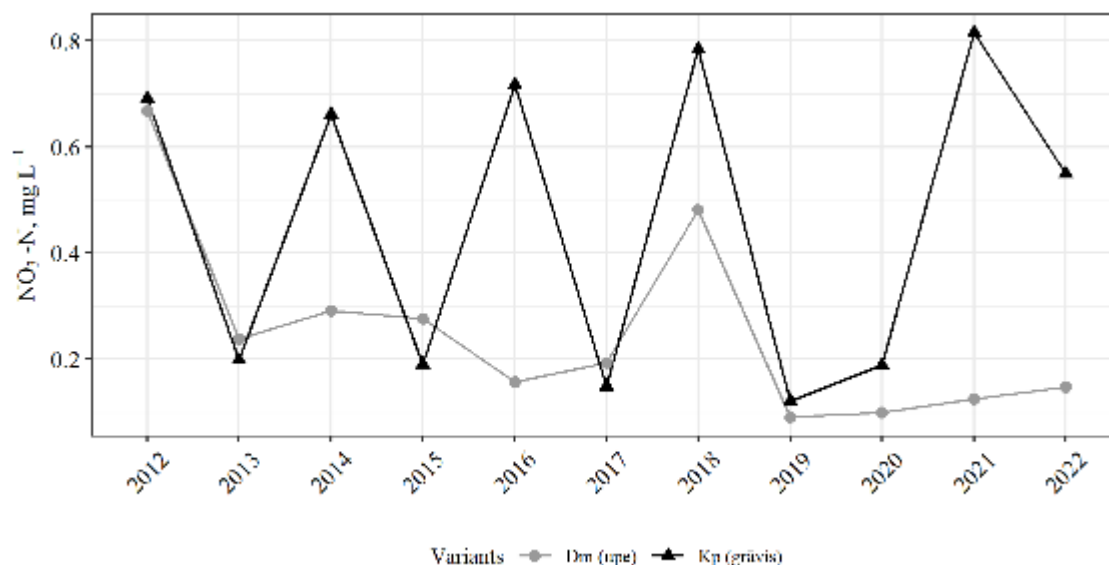
Barības vielu koncentrācija virszemes ūdeņos

2.42. attēlā parādīts virszemes ūdens pH pētījuma objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Pētījumā ietvertajos objektos virszemes ūdeņu pH desmit gadu ilgā pētījuma periodā ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā nesvārstās vairāk par 0,6 pH vienībām. Vērtības ir nedaudz zemākas 2016. gadā. Viens no teorētiski ietekmējošiem faktoriem varētu būt 2016.gadā īstenotā meliorācijas sistēmu renovācija, kas varētu būt ietekmējusi virszemes ūdeņus Kp meža tipā, tomēr meliorācija neskaidro ūdens pH samazināšanos Svirējas upē, kas tek gar Dm objektu.



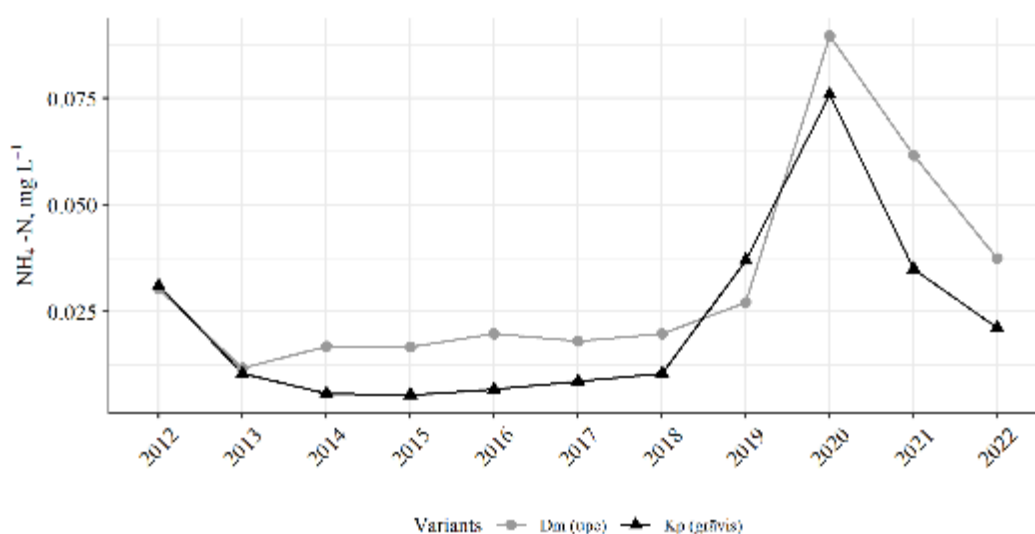
**2.42. attēls. Virszemes ūdeņu pH pētījuma objektos**

2.43. attēlā parādīts nitrātu, kas ir galvenā slāpekli saturošā neorganiskā savienojumu forma, saturs virszemes ūdeņos objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Nitrātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē līdz 5,36 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N L<sup>-1</sup>, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz 0,81 ± 0,29 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N L<sup>-1</sup>. ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība (50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> vai tam ekvivalents 11.3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N L<sup>-1</sup>) pētījumu periodā nav pārsniegta. 2019. vērojams pētījuma perioda mazākais nitrātu saturs virszemes ūdeņos gan Dm objektā, gan Kp objektā. Informācija par nitrātu saturu virszemes ūdeņos 2022. gadā tiks precizēta pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.



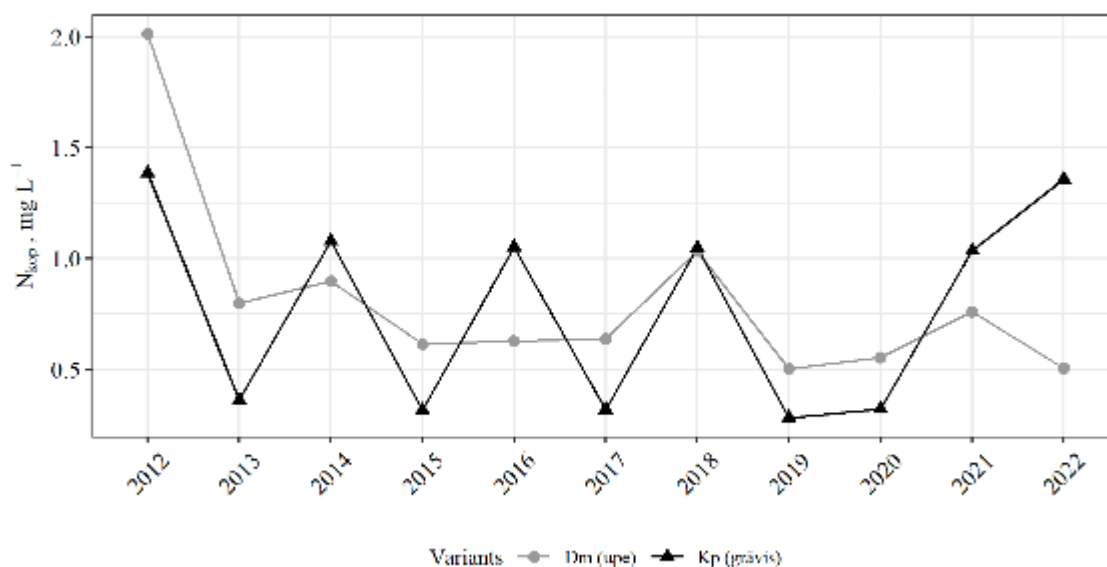
**2.43. attēls. Nitrātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos. Informācija par nitrātu saturu virszemes ūdeņos 2022. gadā tiks precizēta pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.**

2.44. attēlā parādīts amonija jonu saturs virszemes ūdeņos objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Amonija jonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē līdz 0,116 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N L<sup>-1</sup>, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz 0,090 ± 0,006 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N L<sup>-1</sup>. Gan objektā Dm, gan objektā Kp augstākās amonija jonu koncentrācijas virszemes ūdeņos konstatētas 2020. gadā.



**2.44. attēls. Amonija jonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos**

Kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē no  $0,11 \text{ mg N L}^{-1}$  līdz  $6,16 \text{ mg N L}^{-1}$ , bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz  $2,01 \pm 0,27 \text{ mg N L}^{-1}$  (2.45. attēls). Jāatzīmē, ka informācija par kopējā slāpekļa saturu virszemes ūdeņos 2022. gadā tiks precizēta pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas. Augstākās kopējā slāpekļa koncentrācijas virszemes ūdeņos gan objektā Dm, gan objektā Kp konstatētas 2012. gadā. Pētījuma ietvaros laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam konstatēta vidēji cieša korelācija starp pētījuma perioda vidējo kopējā slāpekļa saturu virszemes ūdeņos objektā Dm un objektā Kp, korelācijas koeficients  $r$  ir 0.71. Šāda sakarība netieši norāda uz gada griezumā meteoroloģisko faktoru ietekmi uz virszemes ūdeņu kvalitāti un to ietekmējošajiem faktoriem.

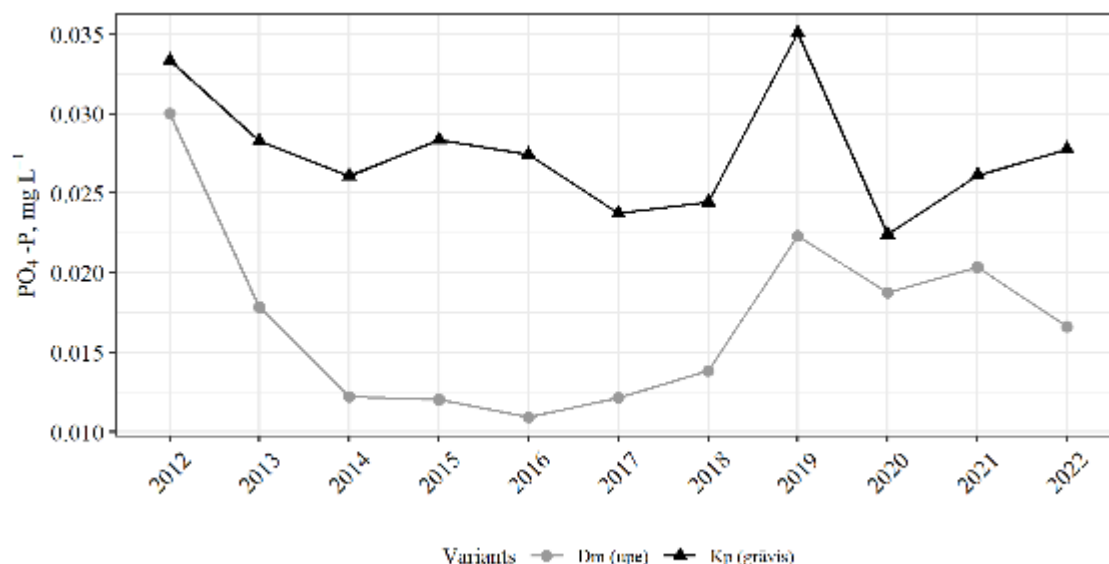


2.45.

#### attēls. Kopējais slāpekļa saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

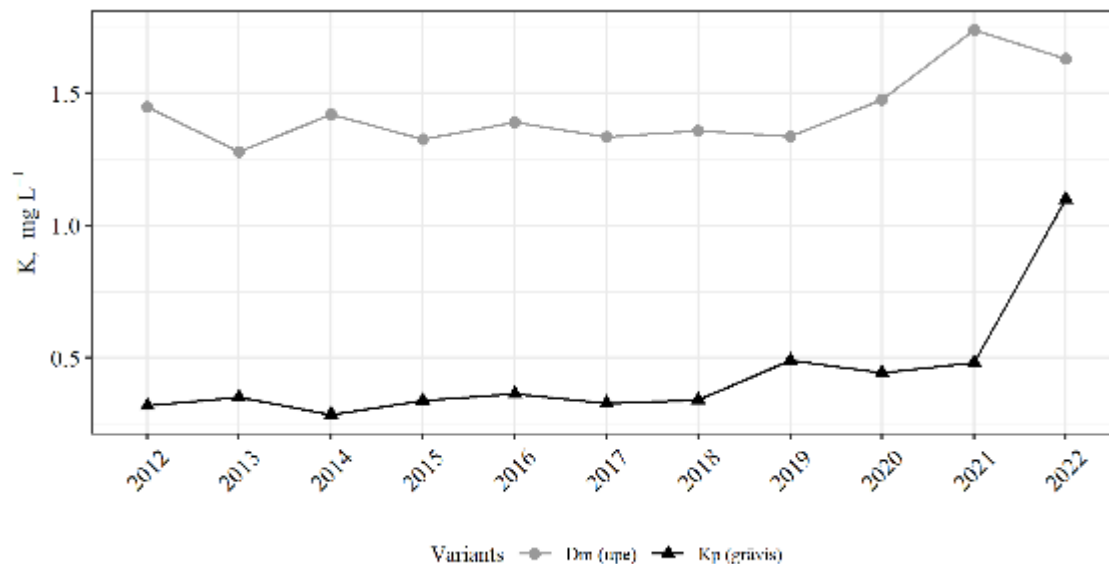
2.46. attēlā parādīts fosfātjonu saturs virszemes ūdeņos objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Fosfātjonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē līdz  $0,090 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ , bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz  $0,035 \pm 0,002 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ . Objektā Dm augstākais fosfātjonu saturs virszemes ūdeņos konstatētas 2012. gadā, bet objektā Kp augstākais fosfātjonu saturs virszemes ūdeņos konstatētas 2019. gadā. Salīdzinot objektus, konstatēts, ka visā pētījuma periodā lielāka vidējā fosfātjonu koncentrācija virszemes ūdeņos konstatēta objektā Kp, turklāt atšķirība vidējās vērtībās ir būtiska.



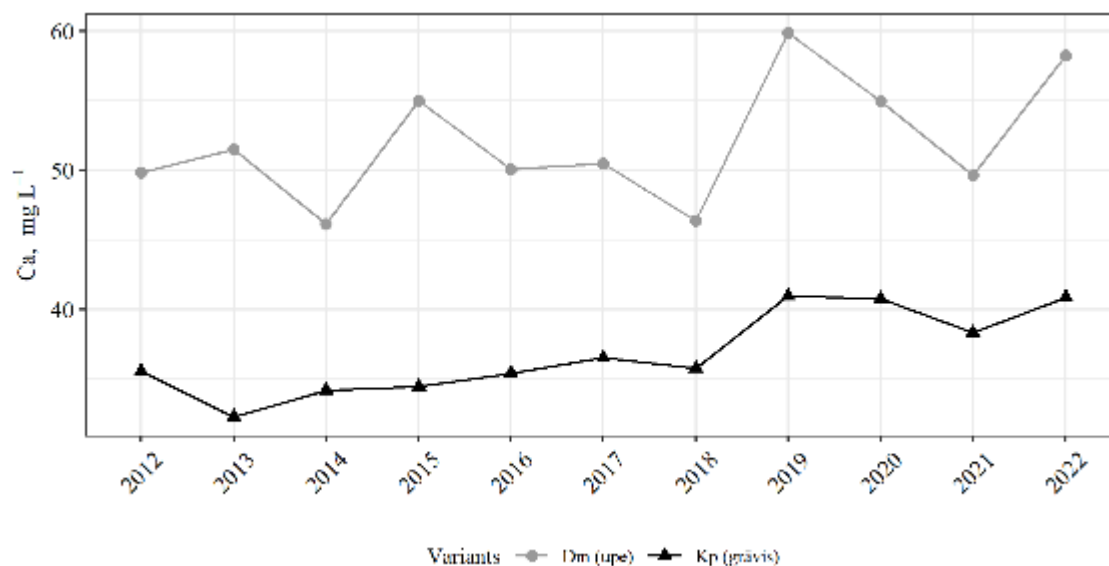


**2.46. attēls. Fosfātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos**

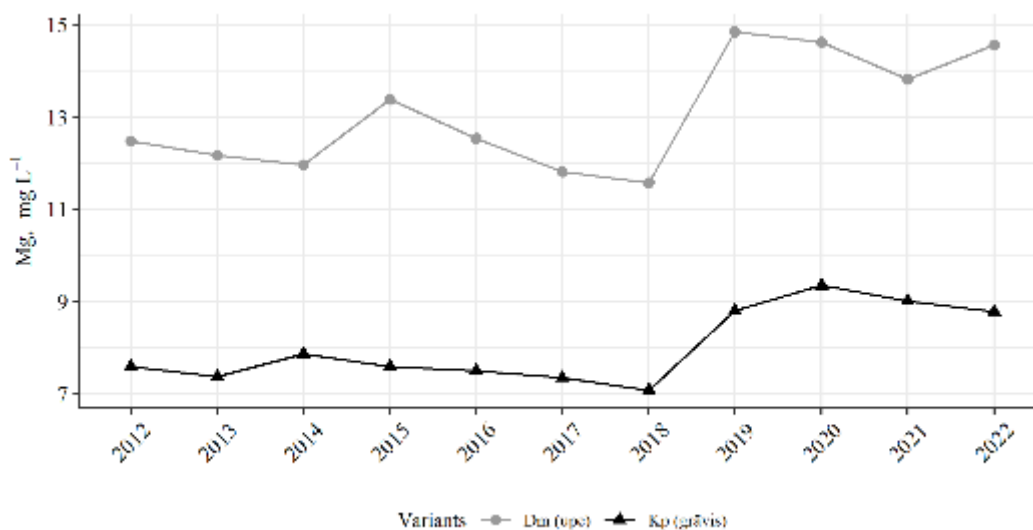
Pētījumā ietvertajos objektos bāzisko katjonu saturs virszemes ūdeņos vienpadsmit gadus ilgā pētījuma periodā (2012.-2022. gads) objektu ietvaros ir salīdzinoši stabils (2.47.-2.49. attēls). Kālija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē no 0,13 mg K L<sup>-1</sup> līdz 3,46 mg K L<sup>-1</sup>, kalcija saturs virszemes ūdeņos variē no 5,8 mg Ca L<sup>-1</sup> līdz 78,4 mg Ca L<sup>-1</sup>, bet magnija saturs virszemes ūdeņos variē no 0,9 mg Mg L<sup>-1</sup> līdz 17,5 mg Mg L<sup>-1</sup>. Līdzīgi kā objektā Zalvīte, arī šī pētījuma objektos bāzisko katjonu saturs virszemes ūdeņos samazinās sekojošā secībā: Ca<sup>2+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup>. Bāzisko katjonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma griezumā saglabājas salīdzinoši nemainīgs abās paraugu ņemšanas vietās.



**2.47. attēls. Kālija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos**

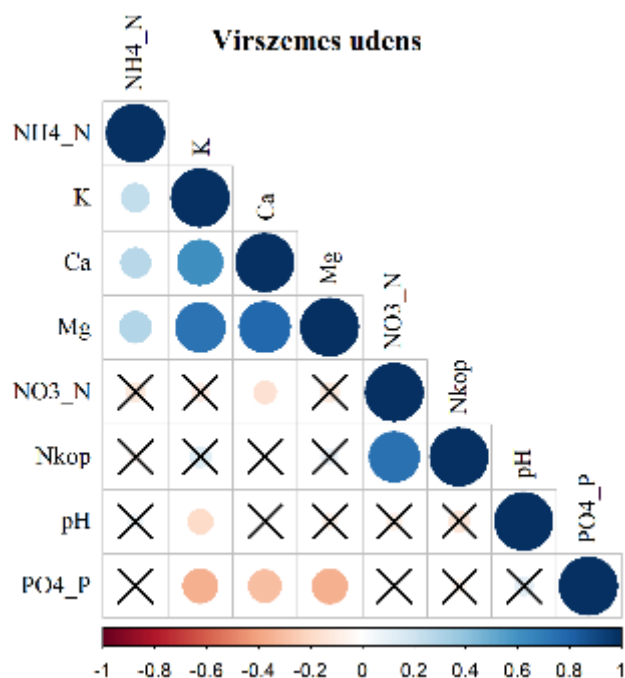


**2.48. attēls. Kalcija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos**



**2.49. attēls. Magnija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos**

Virszemes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012.-2022. gada pētījumu periodam parādīta 2.50. attēlā. Būtiskas pozitīvas korelācijas ( $r > 0,50$ ,  $p < 0,05$ ) konstatētas starp nitrātu un kopējā slāpekļa saturu virszemes ūdenī ( $r = 0,74$ ), kā arī starp bāzisko katjonu saturu virszemes ūdenī ( $r > 0,61$ ).



**2.50. attēls. Virszemes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012. – 2022. gada pētījumu periodā. Pozitīvas sakarības jeb korelācijas parādītas zilā krāsā, negatīvas - sarkanā krāsā. Krāsu intensitāte un apla izmērs ir proporcionāls korelācijas ciešumam. Attēla apakšā leģendas krāsa parāda attiecīgā korelācijas koeficienta vērtību. Korelācijas, kurām  $p > 0,05$ , tiek uzskatītas par nenozīmīgām (attiecīgā šūna ir X)**

#### Secinājumi

- Desmit gadus pēc mežizstrādes nokrišņu apjomam pieaugušajās (kontroles) audzēs un jaunaudzēs ir tendence izlīdzināties. Lielākais slāpekļa savienojumu ieneses apjoms ar nokrišņiem joprojām konstatēts analizēto objektu jaunaudzēs, salīdzinot ar kontroles platībām, kur saglabāta pieaugusi kokaudze.
- Pēdējā pētījuma gadā augsnes ūdens pH vērtības palielinājušās visos Dm parauglaukumos, kā arī Kp parauglaukumā, kur izvēkta visa virszemes biomasa. Paskābināšanās process turpinās Ln visos parauglaukumos, tajā skaitā kontroles platībā, kur kokaudze saglabāta.
- Augsnes ūdens nitrātu koncentrācijas sausieņu mežos parauglaukumos, kur 2013. gadā veikta mežizstrāde, pēdējos gados ir zemas un visa līdzīgas neatkarīgi no mežizstrādes veida, un tām ir tendence samazināties arī jaunaudzēs objektā Kp. Savukārt Kp kontroles parauglaukumā, kur kokaudzes sanitārā stāvokļa dēļ 2021./2022. gada ziemā veikta sanitārā kailcirte, 2022. gadā vērojams nozīmīgs slāpekļa savienojumu un fosfātu koncentrācijas palielinājums. Šajā parauglaukumā jau iepriekšējos gados konstatēts slāpekļa savienojumu un fosfātu satura pieaugums, visticamāk pastiprinātas organiskās vielas (atmirušās koksnes) sadalīšanās dēļ.
- Vielu aprites procesus būtiski ietekmē mežaudzē notiekošie dabiskie procesi un audzes sanitārais stāvoklis. Pastiprināta atmirušās koksnes veidošanās vēja ietekmes un meža kaitēkļu darbības rezultātā izraisa būtisku slāpekļa savienojumu un fosfātu koncentrācijas palielināšanos augsnes ūdenī.
- Visa pētījumu perioda laikā objektā Kp saglabājas salīdzinoši augstākās kalcija un magnija koncentrācijas, sevišķi dziļākajos augsnes slāņos (60 cm lizimetros), norādot uz pazemes spiedes ūdeņu izķīlēšanos.
- Pētījuma perioda laikā novērojama neliela gruntsūdens paskābināšanās tendence abos Dm objekta parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde. 2022. gadā šajā objektā gruntsūdenī

palielinājušās arī dažu slāpekļa savienojumu un fosfātu koncentrācijas. Oligotrofā sausieņu mežā (Ln) mežizstrādes ietekme uz gruntsūdens pH un ķīmisko sastāvu ir niecīga.

### 2.1.2. Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings lapu koku audzēs

#### 2.1.2.1. Objektu un metodika

2022. gadā ierīkoti divi jauni pētījuma objekti Zinātniskās izpētes mežu Kalsnavas meža novadā, lai pētītu dažādas intensitātes vienlaidu atjaunošanas cirtes ietekmi uz nākamās meža paaudzes augšanas gaitu, vielu apriti, bioloģisko daudzveidību (2.3. tabula, 2.51. attēls). Katrā no objektiem ierīkoti deviņi parauglaukumi: kontrole (mežaudze tiks atstāta), kā arī dažādās kombinācijās laukumi, kur tiks izvākta visa virszemes biomasa vai tikai stumbru biomasa, sagatavota vai nesagatavota augsne un kokaudze atjaunota stādot vai atstājot platību apmežoties dabiski. Mežizstrāde plānota 2023.gada sākumā.

2.3.tabula

#### Pētījuma objektu dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai lapu koku audzēs raksturojums

Nr. p.k.	Objekts	Kv., nog.	MT	Vald. suga	Sastāva formula	Valdošās sugas koku vecums	Platība, ha	Mežizstrāde plānota
1.	Vēris	261-17	Vr	B	4B3A2E1M74 +Oz74 Os74	75	4,54	2022./2023.g. ziemā
2.	Ārenis	257-7	Ap	B	8B2E74 +A74 M74	75	2,75	

Pētījuma objektos 2022. gada vasarā uzsākta augsnes ūdens, nokrišņu un nobiru paraugu ņemšana (shēmu skat. 2.51.attēlā). Katrā parauglaukumā, kur paredzēta atšķirīga apsaimniekošana, augsnē ievietoti trīs lizimetru pāri 30 un 60 cm dziļumā, līdzīgi kā skuju koku objektos.

2022. gada vasarā objektos veikta arī pirmreizējā veģetācijas uzskaitē. Kopumā katrā pētījuma teritorijā (vērī (objekts Vr) un paltlapju ārenī (objekts Ap)) ierīkotas deviņas transektes, kuru viduspunkts sakrīt ar katra vidējā lizimetru pāra atrašanās vietu (2.51.) attēls). Katras transektes garums bija 50 m un gar katru transekti ik pēc viena metra ierīkots 1 x 1 m liels parauglaukums. Kopā uz vienas transektes apsekoti 25 parauglaukumi. Katrā parauglaukumā noteiktas visas zemsedzes augu, sūnu un ķērpju sugas un to segums procentos. Uzskaitītas koku un krūmu sugas līdz viena metra augstumam. Vaskulāro augu sugu nomenklatūra veidota pēc Gavrilovas un Šulca (1999), kā arī izmantota sūnu un ķērpju nomenklatūra saskaņā ar Latvijas ķērpju un sūnu taksonu sarakstu (Āboliņa et al. 2015). Katrai transektei noteikts Šenona - Vīnera daudzveidības indekss, kas izrēķināts kā vidējā vērtība, ņemot vērā visu izvēlētas transektes parauglaukumu Šenona - Vīnera daudzveidības indeksus.

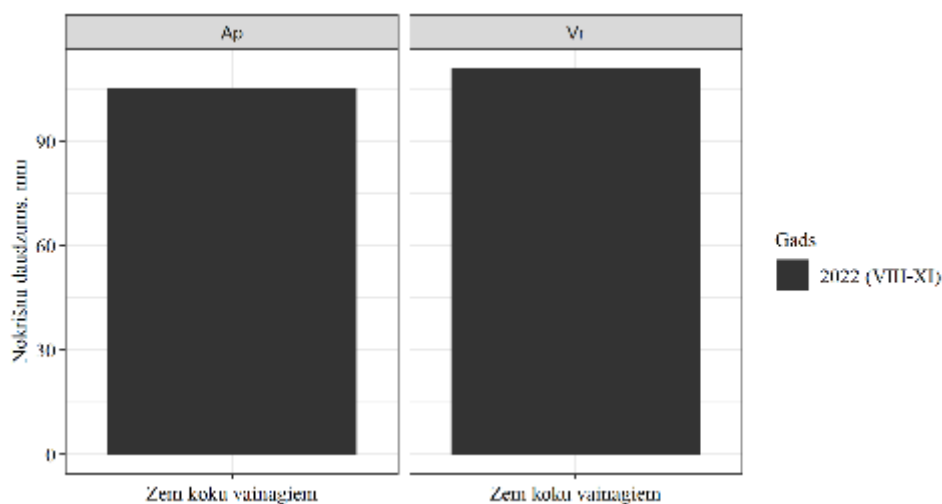


**2.51. attēls. Pētījuma objekti dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai lapu koku audzēs. Apzīmējumi: SB – tiks izvākta tikai stumbru biomasa, VB – tiks izvākta visa virszemes biomasa, N-nesagatavota augsne, S – sagatavota augsne, St – kokaudzes atjaunošana stādot, Dab – kokaudzes pašatjaunošanās**

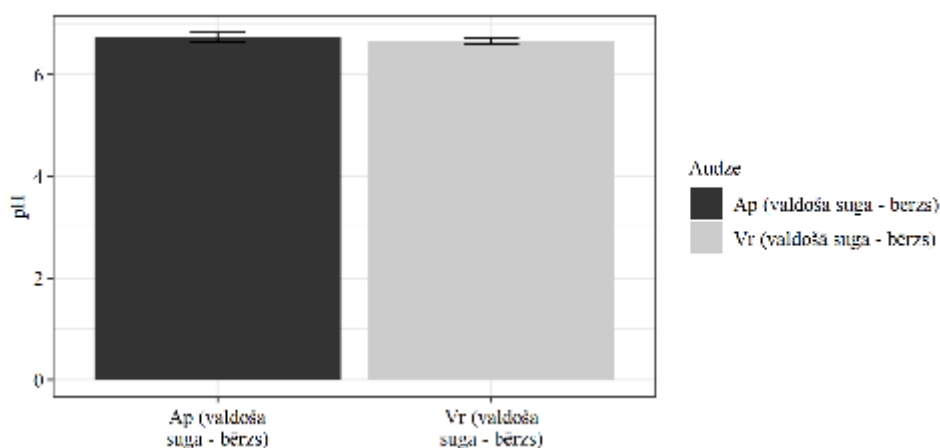
#### 2.1.2.2. Barības vielu aprites izmaiņas objektos

##### *Barības vielu ienese ar nokrišņiem*

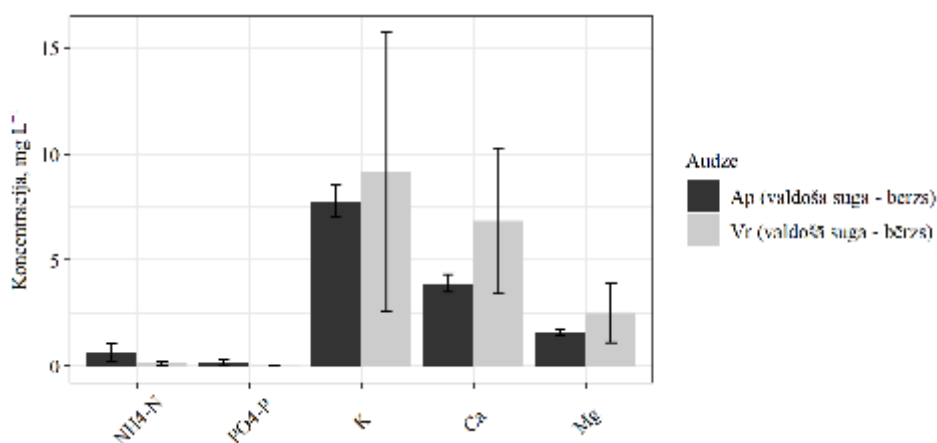
Lapu koku audzēs zem koku vaināgiem vidējais kopējais nokrišņu daudzums 2022. gada pētījuma periodā (augusts-oktobris) bija  $107.1 \pm 4.4$  mm (2.52. attēls). 2.53. attēlā parādīts vidējais nokrišņu ūdens pH 2022. gada pētījuma periodā (augusts-oktobris), bet vidējās ķīmisko elementu koncentrācijas nokrišņos, kas uztverti zem lapu koku vaināgiem, parādītas 2.54. attēlā.



**2.52. attēls. Kopējais nokrišņu daudzums 2022. gada pētījuma periodā (augusts-oktobris) lapu koku audzēs**



**2.53. attēls. Vidējais nokrišņu ūdens pH 2022. gada pētījuma periodā (augusts-oktobris) lapu koku audzēs**



**2.54. attēls. Vidējās ķīmisko elementu koncentrācijas nokrišņos 2022. gada pētījuma periodā (augusts-oktobris) lapu koku audzēs**

Ķīmisko elementu ieneses ar nokrišņiem lapu koku audzēs 2022. gada pētījuma periodā (augusts – oktobris) parādītas 2.4. tabulā. Pirmā gada novērojumu rezultāti liecina, ka lielāks

slāpekļa un fosfora savienojumu daudzums ar nokrišņiem ienests platlapju ārenī, savukārt lielāks bāzisko katjonu daudzums ienests vērī.

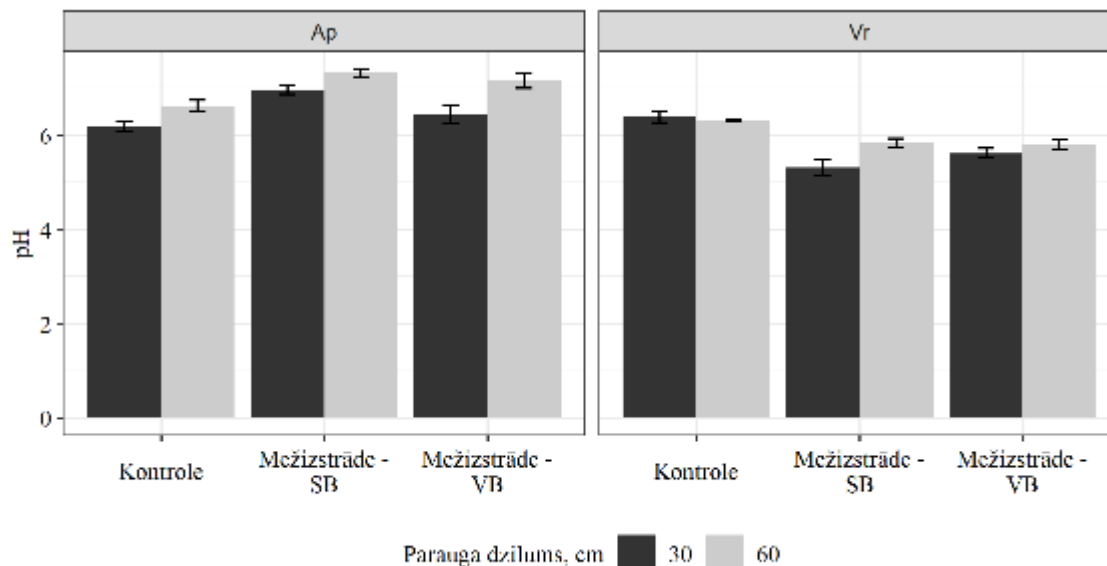
2.4. tabula.

**Vidējā ķīmisko elementu ieneses ar nokrišņiem ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 2022. gada pētījuma periodā (augusts-oktobris) lapu koku audzēs**

Elements	Ap	Vr
$\text{NO}_3^- \text{-N}$	Informācija tiks pievienota	
$\text{NH}_4^+ \text{-N}$	0,36	0,12
$\text{N}_{\text{kop.}}$	Informācija tiks pievienota	
K	8,76	13,81
Ca	3,89	9,49
Mg	1,67	3,52
$\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$	0,11	0,02

### Barības vielu koncentrācija augsnes ūdenī

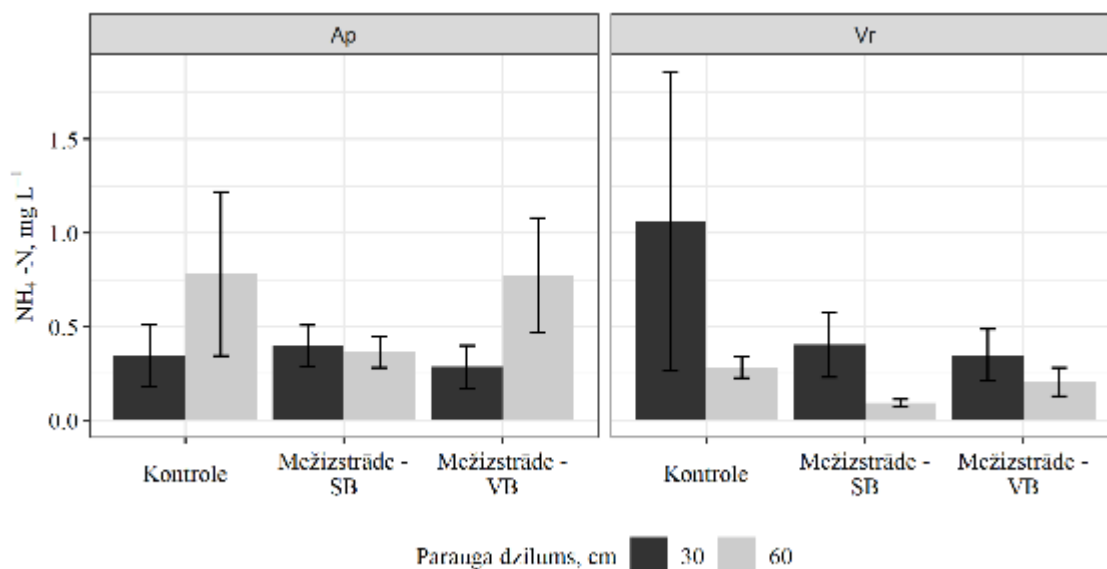
2.55. attēlā parādīts augsnes ūdens vidējais skābums (pH) 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektu parauglaukumos, kur 2022./2023. gada ziemas sezonā plānota mežizstrāde, izvēcot visu virszemes biomasu (VB) vai tikai stumbru biomasu (SB) un atjaunojot mežu stādot vai dabiski sagatavotā un nesagatavotā augsnē. Katrā objektā tiks atstāta arī nenocirsta kontrole. Pētījuma objektu parauglaukumos augsnes ūdens vidējais pH 2022. gada pētījuma periodā variēja no  $5,3 \pm 0,2$  (Vr objekts, parauglaukums, kur plānota mežizstrāde (SB), 30 cm dziļumā) līdz  $7,3 \pm 0,1$  (Ap objekts, parauglaukums, kur plānota mežizstrāde (SB), 60 cm dziļumā).



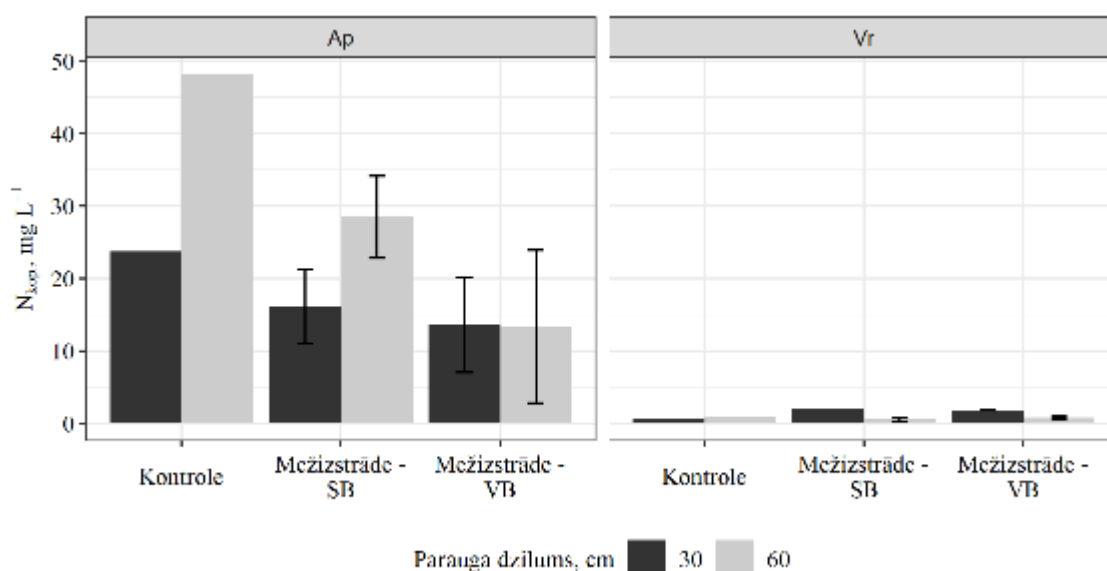
**2.55. attēls. Augsnes ūdens vidējais pH pētījumu objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)**

2.56. un 2.57. attēlā atspoguļots vidējais amonija jonu un kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur 2022./2023. gada ziemas sezonā plānota mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze tiks saglabāta. Informācija par nitrātu koncentrāciju augsnes ūdens paraugos 2022. gada pētījuma periodā (references periodā) tiks pievienota pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.

Pētījuma objektu parauglaukumos vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī 2022. gada pētījuma periodā variēja no  $0,09 \pm 0,02 \text{ mg NH}_4^+\text{-N L}^{-1}$  (Vr objekts, parauglaukums, kur plānota mežizstrāde (SB), 60 cm dziļumā) līdz  $1,06 \pm 0,53 \text{ mg NH}_4^+\text{-N L}^{-1}$  (Vr objekts, parauglaukums, kur mežaudze tiks saglabāta, 30 cm dziļumā). Vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī 2022. gada pētījuma periodā variēja no  $0,51 \pm 0,17 \text{ mg N L}^{-1}$  (Vr objekts, parauglaukums, kur plānota mežizstrāde (SB), 60 cm dziļumā) līdz  $48,13 \text{ mg N L}^{-1}$  (Ap objekts, parauglaukums, kur mežaudze tiks saglabāta, 60 cm dziļumā). Jāatzīmē, ka kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdeņos 2022. gadā tiks precizēts pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas. Parauglaukumos, kas ierīkoti Ap meža tipā, vērojams būtiski lielāks kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī salīdzinot ar kopējā slāpekļa koncentrācijām augsnes ūdenī parauglaukumos, kas ierīkoti Vr meža tipā.



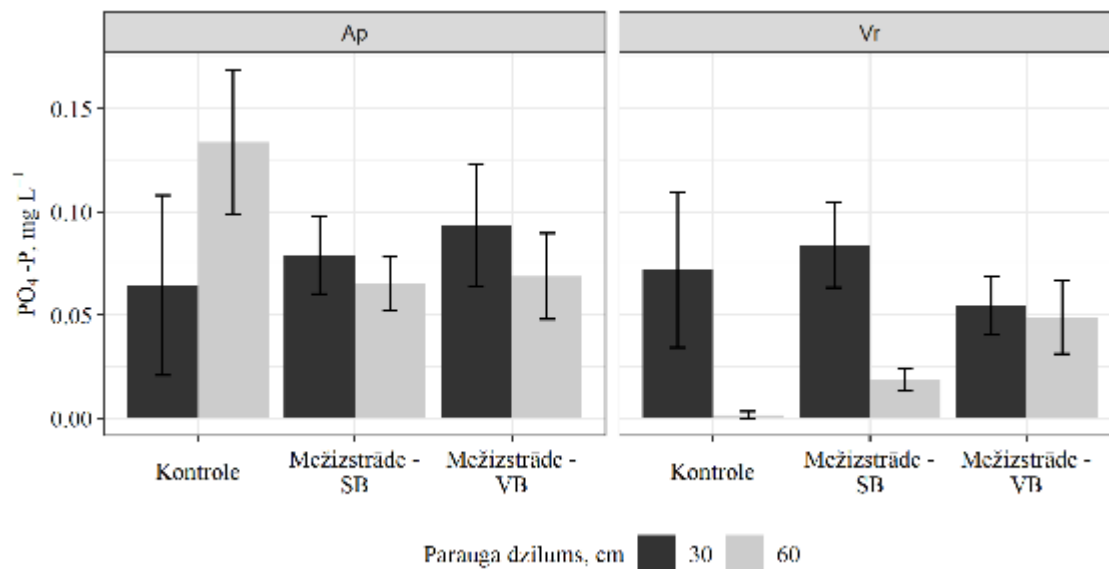
**2.56. attēls. Amonija jonu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)**



**2.57. attēls. Kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā). Kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdeņos 2022. gadā tiks precizēts pēc ūdens paraugu ķīmisko analīžu pabeigšanas.**

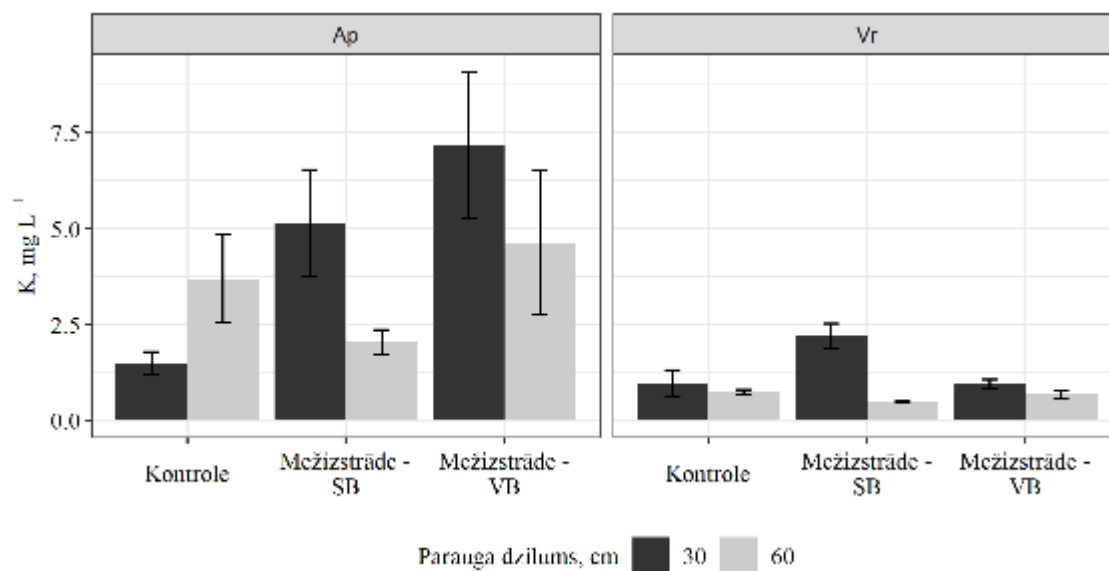


2.58. attēlā atspoguļots vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur 2022./2023. gada ziemas sezonā plānota mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze tiks saglabāta. Pētījuma objektu parauglaukumos vidējais fosfātjonu saturs augsnes ūdenī 2022. gada pētījuma periodā variēja no  $0,002 \pm 0,001$  mg  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$   $\text{L}^{-1}$  (Vr objekts, parauglaukums, kur mežaudze tiks saglabāta, 60 cm dziļumā) līdz  $0,13 \pm 0,04$  mg  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$   $\text{L}^{-1}$  (Ap objekts, parauglaukums, kur mežaudze tiks saglabāta, 60 cm dziļumā).

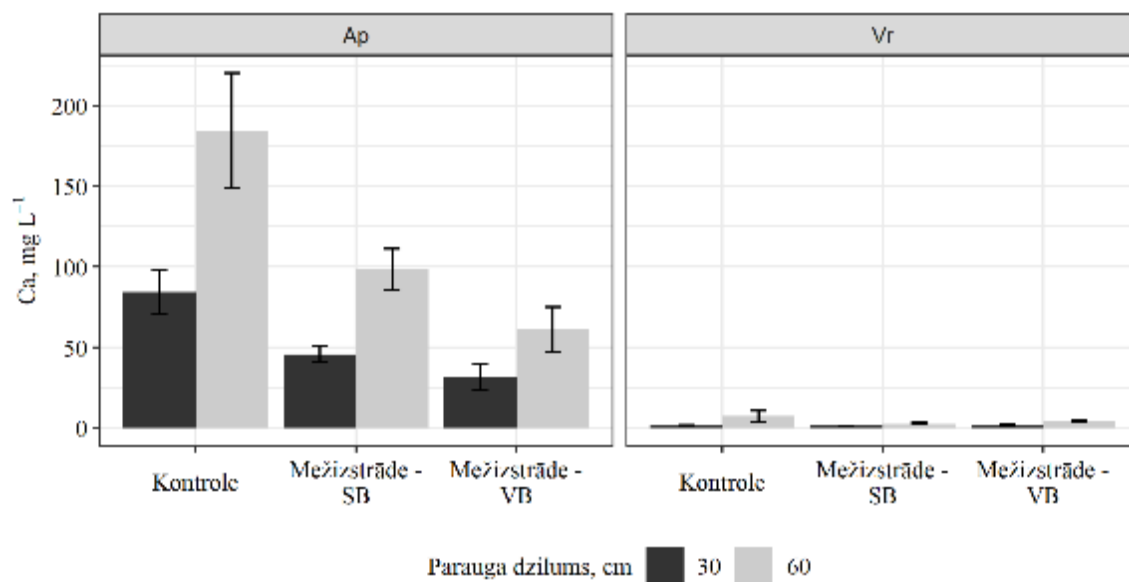


**2.58. attēls. Fosfātjonu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)**

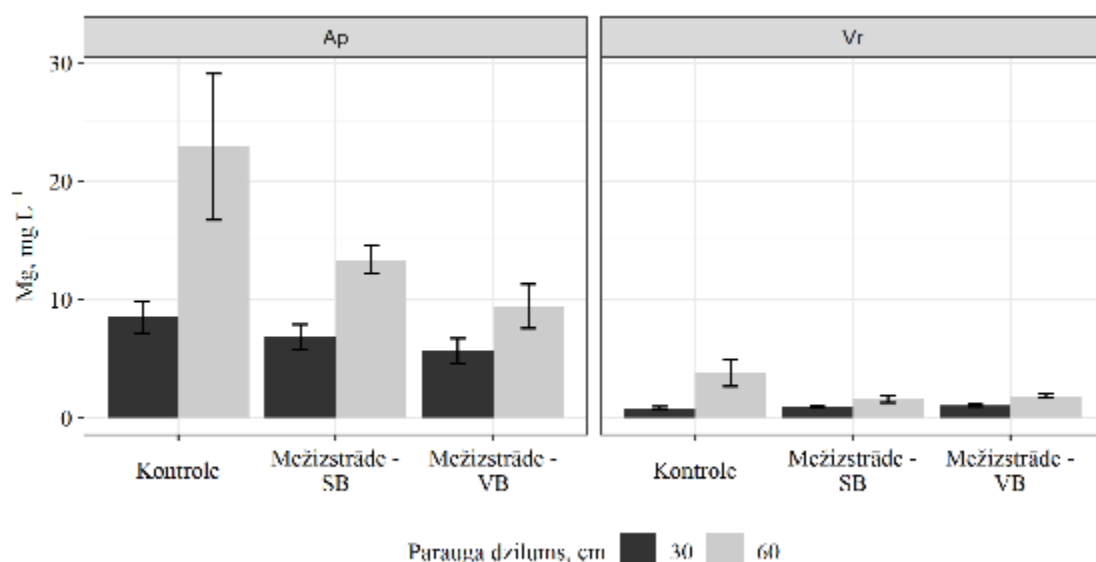
2.59.-2.61. attēlā atspoguļots vidējais bāzisko katjonu (K, Ca un Mg) saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur 2022./2023. gada ziemas sezonā plānota mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze tiks saglabāta. Pētījuma objektu parauglaukumos vidējais kālija saturs augsnes ūdenī 2022. gada pētījuma periodā variēja no  $0,48 \pm 0,03$  mg K  $\text{L}^{-1}$  (Vr objekts, parauglaukums, kur plānota mežizstrāde (SB), 60 cm dziļumā) līdz  $7,17 \pm 1,92$  mg K  $\text{L}^{-1}$  (Ap objekts, parauglaukums, kur plānota mežizstrāde (VB), 30 cm dziļumā). Vidējais kalcija saturs augsnes ūdenī 2022. gada pētījuma periodā variēja no  $1,33 \pm 0,16$  mg Ca  $\text{L}^{-1}$  (Vr objekts, parauglaukums, kur plānota mežizstrāde (SB), 30 cm dziļumā) līdz  $184,65 \pm 35,79$  mg Ca  $\text{L}^{-1}$  (Ap objekts, parauglaukums, kur mežizstrāde nav plānota, 60 cm dziļumā). Savukārt vidējais magnija saturs augsnes ūdenī 2022. gada pētījuma periodā variēja no  $0,80 \pm 0,06$  Mg  $\text{L}^{-1}$  (Vr objekts, parauglaukums, kur mežizstrāde nav plānota, 30 cm dziļumā) līdz  $22,88 \pm 6,18$  mg Mg  $\text{L}^{-1}$  (Ap objekts, parauglaukums, kur mežizstrāde nav plānota, 60 cm dziļumā). Kopumā parauglaukumos, kas ierīkoti Ap meža tipā, vērojams būtiski lielāks bāzisko katjonu saturs augsnes ūdenī salīdzinot ar bāzisko katjonu koncentrācijām augsnes ūdenī parauglaukumos, kas ierīkoti Vr meža tipā.



2.59. attēls. Kālija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)



2.60. attēls. Kalcija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)



**2.61. attēls. Magnija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos lapu koku audzēs 2022. gadā (references periodā)**

### 2.1.2.3. Veģetācijas novērtējums

Kopumā abās apsekotajās teritorijās uzskaitīti 117 augu taksoni, no kuriem 93 pārstāvēja vaskulāros augus un 24 sūnu sugas (2.5. tabula). Vislielākais kopējais sugu un vaskulāro augu sugu skaits noteikts objektā Ap, attiecīgi 93 un 77 sugas. Savukārt objektā Vr uzskaitīts lielākais skaits sūnu sugu, proti, 22 sugas. Visbiežāk sastopamās sugas objektā Vr bija *Oxalis acetosella*, *Dryopteris carthusiana*, *Maianthemum bifolium* (visas noteiktas visās 9 transektēs). Bieži sastopamas sugas ierīkotajos parauglaukumos bija arī *Trientalis europaea*, *Vaccinium myrtillus* un *Eurhynchium angustirete*. Objektā Ap bieži sastopamas sugas uz apsekotajām transektēm bija jau pieminētā zāskābene *Oxalis acetosella*, kā arī *Galeobdolon luteum*, *Aegopodium podagraria* un divas sūnu sugas - *Eurhynchium angustirete* un *Plagiomnium affine*. Papildus uzskaitītajām sugām plaši sastopama (vismaz 1/2 no visiem apsekotajiem parauglaukumiem) bija arī suga *Mercurialis perennis*.

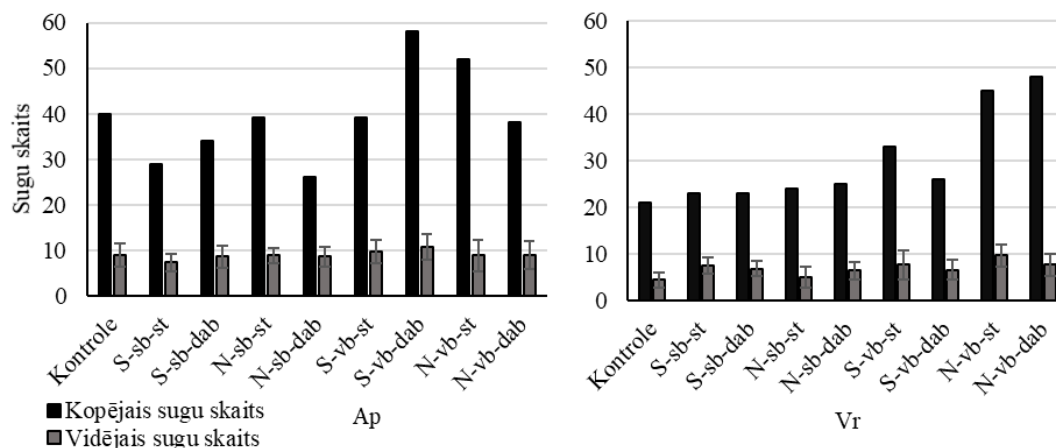
2.5. tabula

### Uzskaitīto taksonu saraksts un to sastopamība apsekotajās transektēs (n=9)

Sugu nosaukumi	Sastopamība		Sastopamība	Sastopamība	
	Vr	Ap		Vr	Ap
<b>Vaskulārie augi</b>			<b>Vaskulārie augi</b>		
<i>Acer platanoides</i>	4	6	<i>Poa palustris</i>	2	
<i>Aegopodium podagraria</i>	2	9	<i>Populus tremula</i>	6	3
<i>Alnus glutinosa</i>	2		<i>Prunus padus</i>	1	7
<i>Anemone nemorosa</i>	4	3	<i>Pteridium aquilinum</i>		2
<i>Athyrium filix-femina</i>	3	2	<i>Pulmonaria officinalis</i>	5	
<i>Betula pubescens</i>	6	2	<i>Quercus robur</i>	2	1
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	3	3	<i>Ranunculus cassubicus</i>		2
<i>Calamagrostis canescens</i>	8	2	<i>Ranunculus repens</i>		2
<i>Caltha palustris</i>	1		<i>Ribes alpinum</i>		1
<i>Carex digitata</i>	1	3	<i>Ribes nigrum</i>		2
<i>Carex elongata</i>	2		<i>Ribes rubrum</i>		1
<i>Carex nigra</i>	1		<i>Rubus caesius</i>	1	4
<i>Carex sp.</i>	3	4	<i>Rubus chamaemorus</i>		1

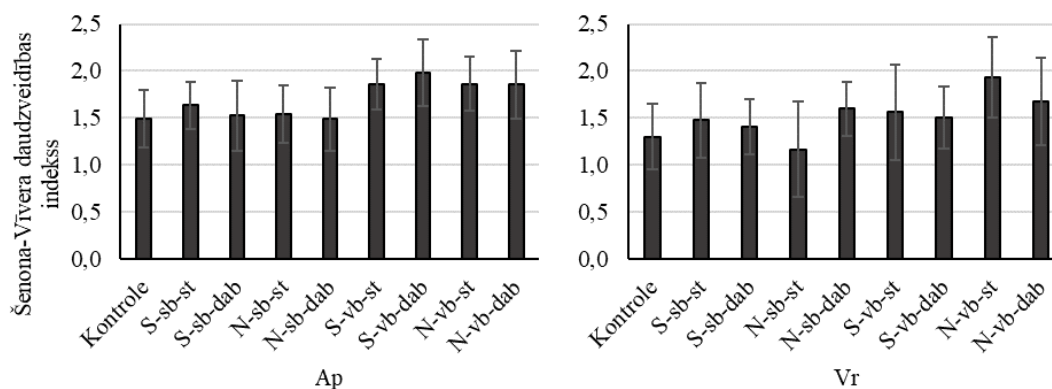
<b>Sugu nosaukumi</b>	<b>Sastopamība</b>			<b>Sastopamība</b>	
<b>Vaskulārie augi</b>	<b>Vr</b>	<b>Ap</b>	<b>Vaskulārie augi</b>	<b>Vr</b>	<b>Ap</b>
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>		6	<i>Rubus idaeus</i>	5	6
<i>Circaea lutetiana</i>		2	<i>Rubus saxatilis</i>	1	2
<i>Cirsium oleraceum</i>		7	<i>Rumex sp.</i>		1
<i>Corylus avellana</i>	1	4	<i>Scutellaria galericulata</i>		1
<i>Crepis paludosa</i>	1	2	<i>Solanum dulcamara</i>	1	
<i>Daphne mezereum</i>	1	1	<i>Solidago virgaurea</i>		2
<i>Deschampsia cespitosa</i>	2		<i>Sorbus aucuparia</i>	6	6
<i>Deschampsia flexuosa</i>	1		<i>Stachys sylvatica</i>	1	
<i>Dryopteris carthusiana</i>	9	7	<i>Stellaria holostea</i>	5	
<i>Dryopteris filix-mas</i>	1	1	<i>Stellaria media</i>	1	4
<i>Elymus sp.</i>		1	<i>Stellaria nemorum</i>	5	8
<i>Equisetum pratense</i>	1	5	<i>Taraxacum officinale</i>		3
<i>Equisetum sylvaticum</i>	2	6	<i>Tilia cordata</i>	4	4
<i>Euonymus europaea</i>	2	5	<i>Trientalis europaea</i>	8	4
<i>Filipendula ulmaria</i>	1	7	<i>Ulmus glabra</i>	1	
<i>Fragaria vesca</i>		2	<i>Urtica dioica</i>		7
<i>Frangula alnus</i>	2	1	<i>Vaccinium myrtillus</i>	7	3
<i>Fraxinus excelsior</i>	2	8	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	2	1
<i>Galeobdolon luteum</i>	5	9	<i>Veronica chamaedrys</i>		1
<i>Galeopsis sp.</i>	1	6	<i>Veronica officinalis</i>		1
<i>Galium odoratum</i>	3		<i>Viola sp.</i>	3	6
<i>Geum rivale</i>		6	<b>Sūnu sugas</b>		
<i>Hepatica nobilis</i>	3	6	<i>Atrichum undulatum</i>	3	
<i>Impatiens noli-tangere</i>	2	7	<i>Aulacomnium palustre</i>	1	
<i>Iris pseudacorus</i>		1	<i>Brachythecium rutabulum</i>	3	5
<i>Juncus filiformis</i>	2		<i>Calliergon cordifolium</i>	1	2
<i>Lathyrus sp.</i>		1	<i>Calliergonella cuspidata</i>	2	3
<i>Lathyrus vernus</i>		2	<i>Climacium dendroides</i>		2
<i>Luzula multiflora</i>		1	<i>Dicranum polysetum</i>	6	3
<i>Luzula pilosa</i>	8	5	<i>Dicranum scoparium</i>	3	3
<i>Luzula sp.</i>		1	<i>Eurhynchium angustirete</i>	8	9
<i>Lycopus europaeus</i>	3	1	<i>Hylocomium splendens</i>	6	6
<i>Lysimachia vulgaris</i>	2	4	<i>Plagiochila asplenioides</i>	2	
<i>Maianthemum bifolium</i>	9	7	<i>Plagiomnium affine</i>	8	9
<i>Melampyrum nemorosum</i>		4	<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	4	4
<i>Melica nutans</i>		2	<i>Plagiomnium undulatum</i>		3
<i>Mercurialis perennis</i>		8	<i>Plagiothecium sp.</i>	1	
<i>Milium effusum</i>		4	<i>Pleurozium schreberi</i>	6	4
<i>Moehringia trinervia</i>		2	<i>Polytrichum commune</i>	3	
<i>Mycelis muralis</i>		2	<i>Rhizomnium punctatum</i>	4	4
<i>Naumburgia thyrsoiflora</i>	2		<i>Rhodobryum roseum</i>	1	3
<i>Oxalis acetosella</i>	9	9	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	3	8
<i>Paris quadrifolia</i>		4	<i>Sphagnum girgensohnii</i>	4	
<i>Persicaria hydropiper</i>		1	<i>Sphagnum squarrosum</i>	3	
<i>Phegopteris connectilis</i>	2		<i>Tetraphis pellucida</i>	1	
<i>Picea abies</i>	7	6	<i>Thuidium tamariscinum</i>	3	1

Vislielākais sugu skaits noteikts uz transektēm S-vb-dab (58 sugas), N-vb-st (52 sugas) apsektajā audzē Ap un N-vb-st (45 sugas), N-vb-dab (48 sugas) audzē Vr. Savukārt, vismazākais sugu skaits konstatēts uz transektes kontroles parauglaukumā objektā Vr (2.62. attēls). Sugu skaita vidējās vērtības vienā transektē variēja no 7.2 līdz 10.8 sugām uz vienas transektes objektā Ap un no 4.4 līdz 9.6 sugām uz vienas transektes objektā Vr (2.62. attēls). Salīdzinoši mazāks sugu skaits konstatēts objektā Vr.



2.62. attēls. Sugu skaits apsektajās transektēs

Vislielākā sugu daudzveidība (atbilstoši Šenona-Vīnera indeksam) noteikta uz trim transektēm objektā Ap un uz vienas transektes objektā Vr (2.63. attēls). Vidēji lielāks daudzveidības indekss konstatēts objekta Ap parauglaukumos ( $H' = 1.7$ ), salīdzinājumā ar objekta Vr parauglaukumiem ( $H' = 1.5$ ).



2.63. attēls. Šenona-Vīnera daudzveidības indekss apsektajās transektēs

Katru izpētes objektu raksturo noteikta vaskulāro augu un sūnas sugu flora. Kopumā lielāks sugu skaits un sugu daudzveidība sastopama audzē patlapju ārenī Ap salīdzinājumā ar vēra audzi Vr.

#### 2.1.2.4. Augsnes bioloģiskās daudzveidības noteikšana

Augsnes paraugi mikrobioloģiskās daudzveidības noteikšanai tika ievākti 2022. gada rudenī (11.10.2022.-25.10.2022.), izmantojot modificētu protokolu, kas ir aprakstīts Tedersoo et al. (2014). Abos pētījuma objektos augsnes paraugi tika ievākti visos plānotās mežizstrādes parauglaukumos, kā arī kontroles parauglaukumos.

Lai iegūtu reprezentatīvus paraugus, kas vispārīgi raksturo katru parauglaukumu, katrs parauglaukums tika sadalīti četros kvadrantos. Katrā kvadrantā tika izvēlēti pieci parauglaukuma kvadrantam raksturīgi koki, pietuvojoties parauglaukuma ārējām robežām ne tuvāk par 5 m (buferjosla starp parauglaukumiem). Katra izvēlēta koka pretējās pusēs 1-1.5 m attālumā no stumbra tika paņemts viens augsnes parauga tehniskais atkārtojums ar nerūsējošā tērauda paraugošanas cilindru (diametrs 50 mm, augstums 100 mm), to mehāniski iedzenot augsnē līdz ar augsnes virskārtu un izceļot ar tam paredzētu sviru no ārpuses. Visi izmantotie instrumenti bija mazgāti un apstrādāti ar 70% etilspirtu un dejonizētu ūdeni. Pirms paraugošanas cilindra iedzīšanas augsnē no augsnes virskārtas tika noņemta veģetācija (sūnas, vaskulārie augi, sīkkrūmi) un nedzīvā zemsedze. Katra parauglaukuma ietvaros tika ievākti 40 tehniskie atkārtojumi, kurus ievietoja tīrā, aizspiežamā plastmasas maisā un rūpīgi sakratīja. No kompozītparauga tika izdalīti 2x50 mL augsnes, lai to uzglabātu laboratorijā pie -80°C līdz DNS ekstrakcijai. Pārējo paraugu izmantoja augsnes vispārīgās ķīmijas parametru noteikšanai. Visus paraugus transportēja uz laboratoriju +4°C apstākļos. DNS izdalīts no 2 g augsnes gan pēc iespējas ātrāk pēc augsnes ievākšanas, gan pēc monitoringa beigām.

#### Literatūra

1. Āboloņa, A., Piterāns, A., Bambe, B. 2015. Latvijas ķērpji un sūnas. Taksonu saraksts. DU AA "Saule", Salaspils: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", 213. Lpp.
2. Gavrilova Ģ., Šulcs V. 1999. Latvijas vaskulāro augu flora: Taksonu saraksts. Rīga: Latvijas Akadēmiskā Bibliotēka, 136 lpp.
3. Tedersoo, L., Bahram, M., Pölme, S., Kõljalg, U., Yorou, N. S., Wijesundera, R., et al. 2014. Global diversity and geography of soil fungi. *Science* 346:1078. doi: 10.1126/science.1256688

### **2.2. Meža apsaimniekošanas ainavu līmeņa ietekmes un mežizstrādes tehnikas pārvietošanās un augsnes gatavošanas ietekmes uz vielu apriti un ūdens kvalitāti izpēte**

#### *2.2.1. Ūdens paraugu ievākšana Zalvītes modeļteritorijā meža apsaimniekošanas ainavu līmeņa ietekmes novērtēšanai*

##### 2.2.1.1. Objekti un metodika

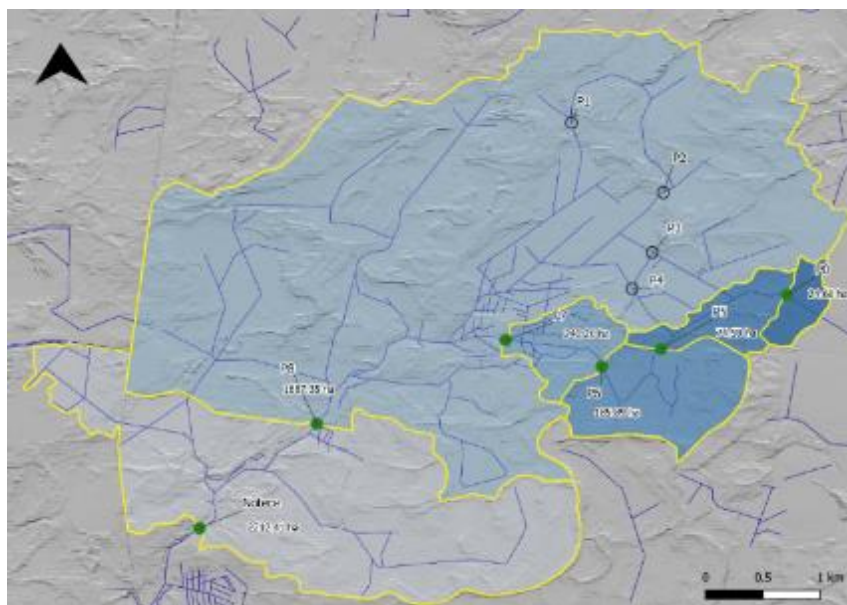
Pētījums tiek veikts Zalvītes modeļteritorijā, kas atrodas Zalvītes strauta sateces baseinā (baseina izmērs 2762.1 ha) Lielupes upju baseinu apgabalā. Vairāk par 95% no teritorijas aizņem mežs, >90% no tā apsaimnieko AS "LVM", un kopš 2015. gada platībā veikta daudzveidīga saimnieciskā darbība. Teritorijā iepriekšējos sešus gadus jau veikti pētījumi par mežsaimniecības un meža infrastruktūras izbūves un renovācijas ietekmi uz vidi. Šajā izpētes periodā pētījumi tiek turpināti, un to mērķis ir noskaidrot, kā mežsaimniecības prakse ietekmē biogēno un citu elementu koncentrācijas un iznesi (tajā skaitā dzīvsudrabu un metildzīvsudrabu) sateces baseina un objekta mērogā, kvantificējot riskus ūdens kvalitātei un pievēršot uzmanību gan mežsaimniecības praksei kopumā, gan specifiskām darbībām, kas ietekmē augsnes struktūru un kuru ietekme uz ūdens kvalitāti Latvijā līdz šim nav pētīta, - meža tehnikas pārvietošanās un augsnes sagatavošana.

2022. gadā tiek turpināta ūdens paraugu ņemšana Zalvītes modeļteritorijā iepriekšējā gadā precizētajos paraugu ņemšanas punktos grāvjos/strautā, kā arī nokrišņu paraugu ņemšana. Lai saglabātu nepārtrauktu datu rindu, ūdens paraugu ņemšana un papildu parametru noteikšana ar zondi vienu reizi mēnesī tiek turpināta visa gada garumā, kā arī bez pārtraukuma tiek fiksēts noteces apjoms. Informācija par paraugu ņemšanas vietām, apakšbaseiniem un veiktajiem mērījumiem ir apkopota 2.6 tabulā un 2.64. attēlā.

2.6. tabula

### Ūdens kvalitātes mērījumu punkti Zalvītes strautā

Mērījumu punkta nosaukums	Mērījumu punkta apraksts	Paraugošanas/mērījumu biežums
ZALV P0	Zalvītes strauta iztece no Saukas purva	1x mēnesī
ZALV P5	2015.gadā renovēts meža ceļš šķērso Zalvītes strautu, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
ZALV P6	Meža ceļš šķērso Zalvītes strautu, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
ZALV P7	Nerenovēts meža ceļš šķērso Zalvītes strautu	1x mēnesī
ZALV P8	2017.g. izbūvēts meža ceļš šķērso Zalvītes strautu	1x mēnesī
ZALV notece	Noteces mērīšanas punkts Zalvītes strautā	1x mēnesī



**2.64. attēls. Aktīvie mērījumu un ūdens paraugu ņemšanas punkti Zalvītes strautā un tiem atbilstošie apakšbaseini**

#### 2.2.1.2. Meteoroloģiskie rādītāji Zalvītes modeļteritorijā

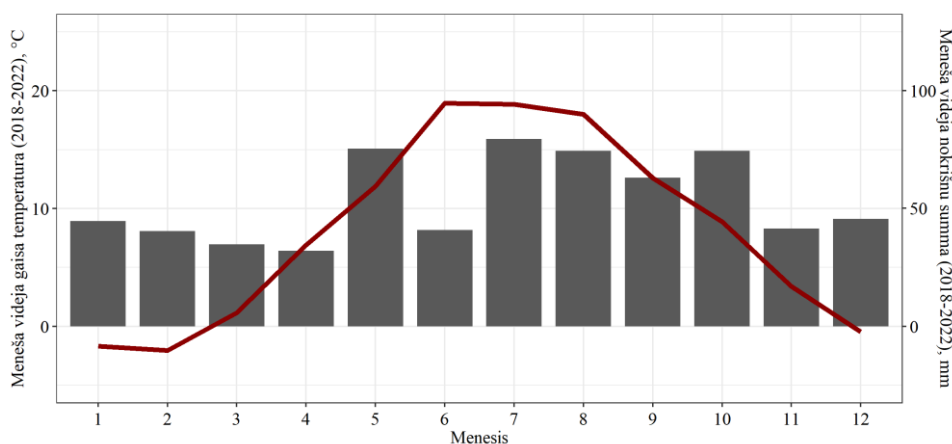
Zalvītes modeļteritorijā 2018. gadā tika uzstādīta meteostacija, kas pastāvīgi veic gaisa temperatūras, gaisa spiediena, gaisa mitruma, vēja ātruma un nokrišņu daudzuma mērījumus. Turpmāk apkopoti meteoroloģiskie dati no 2018. gada 1. janvāra līdz 2022. gada 30. novembrim.

Gada vidējā gaisa temperatūra Latvijā (1991-2020) ir +6.8° C, vissiltākais mēnesis – jūlijs ar vidējo gaisa temperatūru +17.8° C, turpretim visaukstākie mēneši ir janvāris un februāris ar

vidējo temperatūru  $-3.0$  un  $-3.1^{\circ}\text{C}$  (LVĢMC, 2022). Zalvītes modeļteritorijā novērojumu periodā gada vidējā gaisa temperatūra bija augstāka par vidējo rādītāju valstī,  $+8.3^{\circ}\text{C}$ , un pa gadiem tā svārstījās no  $+7.2^{\circ}\text{C}$  2021. gadā līdz  $+9.1^{\circ}\text{C}$  2020. gadā.

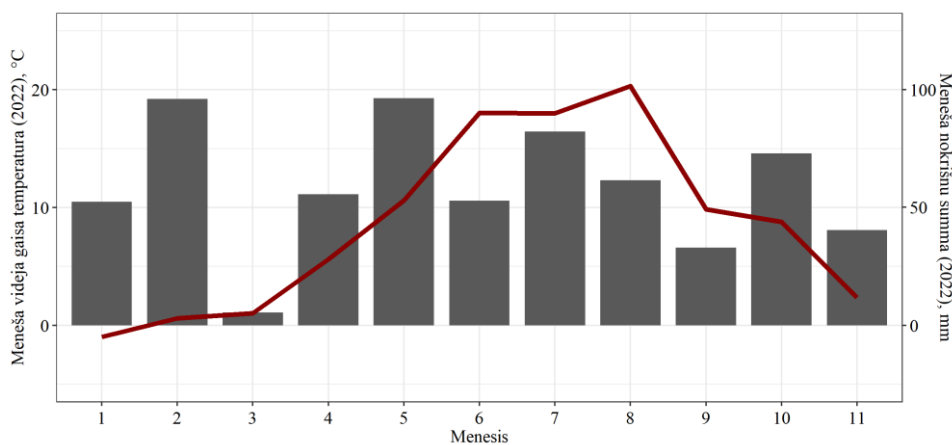
Vidējais nokrišņu daudzums Latvijā (1991-2020) ir 686 mm gadā. Visvairāk nokrišņi novēroti augustā un jūlijā (77 mm un 76 mm), turpretim vismazāk nokrišņi novēroti aprīlī - 34 mm (LVĢMC, 2022). Zalvītes modeļteritorijā novērojumu periodā vidējā gada nokrišņu summa bija nedaudz mazāka par valsts vidējo rādītāju, 638 mm, kas pa gadiem svārstījās no 510 mm 2018. gadā līdz 780 mm 2020. gadā.

Zalvītes modeļteritorijā novērojumu periodā vissiltākie mēneši bija jūnijs un jūlijs ar vidējo gaisa temperatūru  $+18.9^{\circ}\text{C}$ , turpretim visaukstākais mēnesis – februāris ar vidējo gaisa temperatūru  $-2.0^{\circ}\text{C}$  (2.65. attēls). Visvairāk nokrišņu tika novērots jūlijā, kad vidējais nokrišņu apjoms novērojumu periodā sasniedza 80 mm.



**2.65. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un vidējais mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā no 2018. gada 1. janvāra līdz 2022. gada 30. novembrim**

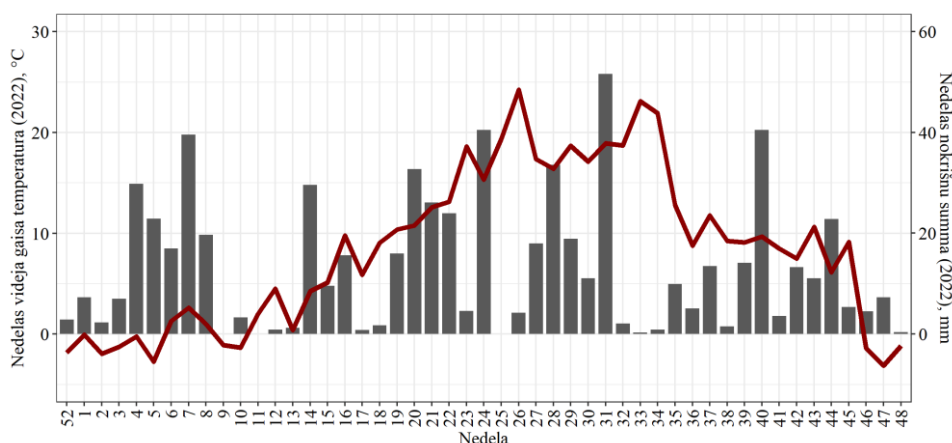
2022. gadā Zalvītes modeļteritorijā gada vidējā gaisa temperatūra bija  $+8.6^{\circ}\text{C}$ ; nokrišņu daudzums līdz 30. novembrim sasniedza 649 mm. Siltākais mēnesis bija augusts ar vidējo gaisa temperatūru  $+20.3^{\circ}\text{C}$ ; aukstākais mēnesis bija janvāris ar vidējo gaisa temperatūru  $-1.0^{\circ}\text{C}$  (2.66. attēls). Visvairāk nokrišņu tika novērots maijā, sasniedzot 96 mm.



**2.66. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā no 2022. gada 1. janvāra līdz 2022. gada 30. novembrim**



Vissiltākā nedēļa 2022. gadā Zalvītes modeļteritorijā bija 26. nedēļa, kad vidējā gaisa temperatūra sasniedza +24.2° C (2.67. attēls). Visaukstākā nedēļa bija 47. nedēļa, kad vidējā gaisa temperatūra bija -3.1° C. Nokrišņiem visbagātākā bija 31. nedēļa, kad nolija 52 mm.



**2.67. attēls. Nedēļu vidējās gaisa temperatūras un nedēļu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā no 2022. gada 1. janvāra līdz 2022. gada 30. novembrim**

#### 2.2.1.2. Virszemes ūdens kvalitātes rādītāji Zalvītes modeļteritorijā

Virszemes ūdens kvalitātes raksturošanai Zalvītes modeļteritorijā noteikti sekojoši parametri: izšķīdušā skābekļa (ODO) saturs, duļķainība, suspendēto daļiņu (TSS) saturs, pH, elektrovadītspēja (EVS), biogēno elementu saturs ( $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P), bāzisko katjonu (Ca, Mg, K) saturs, kopējā slāpekļa ( $N_{\text{kop.}}$ ) un izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) saturs.

Ūdenī izšķīdušais skābeklis ir viens no dzīvības procesus limitējošajiem faktoriem ūdens ekosistēmās. Lai dzīvības procesi noritētu normāli, izšķīdušā skābekļa saturs nedrīkst būt mazāks par  $5 \text{ mg L}^{-1}$  (Melecis, 2011; Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). 2.68. attēlā parādīts vidējais izšķīdušā skābekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gadā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumi rāda, ka šajā periodā izšķīdušā skābekļa saturs virszemes ūdeņos svārstījās amplitūdā no  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  paraugu ņemšanas vietā P6 2021. gada jūlijā līdz  $12,4 \text{ mg L}^{-1}$  Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā 2020. gada martā. Gada vidējais izšķīdušā skābekļa saturs virszemes ūdeņos objektā Zalvīte svārstījās amplitūdā no  $5,4 \pm 0,6 \text{ mg L}^{-1}$  paraugu ņemšanas vietā P5 (2018. gads) līdz  $10,1 \pm 0,7 \text{ mg L}^{-1}$  Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā (2020. gads).

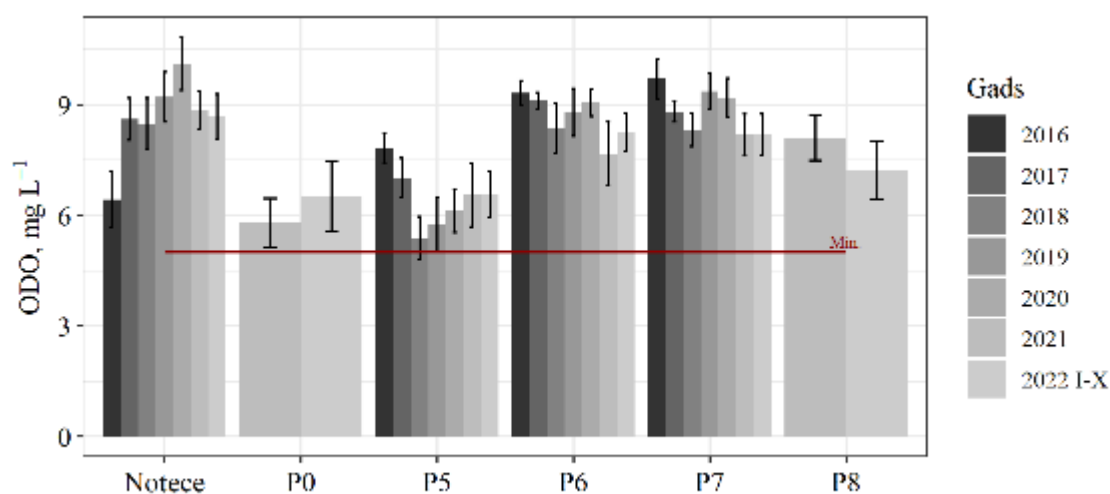
Kopš 2021. gada izšķīdušā skābekļa satura mērījumi veikti paraugu ņemšanas punktā P0, kas ierīkots Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva. Šajā paraugu ņemšanas punktā novērots zemākais izšķīdušā skābekļa saturs Zalvītes modeļteritorijā (vidēji  $5,8 \pm 0,7 \text{ mg L}^{-1}$  2021. gadā un  $6,5 \pm 1,0 \text{ mg L}^{-1}$  2022. gadā), kas ir tikai nedaudz virs robežvērtības  $5 \text{ mg L}^{-1}$ , kas nosaka dzīvības procesu normālu norisi. Salīdzinoši zemākās izšķīdušā skābekļa vērtības skaidrojamas ar lielāku tā patēriņu organisko vielu noārdīšanās procesos, jo Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva novērots salīdzinoši liels organisko vielu saturs (2.68., 2.76. attēls).

Renovētajos grāvjos (paraugu ņemšanas punkti P5-P8) 2018. gadā vērojams izšķīdušā skābekļa satura samazinājums. Izšķīdušā skābekļa koncentrācijas samazināšanās visticamāk ir saistāma ar meteoroloģiskajiem apstākļiem – sauso un karsto vasaru. 2018. gadā Zalvītes modeļteritorijā kopējais nokrišņu daudzums (486 mm) bija ievērojami zem Latvijas ilgtermiņa vidējā nokrišņu daudzuma (692 mm gadā). Turklāt skābekļa šķīdība samazinās, palielinoties ūdens temperatūrai. Izšķīdušā skābekļa saturu ietekmē arī organiskās vielas veidošanās un sadalīšanās

procesi ūdensobjektos – jo intensīvāk noris, piemēram, ūdensaugu atmiršana, jo vairāk pieejamā izšķīdušā skābekļa tiek patērēts organiskās vielas sadalīšanās procesos (2.76. attēls). Turklāt jāņem vērā, ka 2018. gadā gaisa temperatūra arī rudens mēnešos bija visai augsta, tādējādi saglabājot augstu bioloģisko aktivitāti ūdensobjektos. Kaut gan kopumā renovētajos grāvjos 2016. – 2022. gada pētījuma periodā vidējais izšķīdušā skābekļa saturs bija  $> 5,4 \text{ mg L}^{-1}$ , atsevišķos periodos dzīvības procesi skābekļa trūkuma dēļ varēja būt ietekmēti.

Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā izšķīdušā skābekļa saturs svārstījās amplitūdā no  $3,1 \text{ mg L}^{-1}$  līdz  $12,4 \text{ mg L}^{-1}$ . Mērījumu rezultāti liecina, ka, līdzīgi kā renovētos grāvjos, arī Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā dzīvības procesi skābekļa trūkuma dēļ atsevišķos periodos varēja būt ierobežoti. Šajā gadījumā tas visdrīzāk skaidrojams ar paraugu ņemšanas vietas spēcīgo noēnojumumu. Noteces mērīšanas punktā praktiski nav ūdensaugu veģetācijas, kas fotosintēzes rezultātā varētu papildināt ūdenstecē izšķīdušā skābekļa krājumus.

2019. un 2020. gada pētījuma periodā izšķīdušā skābekļa saturs vidēji ir palielinājies visos paraugu ņemšanas punktos, salīdzinot ar 2018. gadu. Turklāt Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā 2020. gadā novērotas augstākā gada vidējās izšķīdušā skābekļa satura vērtība visā novērojumu periodā (laika posmā no 2016. gada). Tas varētu būt skaidrojams ar nokrišņu daudzumu, kas 2020. gadā bija ievērojami lielāks nekā iepriekšējos gados. 2022. gadā vidējais izšķīdušā skābekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā saglabājas līdzīgs kā 2021. gadā.



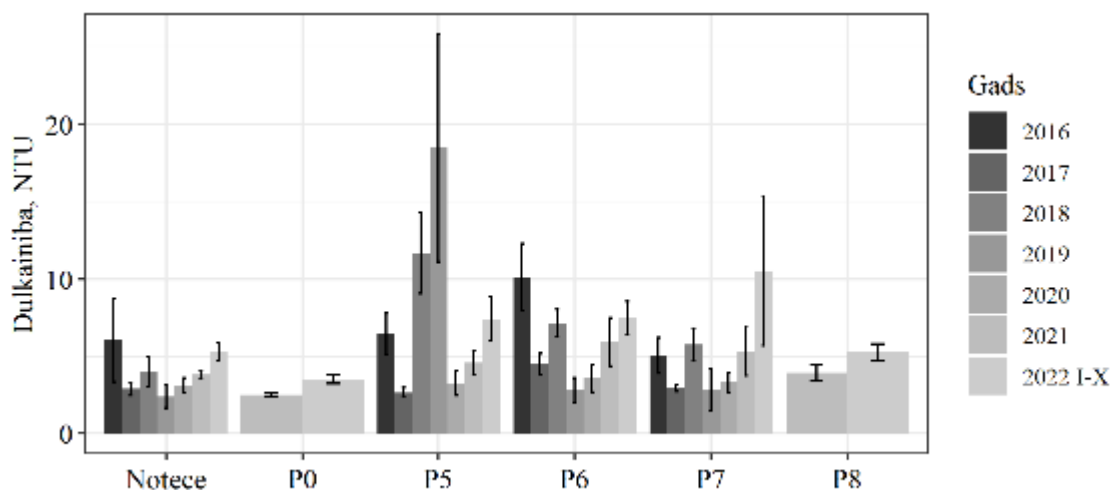
**2.68. attēls. Vidējais izšķīdušā skābekļa (ODO) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. - 2022. gadā. Sarkanā līnija atspoguļo izšķīdušā skābekļa satura robežvērtību ( $5 \text{ mg L}^{-1}$ ), kuru nesasniedzot, dzīvības procesu normāla norise var tikt ierobežota skābekļa trūkuma dēļ.**

Ūdens duļķainību ietekmē suspendēto daļiņu, koloīdu, izšķīdušo vielu un mikroorganismu saturs ūdenī; dabas ūdeņos to rada suspendētais materiāls (māla, smilts un putekļu daļiņas, neorganiskās un organiskās vielas), aļģes, planktons vai citi mikroskopiski organismi, kas kavē gaismas caurlaidību ūdenī. Ūdens duļķainību rada arī krāsaina un fluorescējoša organiskā matērija (piemēram, humīnskābes). Liela ūdens duļķainība samazina saules gaismas caurlaidību ūdens vidē, un līdz ar to negatīvi ietekmē fotosintēzes norisi.

2.69. attēlā atspoguļota virszemes ūdeņu vidējā duļķainība Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gadā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumi norāda, ka šajā periodā duļķainība virszemes ūdeņos galvenokārt svārstījās amplitūdā līdz 70,3 NTU (nefelometriskās *duļķainības* vienības – *nephelometric turbidity units*). Gada vidējā duļķainības vērtība pētījuma objektā nepārsniedz  $18,5 \pm 7,4$  NTU.

2017. gadā, kad pētījuma objektā veikta meža infrastruktūras izbūve, nav vērojama vidējās duļķainības rādītāju palielināšanās, salīdzinot ar 2016. gadu (references periods pirms saimnieciskās darbības uzsākšanas). Savukārt 2018. gadā, kad pētījuma objektā veikti mežizstrādes darbi, vidējie duļķainības rādītāji virszemes ūdeņos ir palielinājušies, salīdzinot ar 2017. gadu, un atsevišķos paraugu ņemšanas punktos (piemēram, P5 un P7) salīdzinot arī ar 2016. gadu. Šo ūdens duļķainības vidējo rādītāju palielinājumu nevar tieši saistīt ar mežizstrādes darbu veikšanu, jo vidējie duļķainības rādītāji palielinājušies gan punktos, kur veikti mežizstrādes darbi tieši to tuvumā (P5 un P6), gan punktos, kur mežizstrādes darbi tieši tuvumā nav veikti (P7).

2019. gadā paraugu ņemšanas vietā P5 konstatēta novērojuma perioda (2016. – 2022. gads) augstākā gada vidējā duļķainība –  $18,5 \pm 7,4$  NTU. Tas visticamāk skaidrojams ar nelielu ūdens daudzumu grāvī, jo mežizstrāde tieši šī punkta tuvumā ir veikta jau 2018. gada februārī. Sevišķi augstas duļķainības vērtības šajā paraugu ņemšanas punktā konstatētas tieši vasaras mēnešos. Kopumā var secināt, ka Zalvītes modeļteritorijā veiktā salīdzinoši intensīvā meža infrastruktūras izbūve un mežizstrādes darbi nav negatīvi ietekmējuši šī ūdens kvalitātes rādītāja vērtības. 2022. gadā vidējā duļķainība virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā ir nedaudz palielinājusies visās paraugu ņemšanas vietās, īpaši P7, salīdzinot ar 2019.-2021. gadu. Lielākajā daļā paraugu visā pētījuma periodā duļķainības līmenis nepārsniedz 10 NTU, kas uzskatāms par zemu rādītāju (EPA 2017, DataStream Initiative 2021).



**2.69. attēls. Vidējā virszemes ūdeņu duļķainība Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā**

Suspendētās jeb koloidālās daļiņas (TSS) ir daļiņas, kuru diametrs ir lielāks par  $2 \mu\text{m}$ ; lielāko to daļu dabas ūdeņos veido neorganiskā viela. Saules siltuma absorbcijas rezultātā liels suspendēto daļiņu saturs ūdenī var veicināt ūdens temperatūras paaugstināšanos un izšķīdušā skābekļa satura samazināšanos (2.70. attēls).

2.70. attēlā atspoguļots vidējais suspendēto daļiņu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumu rezultāti

norāda, ka kopējais suspendēto daļiņu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā laika posmā kopš 2016. gada svārstījās amplitūdā no  $< 1 \text{ mg L}^{-1}$  līdz  $438 \text{ mg L}^{-1}$  paraugu ņemšanas vietā P5 2016. gada jūlijā. Salīdzinoši lielāks suspendēto daļiņu saturs ( $> 100 \text{ mg L}^{-1}$ ) virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā konstatēts tikai atsevišķos gadījumos (2,7% gadījumu) un nav tieši saistāms ar ceļa rekonstrukciju vai mežsaimniecisko darbību veikšanu paraugu ņemšanas vietu tiešā tuvumā.

Laika posmā kopš 2016. gada Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā neliels suspendēto daļiņu satura palielinājums konstatēts tikai 2020. gadā (vidēji  $18 \pm 14 \text{ mg L}^{-1}$ ), kas skaidrojams ar palielinātu suspendēto daļiņu saturu Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā 2020. gada februārī ( $153 \text{ mg L}^{-1}$ ). Vidējais kopējais suspendēto daļiņu saturs Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā bija  $10 \pm 3 \text{ mg L}^{-1}$ .

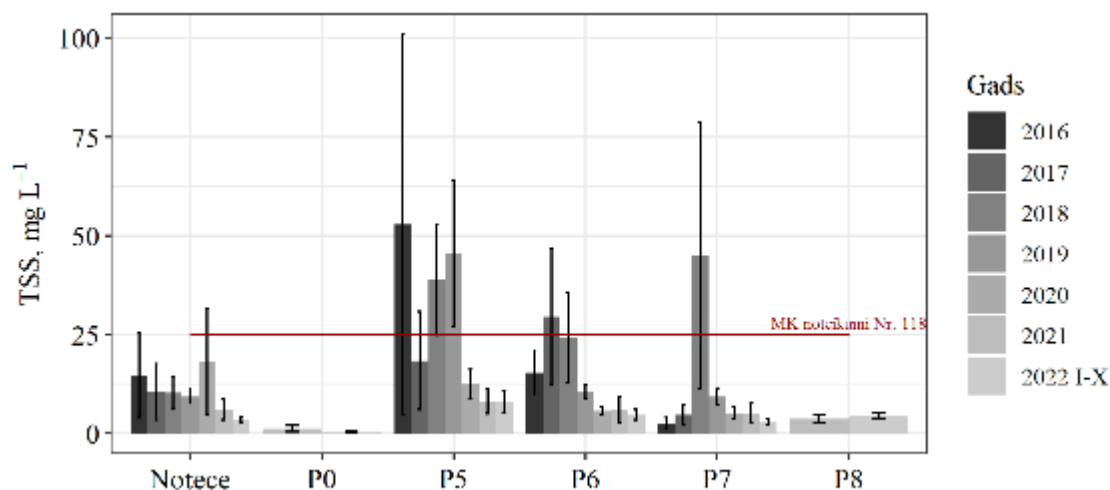
Renovētajos grāvjos (paraugu ņemšanas punkti P5-P8) pētījuma perioda vidējais suspendēto daļiņu saturs variē no  $2,6 \pm 1,4 \text{ mg L}^{-1}$  (P7, 2016. gads) līdz  $53 \pm 48 \text{ mg L}^{-1}$  (P5, 2016. gads), ko nosaka ekstremāli augstā vērtība paraugu ņemšanas vietā 2016. gada jūlija mēnesī ( $438 \text{ mg L}^{-1}$ ). Minētais suspendēto daļiņu satura palielinājums paraugu ņemšanas vietā P5 nav skaidrojams ar mežsaimniecisko darbību veikšanu, jo ne ceļa rekonstrukcija, ne arī mežizstrādes darbi 2016. gadā nav veikti grāvja tiešā tuvumā.

Kopš 2021. gada suspendēto daļiņu satura mērījumi veikti paraugu ņemšanas punktā P0, kas ierīkots Zalvītes strauta iztecē no Saukas purva. Šajā paraugu ņemšanas punktā novērots zemākais suspendēto daļiņu saturs Zalvītes modeļteritorijā (vidēji  $1,2 \pm 0,8 \text{ mg L}^{-1}$  2021. gadā un  $0,5 \pm 0,2 \text{ mg L}^{-1}$  2022. gadā).

MK noteikumu Nr. 118 “Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti” 3.pielikumā “Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem” dotais mērķlielums suspendētajām daļiņām gan lašveidīgo, gan karpveidīgo zivju ūdeņos ir  $\leq 25 \text{ mg L}^{-1}$ , turklāt šis rādītājs var tikt pārsniegts neraksturīgu hidroloģisku vai meteoroloģisku apstākļu dēļ. Zalvītes modeļteritorijā gada vidējā suspendēto daļiņu satura vērtība pārsniedz  $25 \text{ mg L}^{-1}$  mērījumu punktos P5 (2016., 2018. un 2019. gads), P6 (2017. gads) un P7 (2018. gads), bet tas galvenokārt saistīts ar atsevišķiem un īslaicīgiem suspendēto daļiņu satura palielinājumiem.

2018. un 2019. gada pētījumu periodā, kad Zalvītes modeļteritorijā veikti mežizstrādes darbi, minētais mērķlielums suspendētajām daļiņām ( $25 \text{ mg L}^{-1}$ ) pārsniegts objektos P5 (gan 2018., gan 2019. gads) un P7 (2018. gads). Analizējot datus pa mēnešiem, konstatēts, ka suspendēto daļiņu mērķlielums minētos objektos pārsniegts galvenokārt īslaicīga suspendēto daļiņu satura palielinājuma rezultātā, ko visticamāk izraisījis kāds mehānisks saduļķojums vai, piemēram, stipra lietusgāze. 2022. gadā vidējais suspendēto daļiņu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā saglabājas līdzīgs kā 2021. gadā, nevienā paraugu ņemšanas punktā nepārsniedzot robežvērtību un tai pat nepietuvojoties.

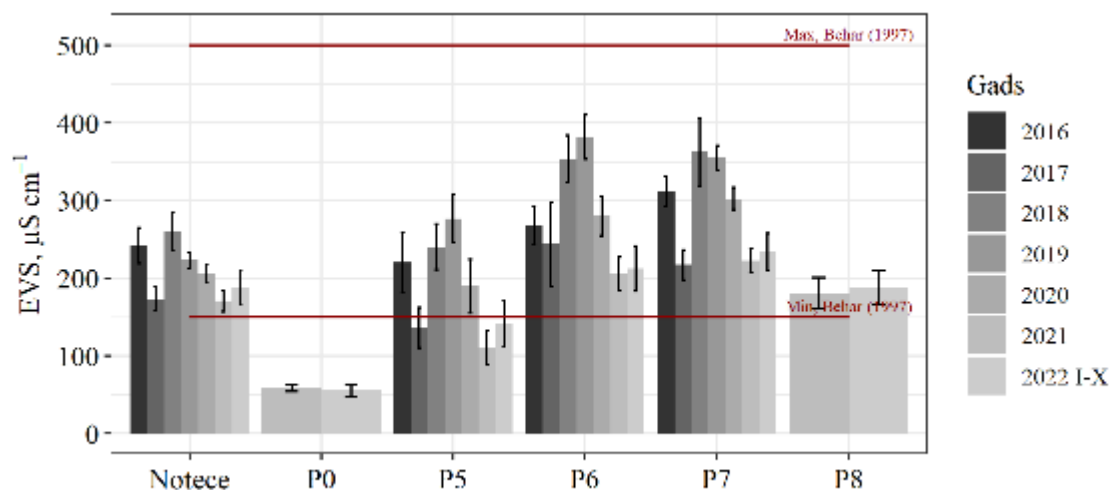
Tātad suspendēto daļiņu gada vidējo vērtību variāciju galvenokārt nosaka atsevišķas, netipiski augstas suspendēto daļiņu satura vērtības, kas visticamāk radušās mehāniska traucējuma rezultātā. Vidējā suspendēto daļiņu satura palielinājums virszemes ūdeņos nav saistāms ar mežizstrādes darbu veikšanu paraugu ņemšanas punktu tiešā tuvumā.



**2.70. attēls. Vidējais kopējais suspendēto daļiņu (TSS) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā. Sarkanā līnija atspoguļo MK noteikumu Nr. 118 3.pielikuma “Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem” mērķlielumu suspendētajām daļiņām lašveidīgo un karpveidīgo zivju ūdeņos.**

Ūdens elektrovadītspēja (EVS) tieši raksturo ūdenī izšķīdušo kopējo sāļu daudzumu. Elektrovadītspēju ietekmē ūdens temperatūra – jo tā augstāka, jo lielāka arī elektrovadītspēja. 2.71. attēlā atspoguļota virszemes ūdeņu vidējā elektrovadītspēja Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumi norāda, ka laika posmā kopš 2016. gada virszemes ūdeņu elektrovadītspēja svārstījās amplitūdā no 31,8  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (paraugu ņemšanas vietā P0, 2022. gada martā) līdz 810,0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (paraugu ņemšanas vietā P6, 2017. gada jūlijā). Gada vidējā elektrovadītspēja variē no  $55,6 \pm 8,2 \mu\text{S cm}^{-1}$  (P0, 2022. gads) līdz  $381,7 \pm 28,6 \mu\text{S cm}^{-1}$  (P6, 2019. gads). Visās paraugu ņemšanas vietās, kur ūdens kvalitātes mērījumi veikti kopš 2016. gada, augstākās gada vidējās elektrovadītspējas vērtības konstatētas 2018. vai 2019. gadā. Atsevišķās paraugu ņemšanas vietās (P6 un P7) arī 2020. gada pētījuma periodā saglabājas salīdzinoši augstas elektrovadītspējas vidējās vērtības, salīdzinot ar 2016. – 2017. gada pētījuma periodu. Savukārt 2021. un 2022. gadā visos ūdens kvalitātes monitorēšanas punktos, kur ūdens kvalitātes mērījumi veikti kopš 2016. gada, elektrovadītspējas vidējās vērtības ir samazinājušās, salīdzinot ar 2018. – 2020. gada pētījuma periodu. Minētais virszemes ūdens elektrovadītspējas paaugstinājums teorētiski varētu būt saistīts ar mežizstrādes un augsnes sagatavošanas darbu veikšanu, kas veicinājuši elementu izskalošanos no augsnes Zalvītes modeļteritorijā.

Renovētos grāvjos (P5, P6, P7, P8) un Zalvītes strautā pētījuma periodā vidējā elektrovadītspēja bija  $239,5 \pm 6,1 \mu\text{S cm}^{-1}$ , bet mazākā vidējā elektrovadītspēja konstatēta paraugu ņemšanas vietā P0, kas ierīkota Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva, –  $57,0 \pm 4,6 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Atbilstoši Behar (1997) ūdenstecēs, lai tās spētu uzturēt daudzveidīgas dzīvo organismu populācijas, elektrovadītspējai ideālā gadījumā būtu jābūt robežās no 150 līdz 500  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Zalvītes modeļteritorijā, izņemot Zalvītes strauta izteku no Saukas purva, gada vidējā ūdens elektrovadītspēja variē visai tuvu Behar (1997) norādītajam elektrovadītspējas intervālam. Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva elektrovadītspēja nepārsniedz 96,5  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , arī atsevišķos gadījumos renovētos grāvjos (piemēram, P5) gada vidējā elektrovadītspēja ūdens paraugos bija mazāka par 100  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Tomēr zema ūdens elektrovadītspēja nedod pamatu bažām par kopēju ūdens kvalitātes pasliktināšanos.



**2.71. attēls. Vidējā virszemes ūdeņu elektrovadītspēja Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā. Sarkanā līnija atspoguļo elektrovadītspējas intervālu, kura robežās ūdens ekosistēmas spēj uzturēt daudzveidīgas dzīvo organismu populācijas (atbilstoši Behar, 1997).**

Ūdens pH vērtība atspoguļo ūdeņražā jonu koncentrāciju ūdenī un līdz ar to nosaka, cik skābs vai bāzisks ir ūdens. Tas ir nozīmīgs ūdens kvalitāti raksturojošs rādītājs, jo ne tikai ietekmē lielāko daļu ķīmisko un bioloģisko procesu, bet arī limitē dažādu sugu izplatību ūdens ekosistēmās. pH nosaka gan barības vielu un citu ķīmisko elementu šķīdību ūdenī, gan šo vielu bioloģisko pieejamību (vai smago metālu gadījumā – to toksiskuma līmeni). Metāli ir toksiskāki pie zemākām pH vērtībām, jo šādos apstākļos tie ir vairāk šķīstoši. pH izmaiņas par vienu vienību nozīmē to, ka skābums ir mainījies desmit reizes.

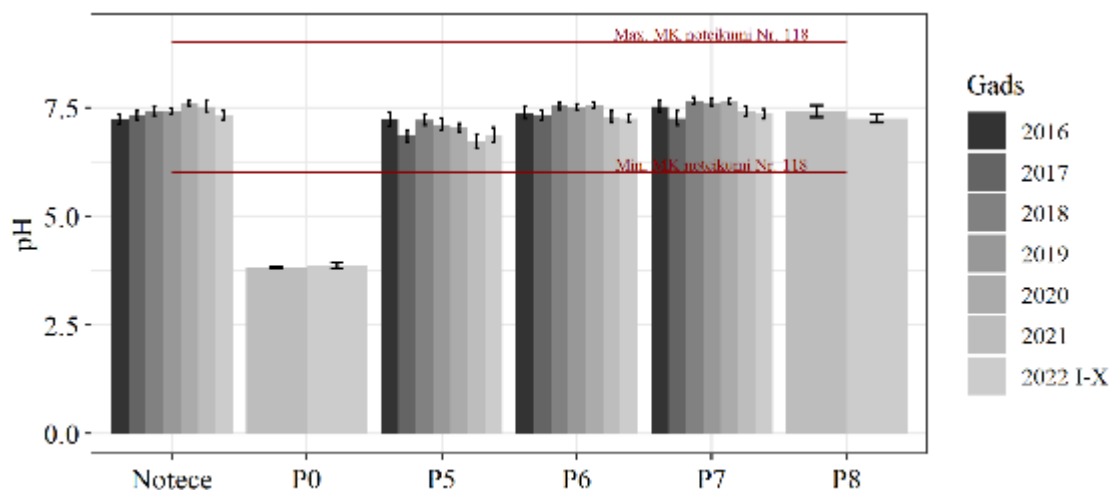
2.72. attēlā atspoguļots vidējais virszemes ūdeņu pH Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā. Ikmēneša virszemes ūdeņu kvalitātes mērījumu rezultāti norāda, ka ūdens pH svārstījās amplitūdā no 3,5 paraugu ņemšanas vietā P0, kas ierīkots Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva, līdz 8,4 paraugu ņemšanas vietā P7. Gada vidējās pH vērtības svārstījās amplitūdā no  $3,8 \pm 0,1$  paraugu ņemšanas vietā P0, kas ierīkots Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva, līdz  $7,6 \pm 0,1$  paraugu ņemšanas vietās P6, P7, kā arī Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā.

Dabiskās ūdenstecēs un ūdentilpnēs pH vērtība ir diapazonā no 6 – 8, bet izteikti negatīva ietekme uz ūdens organismiem sākas izpausties tad, kad ūdens pH samazinās zem 5 vai palielinās virs 9,6. MK noteikumu Nr. 118 “Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti” 3.pielikumā “Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem” dotais robežlielums gan lašveidīgo, gan karpveidīgo zivju ūdeņos ir pH intervāls no 6 līdz 9. ASV Vides aizsardzības aģentūras (U.S. EPA) noteiktais vides kvalitātes kritērijs saldūdens pH ir intervāls no 6,5 līdz 9,0 (U.S. EPA, 2021).

Mūsu pētījuma objekta ūdens kvalitātes novērošanas punktos P5-P8 un Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā analīžu rezultāti neliecina par virszemes ūdeņu paskābināšanas problēmu, kaut gan 2017., 2021. un 2022. gada pētījumu periodos atsevišķos ūdens kvalitātes novērošanas punktos (P5, P6, P7) vērojama virszemes ūdeņu vidējās pH vērtības samazināšanās, salīdzinot ar 2016. un 2018.-2020. gadu. Ūdenstecēs pH samazināšanos izraisa virkne dabisku faktoru, piemēram, skujū koku nobiru nokļūšana un sadalīšanās tajās, kā arī organiskās skābes. 2017. gadā palielinātā nokrišņu daudzuma dēļ bija lielāka virszemes notece, attiecīgi ūdenī nokļuva lielāks daudzums organiskās vielas, no kuras daļu veido organiskās skābes. Par šo dabisko

procesu tieši liecina izšķīdušā organiskā oglekļa satura palielināšanās mērījumu punktos 2017. gadā (2.72., 2.76. attēls).

Paraugu ņemšanas vietā P0, kas ierīkots Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva, vidējais ūdens pH 2021.-2022. gadā bija  $3,84 \pm 0,04$ . Saukas purvs ir augstais purvs un ūdeņu pH augstajos purvos parasti svārstās no 3,0 līdz 4,2. Vides reakciju augstajos purvos lielā mērā nosaka humīnvielu sadalīšanās process, mazākā mērā metabolisma procesi sfagnos *Sphagnum* spp. (Mežaka et al. 2021). Kopumā analizējot pH izmaiņas atsevišķos paraugu ņemšanas punktos Zalvītes modeļteritorijā, nav teorētiska pamatojuma apgalvot, ka nelielās izmaiņas būtu izraisījuši meža autoceļu būve vai mežizstrādes darbu veikšana. Turklāt promtekā – Zalvītes strautā – vērojama pat neliela ūdens bāziskuma palielināšanās tendence.



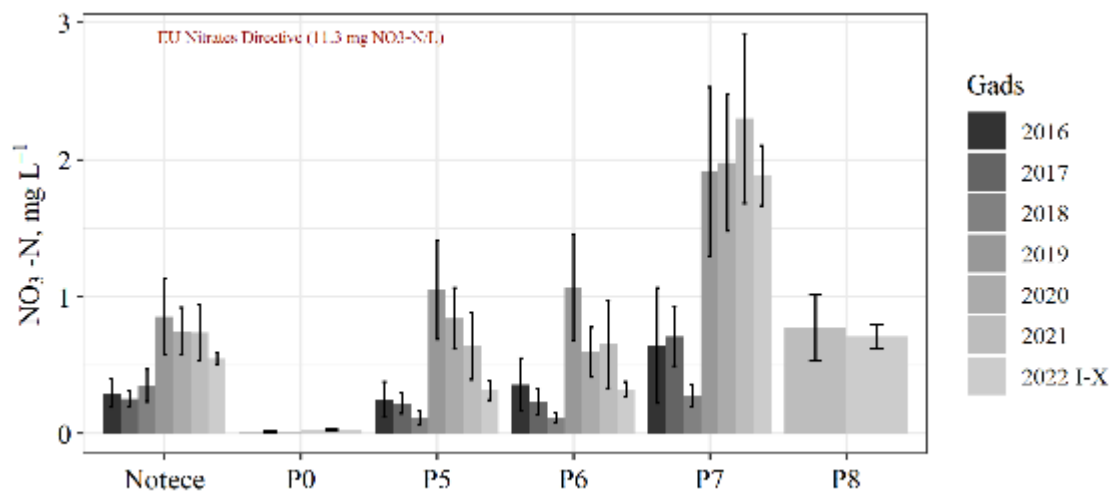
**2.72. attēls. Vidējais virszemes ūdeņu pH Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā. Sarkanās līnijas atspoguļo MK noteikumu Nr. 118 3.pielikuma “Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem” minimālo un maksimālo ūdens pH robežlielumu lašveidīgo un karpveidīgo zivju ūdeņos.**

Tīros virszemes ūdeņos nitrātu koncentrācija parasti ir līdz  $0,4\text{--}8 \text{ mg L}^{-1}$ , bet piesārņotos ūdeņos – pat līdz  $50 \text{ mg L}^{-1}$ , kas ir ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība. Nitrātu sezonālās mainības raksturu ietekmē atšķirības starp nitrātjonu pieplūdes un patēriņa avotiem. Galvenie nitrātu avoti meža ekosistēmās ir organisko un neorganisko vielu pārvērtības un transformācijas procesi. Slāpekļa savienojumu apriti nosaka mikroorganismu darbība (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Par vienu no nozīmīgākajām Latvijas ūdeņu kvalitātes problēmām tiek uzskatīts to piesārņojums ar augu barības vielām jeb biogēnajiem elementiem – slāpekļa, fosfora un silīcija savienojumiem, kālija joniem (Nikodemus et al., 2018). Līdz ar to nitrātu saturam virszemes ūdeņos tiek pievērsta īpaši liela vērība.

2.73. attēlā atspoguļots vidējais nitrātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā. Slāpekļa galvenā neorganisko savienojumu forma virszemes ūdeņos pētījuma objektā ir nitrātu forma – vidēji 43% no kopējā slāpekļa satura virszemes ūdeņos ir nitrātu formā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumu rezultāti rāda, ka 2016. – 2022. gada pētījuma periodā nitrātu saturs virszemes ūdeņos mūsu pētījuma objektā svārstījās amplitūdā no  $<0,01 \text{ mg NO}_3^{-}\text{-N L}^{-1}$  līdz  $6,61 \text{ mg NO}_3^{-}\text{-N L}^{-1}$ , bet gada vidējās nitrātu satura vērtības nepārsniedza  $2,30 \pm 0,62 \text{ mg NO}_3^{-}\text{-N L}^{-1}$ .

Visos ūdens paraugu ņemšanas punktos, kur ūdens kvalitātes mērījumi veikti kopš 2016. gada, tai skaitā Zalvītes straucha noteces mērīšanas punktā, 2019. gadā vērojams straujš vidējā nitrātu satura ūdenī palielinājums. Visticamāk šī paaugstinātā nitrātu koncentrācija 2019. gadā skaidrojama ar modeļteritorijā veikto mežizstrādi. Augstākās nitrātu vērtības paraugu ņemšanas punktos konstatētas mēnešos, kad fiksēta lielākā notece no platības (janvārī-martā un novembrī-decembrī). Šajos periodos augi neizmanto barības vielas, un situācijā, kad daļā teritorijas, jo sevišķi paraugu ņemšanas punktu tuvumā, ir relatīvi lielas platības, ko nesedz veģetācija (izcirtumi), ir iespējama elementu izskalošanās. Zalvītes straucha noteces mērīšanas punktā un paraugu ņemšanas punktos P5 un P6 2020. – 2022. gadā vērojams pakāpenisks vidējā nitrātu satura samazinājums, bet, neskatoties uz to, tās saglabājas salīdzinoši augstas, salīdzinot ar 2016. – 2018. gada pētījuma periodu. Paraugu ņemšanas punktā P7 2020. un 2021. gadā saglabājas nitrātu satura ūdenī palielināšanās tendence, bet 2022. gadā vērojams nitrātu satura samazinājums.

Zalvītes straucha sateces baseins atrodas Lielupes upju baseinu apgabalā. Laika posmā no 2016. līdz 2020. gadam gada vidējā  $\text{NO}_3^-$ -N koncentrācija Lielupes baseina ūdenstilpēs bija  $0,03 - 14,46 \text{ mg L}^{-1}$ , bet maksimālā koncentrācija –  $37,60 \text{ mg L}^{-1}$  – konstatēta Maučupes grīvā 2020. gadā (LVĢMC, 2017; LVĢMC, 2018; LVĢMS, 2019; LVĢMC, 2020; LVĢMC, 2021), kas ir ievērojami vairāk kā mūsu pētītajos virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā. Jāņem vērā, ka kopumā nitrātu saturam Latvijas upēs ir tendence pieaugt. Laika posmā no 2016. līdz 2019. gadam gada un ziemas vidējā koncentrācija, kā arī maksimāli novērotā gada koncentrācija ir pieaugusi lielākajā daļā monitoringa staciju Latvijā, salīdzinot ar 2011. – 2015. gadu.  $\text{NO}_3^-$ -N satura pieaugumu pēdējos gados var saistīt ne tikai ar antropogēno darbību, bet arī ar ekstremāliem klimatiskajiem un hidroloģiskajiem apstākļiem (LVĢMC, 2021).



**2.73. attēls. Vidējais nitrātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā. ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība ir  $11.3 \text{ mg NO}_3^-$ -N  $\text{L}^{-1}$**

Amonija joni dabas ūdeņos veidojas, sadaloties organiskajām slāpekli saturošajām vielām heterotrofo baktēriju darbības rezultātā. Sadaloties organiskajām vielām, kā starpprodukti veidojas relatīvi daudz dažādu slāpekļa savienojumu, tomēr to akumulācija ūdeņos nenotiek, jo to bioloģiskā stabilitāte ir zema. Atkarībā no vides pH, amonjaks ūdenī pastāv kā  $\text{NH}_4^+$  jons (tipiski, ja ūdens  $\text{pH} < 7$ ) vai nedisociētā  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Amonija joni sorbējas uz suspendētām daļiņām ūdenī, bet purvu ūdeņos tie var būt saistīti humīnskābju un fulvoskābju sāļu veidā. Saistīšanās ar organiskām vai suspendētām vielām samazina jonu bioloģisko pieejamību. Amonija jonu saturs

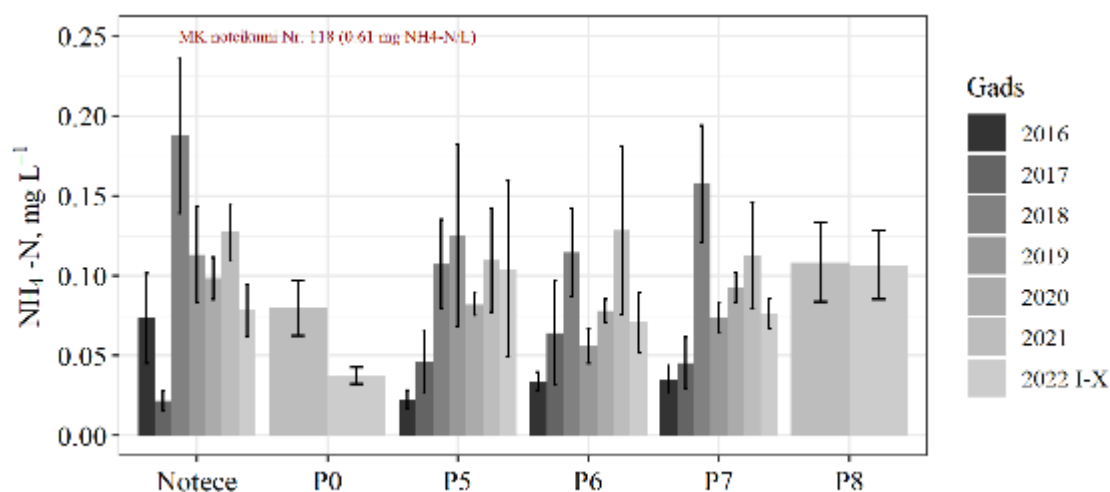


dabas ūdeņos ir atkarīgs no bioloģisko procesu rakstura tajos, un tāpēc sezonālie procesi ietekmē amonija jonu koncentrācijas. Tipiski vasaras sezonā notiek to intensīva asimilācija, bet ziemas laikā to koncentrācija ūdeņos pieaug (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004).

Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumi liecina, ka amonija jonu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā pētījuma periodā (2016. – 2022. gads) svārstījās amplitūdā līdz 0,67 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N L<sup>-1</sup>, bet visa pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs virszemes ūdeņos bija 0,087 ± 0,005 mg NH<sub>4</sub>-N L<sup>-1</sup> (2.74. attēls). Visā pētījuma periodā vidēji 5,3% no kopējā slāpekļa satura virszemes ūdeņos bija amonija jonu formā.

Salīdzinot pētījuma perioda vidējo amonija jonu saturu virszemes ūdeņos dažādās paraugu ņemšanas vietās, lielāks vidējais amonija jonu saturs konstatēts Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā 2018. gada pētījuma periodā (0,19 ± 0,05 mg NH<sub>4</sub>-N L<sup>-1</sup>). Kopumā kopš 2018. gada pētījuma periodā konstatēts vidējā amonija jonu satura palielinājums visos paraugu ņemšanas punktos, salīdzinot ar 2016. – 2017. gada pētījumu periodu. Visticamāk paaugstinātā amonija jonu koncentrācija skaidrojama ar modeļteritorijā veikto mežizstrādi.

Gan nitrātu, gan amonija jonu koncentrācijas dabas ūdeņos veģētācijas sezonas laikā stipri variē. Amonija joni dabas ūdeņos veidojas heterotrofisku baktēriju darbības rezultātā kā organiskās vielas sadalīšanās primārais galaprodukts. Slāpekļa nitrifikācijas procesu rezultātā amonija jonu koncentrācijas parasti ir zemas ūdeņos ar lielu izšķīdušā skābekļa saturu (2.68. attēls). Ja izšķīdušā skābekļa koncentrācijas dabas ūdeņos ir zemas, tiek pārtraukta amonija jonu nitrifikācija, samazinās sedimentu absorbcijas kapacitāte un palielinās amonija jonu atbrīvošana no sedimentiem. Rezultātā amonija jonu koncentrācijas var pieaugt (Quirós 2003). Atbilstoši MK noteikumiem Nr.118 “Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti” 3.pielikumam “Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem”, amonija jonu koncentrācijas robežlielums abu tipu ūdensobjektiem ir 0,78 mg L<sup>-1</sup> (attiecīgi NH<sub>4</sub>-N koncentrācijas robežlielums ir 0,61 mg L<sup>-1</sup>). Pētījuma periodā minētais robežlielums nedaudz pārsniegts tikai vienu reizi – 2019. gada jūlijā punktā P5.



2.74. attēls. Vidējais amonija jonu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā. MK noteikumu Nr. 118 3.pielikuma “Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem” robežlielums amonija jonu saturam lašveidīgo un karpveidīgo zivju ūdeņos ir 0,61 mg NH<sub>4</sub>-N L<sup>-1</sup>.

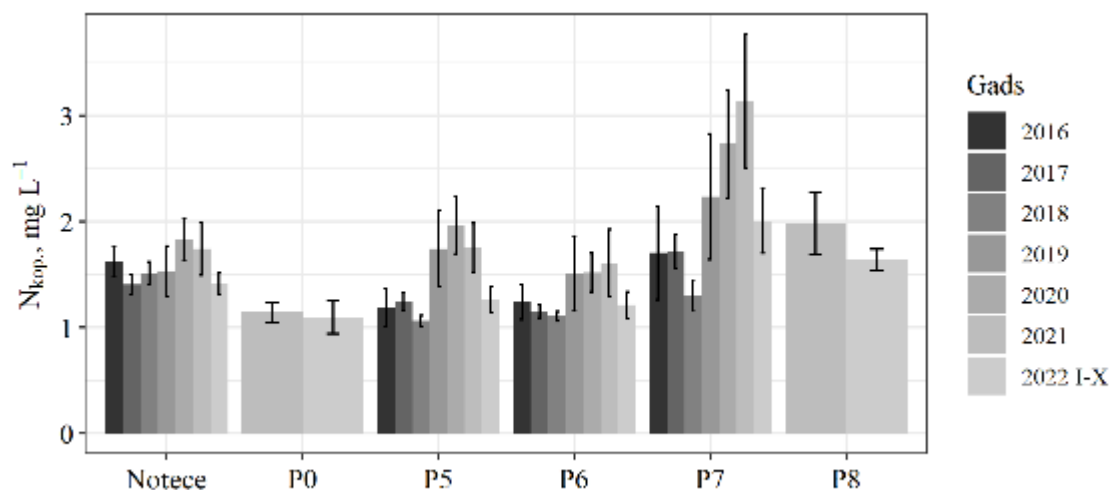
2.75. attēlā parādīts vidējais kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā, bet 2.76. attēlā parādīts izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gadā. Pētījumu objektā vidēji 47% no kopējā slāpekļa satura virszemes ūdeņos ir organisko savienojumu formā.

Salīdzinot kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā, lielākais vidējais kopējā slāpekļa saturs ( $3,1 \pm 0,6 \text{ mg N L}^{-1}$ ) konstatēts paraugu ņemšanas vietā P7 2021. gadā, bet lielākais vidējais izšķīdušā organiskā oglekļa saturs ( $81,8 \pm 6,5 \text{ mg C L}^{-1}$ ) konstatēts paraugu ņemšanas vietā P0 2021. gadā, kas ierīkots humīnvielām bagātā Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva. No purviem iznestais skābais un humīnvielām bagātais ūdens, nonākot ūdenstecēs, var kļūt par būtisku vides pārveidotāju, ja nokļūst virszemes ūdeņos, kas dabiski nav skābi un humīnvielām bagāti (Priede et al., 2017). Nokļūstot virszemes ūdeņos, uz lielmolekulārām humīnvielām adsorbētie slāpekļa savienojumi var daļēji šķīst baktēriju darbības rezultātā (Priede et al., 2017). Purva ūdeņu ķīmiskais sastāvs raksturīgs ar zemu barības vielu un makroelementu saturu (Mežaka et al., 2021). Arī ūdens kvalitātes mērījumu rezultāti norāda, ka kopējā slāpekļa saturs ūdenī paraugu ņemšanas vietā P0 ir mazāks nekā vidēji renovētos grāvjos (P5-P8) un Zalvītes strautā. Līdz ar to nepastāv palielinātas slāpekļa ieneses riski virszemes ūdeņos.

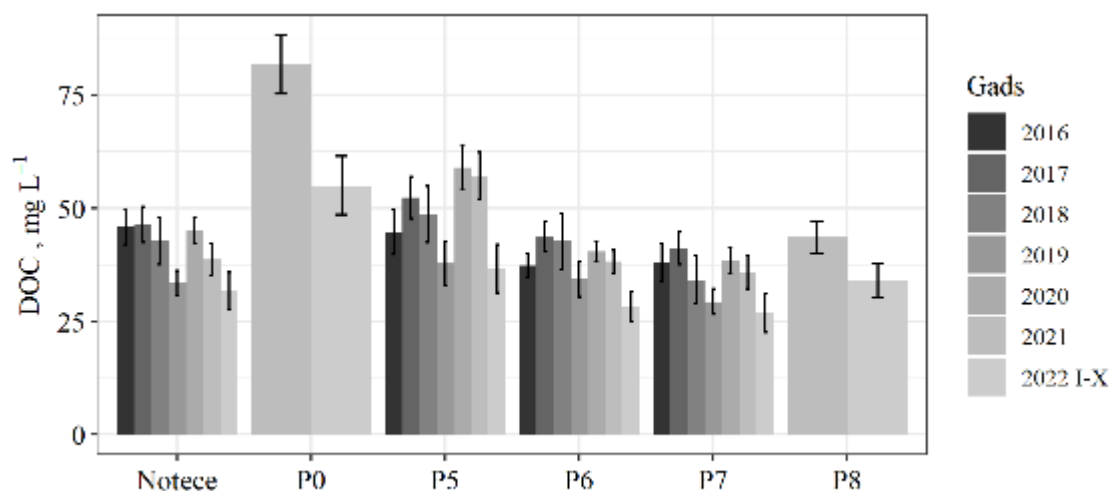
Salīdzinot kopējā slāpekļa saturu virszemes ūdeņos mēnešu griezumā, 2016. gadā lielāko kopējā slāpekļa saturu konstatējām novembrī (attiecīgi  $2,8 \text{ mg N L}^{-1}$ ), 2017. gadā lielāko kopējā slāpekļa saturu konstatējām februārī (attiecīgi  $2,0 \text{ mg N L}^{-1}$ ), 2018. gadā – decembrī (attiecīgi  $1,5 \text{ mg N L}^{-1}$ ), 2019. gadā – februārī (attiecīgi  $4,4 \text{ mg N L}^{-1}$ ), 2020. gadā – oktobrī (attiecīgi  $3,4 \text{ mg N L}^{-1}$ ), 2021. gadā – februārī (attiecīgi  $3,6 \text{ mg N L}^{-1}$ ), bet 2022. gadā – jūlijā (attiecīgi  $1,9 \text{ mg N L}^{-1}$ ). Kopumā lielākās kopējā slāpekļa satura vērtības virszemes ūdeņos pētījuma objektā konstatējām tieši rudens un ziemas mēnešos. Lielāko mēneša vidējo izšķīdušā oglekļa saturu virszemes ūdeņos konstatējām 2017. gada oktobrī (attiecīgi  $69,4 \text{ mg C L}^{-1}$ ).

Atbilstoši modeļteritorijā iegūtajiem datiem, rudens un ziemas mēnešos palielinās arī nitrātu un amonija koncentrācija ūdeņos, kā arī pieaug šo savienojumu īpatsvars kopējā slāpekļa saturā, tajā pašā laikā samazinoties organiskā slāpekļa īpatsvaram. Atkarībā no dažādu dabisku faktoru ietekmes slāpekļi ūdensobjektos var atrasties amonija, nitrātu un organisko savienojumu veidā, un slāpekļa savienojumiem dabā ir raksturīga izteikta sezonālā dinamika, ar ko skaidrojamas slāpekļa un tā savienojumu koncentrācijas izmaiņas arī mūsu pētījuma objektā.

Kopumā kopš 2019. gada pētījuma objektā konstatējām kopējā slāpekļa satura palielinājumu virszemes ūdeņos, salīdzinot ar vidējiem kopējā slāpekļa satura rādītājiem 2016. – 2018. gada pētījuma periodos. Visticamāk paaugstinātās kopējā slāpekļa koncentrācijas skaidrojamas ar modeļteritorijā veikto mežizstrādi.



**2.75. attēls. Vidējais kopējais slāpekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2022. gada pētījuma periodā**

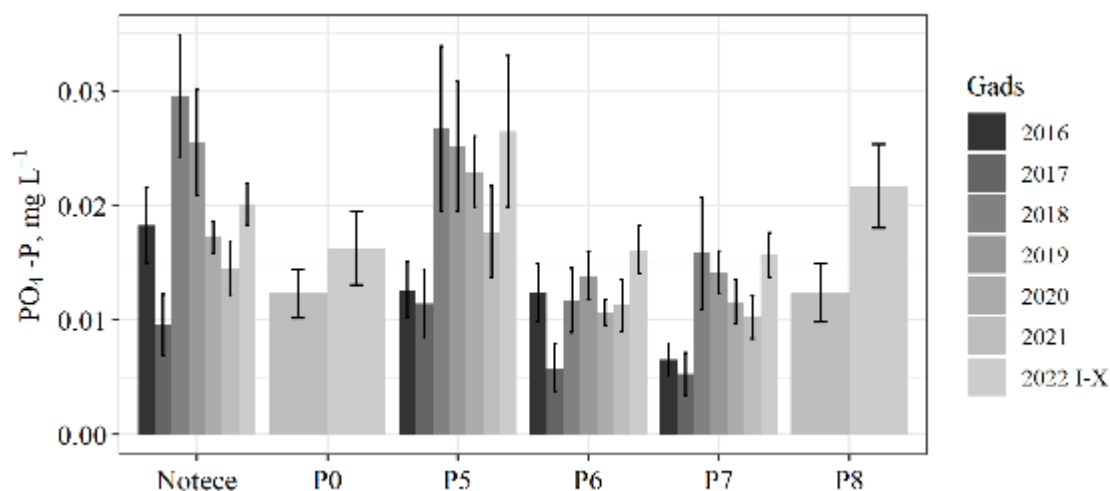


**2.76. attēls. Vidējais izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā**

Saldūdens ekosistēmās fosfors primāri ir sastopams organiskā un neorganiskā formā. Bioloģiski pieejamā neorganiskā fosfora forma ir ortofosfāti ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Fosfora savienojumiem ir liela nozīme ūdenskrātuvju eutrofikācijas procesos.

2.77. attēlā atspoguļots vidējais fosfātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā. Salīdzinot fosfātu saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā, lielākais vidējais fosfātu saturs visā pētījuma periodā (vidēji  $0,020 \pm 0,002$  mg  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ ) konstatēts paraugu ņemšanas vietā P5. 2018. gadā konstatēta tendence fosfātu koncentrācijai visās paraugu ņemšanas vietās paaugstināties, salīdzinot ar 2016. un 2017. gadu, kas visticamāk skaidrojama ar modeļteritorijā veikto mežizstrādi. 2019. gadā fosfātu saturs saglabājas salīdzinoši augsts, 2020. un 2021. gadā galvenokārt vērojama fosfātu satura virszemes ūdeņos samazināšanās, bet 2022. gadā - atkal paaugstināšanās, sasniedzot vai pat pārsniedzot 2018. gada vidējās koncentrācijas.

M.Kļaviņa (2004) dotā koncentrācijas robežvērtība fosfātiem ir  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ . Pētījuma objektā gada vidējais fosfātu saturs virszemes ūdeņos ne vienā no ūdens kvalitātes monitorēšanas punktiem nepārsniedz robežvērtību  $0,03 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ , bet atsevišķos gadījumos fosfātu saturs virszemes ūdeņos variē līdz  $0,083 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ , kas norāda, ka teorētiski paraugu ņemšanas vietās periodiski pastāv lokāli eitrofikācijas draudi.



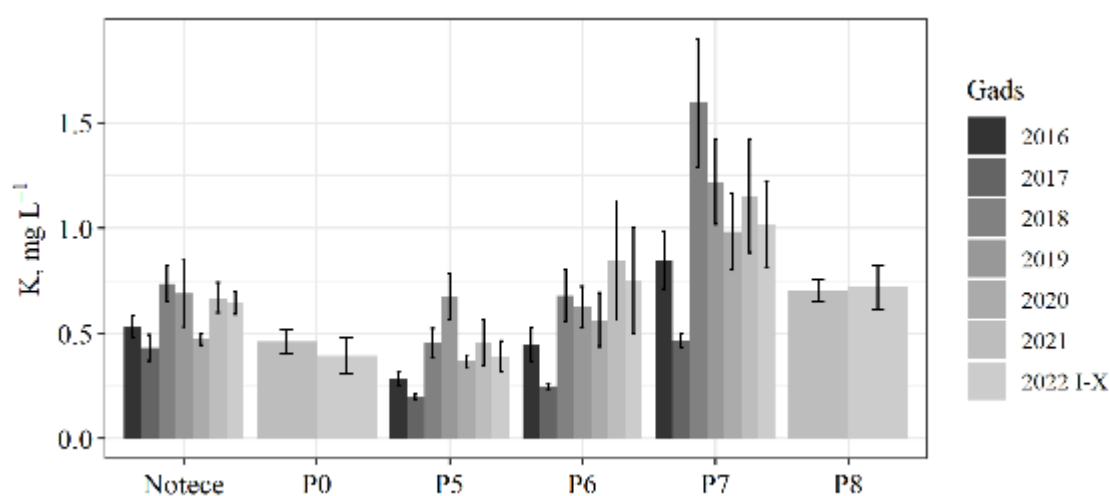
**2.77. attēls. Vidējais fosfātjonu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modelteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā**

Virszemes ūdeņos pētījuma objektā katjonu saturs samazinās sekojošā secībā:  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ . Kalcijš dabas ūdeņos nokļūst galvenokārt kalcija sulfātu saturošu iežu dēdēšanas rezultātā, kā arī karbonātiežu mijiedarbības rezultātā ar oglekļa dioksīdu un ūdeni, veidojoties viegli šķīstošiem hidrogēnkarbonātiem. Magnija avoti ūdeņos ir karbonātu un silikātu dēdēšanas procesi. Magnija nozīmi dabas vidē nosaka tas, ka magnijs ietilpst hlorofila sastāvā. Savukārt kālijs dabas ūdeņos meža ekosistēmās galvenokārt nokļūst, sadēdot tādiem minerāliem kā ortoklāzam, biotītam, laukšpatam un silvinītam. Kālija jonu saturu ūdeņos ietekmē paaugstināta kālija jonu asimilācija augsnē, īpaši kālija joni spēj sorbēties uz minerālu daļiņām un iekļauties to struktūrā. Latvijas apstākļos paaugstināti kālija daudzumi var nokļūt ūdeņos, izskalojoties no augsnēm, kas nabadzīgas ar humusu (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Lielupes un tās baseina ūdeņos ir konstatētas visaugstākās bāzisko katjonu koncentrācijas Latvijā: vidējā kālija jonu koncentrācija gadā ir  $4,8 \text{ mg L}^{-1}$ , vidējā kalcija jonu koncentrācija –  $100 \text{ mg L}^{-1}$ , bet magnija jonu koncentrācija –  $23 \text{ mg L}^{-1}$  (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004).

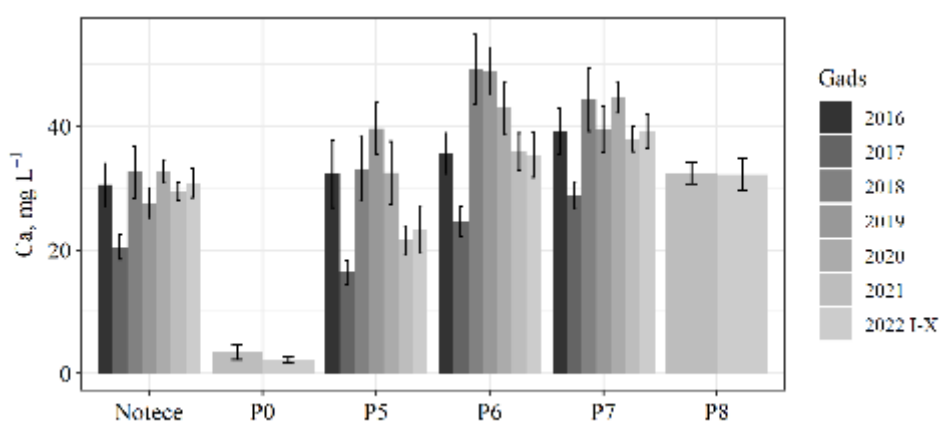
2.78., 2.79. un 2.80. attēlā parādīts vidējais kālija, kalcija un magnija saturs virszemes ūdeņos objektā Zalvīte 2016. – 2022. gada pētījumu periodā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumi norāda, ka kālija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektā svārstījās amplitūdā no  $0,13 \text{ mg K L}^{-1}$  līdz  $3,61 \text{ mg K L}^{-1}$ . Kalcija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektā svārstījās amplitūdā no  $0,68 \text{ mg Ca L}^{-1}$  līdz  $90,7 \text{ mg Ca L}^{-1}$ , bet magnija saturs virszemes ūdeņos svārstījās amplitūdā no  $0,28 \text{ mg Mg L}^{-1}$  līdz  $27,5 \text{ mg Mg L}^{-1}$ . Salīdzinot katjonu saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā, būtiski lielāks kālija saturs konstatēts paraugu ņemšanas vietā P7 (salīdzinot ar Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktu un P0, P5, P6 un P8), kas zīmīga ar to, ka Zalvītes strauts vairāku simtu metru garumā tek cauri pārplūstošam klajumam, kur potenciāli iespējama ar bāziskiem katjoniem bagātu pazemes ūdeņu izplūde. Salīdzinot kalcija un magnija saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā, konstatēts, ka būtiski lielāks kalcija un magnija saturs ir virszemes ūdeņos paraugu ņemšanas vietā

P6 un P7. Zīmīgi, ka paraugu ņemšanas vietās P6 un P7 konstatēts arī salīdzinoši bāziskākais ūdens vidējais pH (2.72. attēls). Salīdzinot kalcija un magnija saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā, būtiski mazāks kalcija un magnija saturs konstatēts paraugu ņemšanas vietā P0, kas ierīkots Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva. Tas skaidrojams ar zemu barības vielu un makroelementu saturu augstā purva ūdeņos, kas arī nosaka ūdens ķīmisko sastāvu Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva.

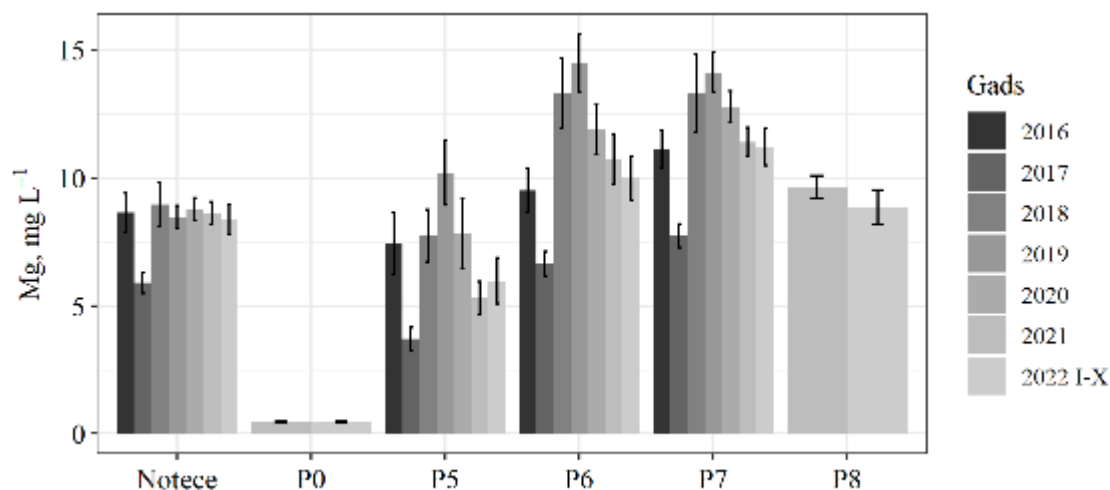
Pētījuma gaitā ņemto ūdens paraugu analīžu rezultāti neliecina par pastiprinātu bāzisko katjonu izskalošanos saistībā ar meža autoceļu izbūvi. Savukārt, 2018. – 2022. gada pētījuma periodā ir palielinājušās bāzisko katjonu vidējās koncentrācijas, salīdzinot kā ar 2017. gadu, tā arī ar references periodu (2016. gads). Kaut arī bāzisko katjonu palielinājums konstatēts kā punktos, kur tiešā to tuvumā veikta mežizstrāde 2018. gadā (P5, P6), gan punktos, kur tiešā to tuvumā mežizstrāde nav veikta (P7), minētais bāzisko katjonu palielinājums teorētiski varētu būt saistīts ar mežizstrādes darbu veikšanu modeļteritorijā.



**2.78. attēls. Vidējais kālija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā**

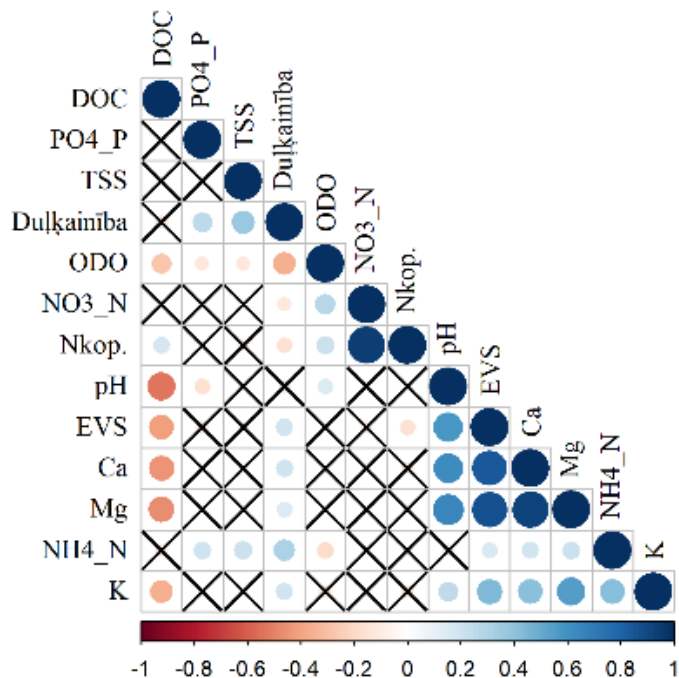


**2.79. attēls. Vidējais kalcija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā**



**2.80. attēls. Vidējais magnija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījuma periodā**

Virszemes ūdeņu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012. – 2022. gada pētījumu periodam parādīta 2.81. attēlā. Būtiskas pozitīvas korelācijas ( $r > 0,50$ ,  $p < 0,05$ ) konstatētas starp augsnes ūdens pH un Ca saturu, Mg saturu un augsnes ūdens EVS ( $r = 0,62$ ,  $r = 0,65$  un  $r = 0,58$ , attiecīgi), starp nitrātu un kopējā slāpekļa saturu augsnes ūdenī ( $r = 0,94$ ), kā arī starp bāzisko katjonu saturu augsnes ūdenī ( $r > 0,50$ ) un starp augsnes ūdens EVS un Ca un Mg saturu augsnes ūdenī ( $r = 0,85$  un  $r = 0,88$ , attiecīgi). Būtiska negatīva korelācija konstatēta tikai starp augsnes ūdens pH un DOC saturu augsnes ūdenī ( $r = -0,54$ ). Attēlā atspoguļotas arī vairākas citas būtiskas ūdens ķīmisko parametru savstarpējās sakarības, kurām Pīrsona korelācija koeficients  $r < 0,50$ .



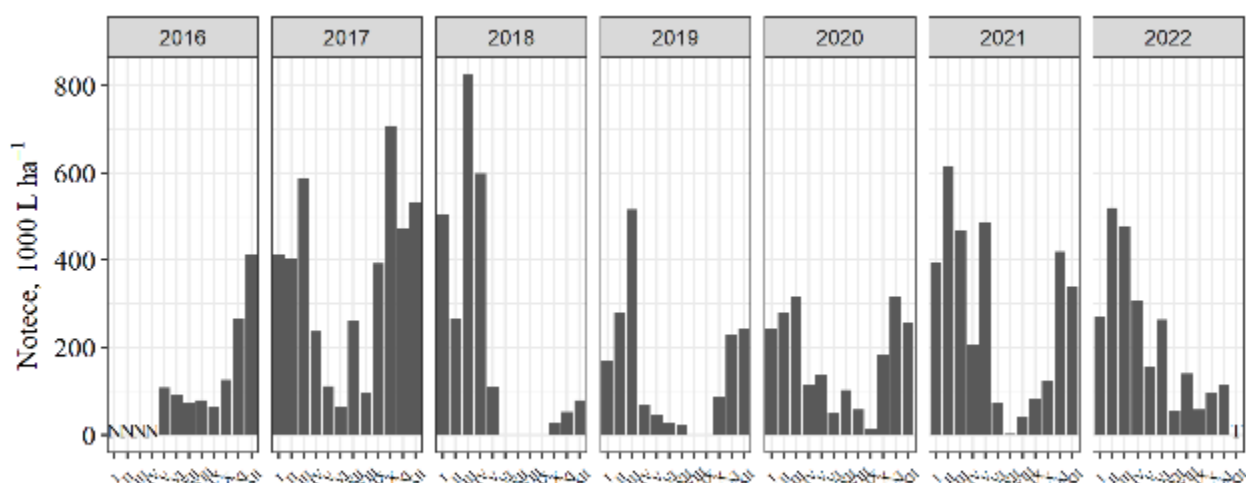
**2.81. attēls. Virszemes ūdeņu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica objektiem Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2022. gada pētījumu periodā. Pozitīvas sakarības jeb korelācijas parādītas zilā krāsā, negatīvas - sarkanā krāsā. Krāsu intensitāte un apla izmērs ir proporcionāls korelācijas ciešumam. Attēla apakšā leģendas krāsa parāda attiecīgā korelācijas koeficienta vērtību. Korelācijas, kurām  $p > 0,05$ , tiek uzskatītas par nenozīmīgām (attiecīgā šūna ir X).**

### 2.2.1.2. Elementu iznese no Zalvītes modeļteritorijas

Noteces apjoms pa mēnešiem no Zalvītes modeļteritorijas sateces baseina parādīts 2.82. attēlā. Lielākais mēneša summārais noteces apjoms fiksēts 2018. gada martā – 824 kL ha<sup>-1</sup>. 2.7.tabulā parādīta pētījuma ietvaros apskatīto makroelementu summārā iznese no Zalvītes modeļteritorijas sateces baseina.

Salīdzinot elementu izneses 2017.–2021. gadā, kad pieejami dati par visa gada (janvāris – decembris) summāro elementu iznesi, lielākā bāzisko katjonu, kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa iznese konstatēta 2017. gadā, kad ievērojami bija paaugstināts arī kopējais noteces apjoms (4278 kL ha<sup>-1</sup>), lai gan vielu koncentrācijas vai nu būtiski neatšķiras, vai arī ir pat nedaudz zemākas nekā citos pētījuma periodos. Izņēmums ir fosfātu koncentrācija, kas pieaugusi tieši 2022 gada pētījuma periodā (2.83. attēls). Ievērojams suspendēto daļiņu izneses apjoms konstatēts 2020. gadā (51,8 kg ha<sup>-1</sup>) un tas skaidrojams ar augsto suspendēto daļiņu koncentrāciju noteces mērīšanas punktā 2020. gadā (2.83. attēls), turpmākajos divos gados suspendēto daļiņu iznese no platības atkal samazinās.

Atšķirīgas likumsakarības novērojamas attiecībā uz slāpekļa neorganisko savienojumu (nitrātu un amonija jonu) iznesi. Lielākā amonija jonu iznese konstatēta 2018. gadā, kad konstatētas arī palielināta vidējā amonija jonu koncentrācija noteces ūdenī. Nitrātu izneses apjoms ievērojami pieaudzis 2019. – 2021. gadā, un tas ir saistīts gan ar nitrātu koncentrācijas paaugstināšanos noteces ūdenī, ko visticamāk ir izraisījusi pētījuma objektā veiktā mežizstrāde, gan ar noteces apjoma palielināšanos, kas savukārt tieši saistāma ar intensīvākiem nokrišņiem 2020. un 2021. gadā (2.7. tabula, 2.82. attēls). Arī summārā fosfātu iznese 2021. un 2022. gadā bijusi visaugstākā visa līdzšinējā analīzu perioda laikā. Tomēr 2022. gada pirmajā pusē nitrātu koncentrācijai atkal ir tendence samazināties. Svarīgi arī atzīmēt, ka gan nitrātu, gan fosfātu koncentrācijas notecē no meža platības ir daudzkārt mazāka par jebkādam normatīvos noteiktajām robežvērtībām. Tās ir arī ievērojami mazākas nekā novērots ilglaicīga monitoringa stacijās lauksaimniecības zemēs (piem., Jansons et al., 2011).

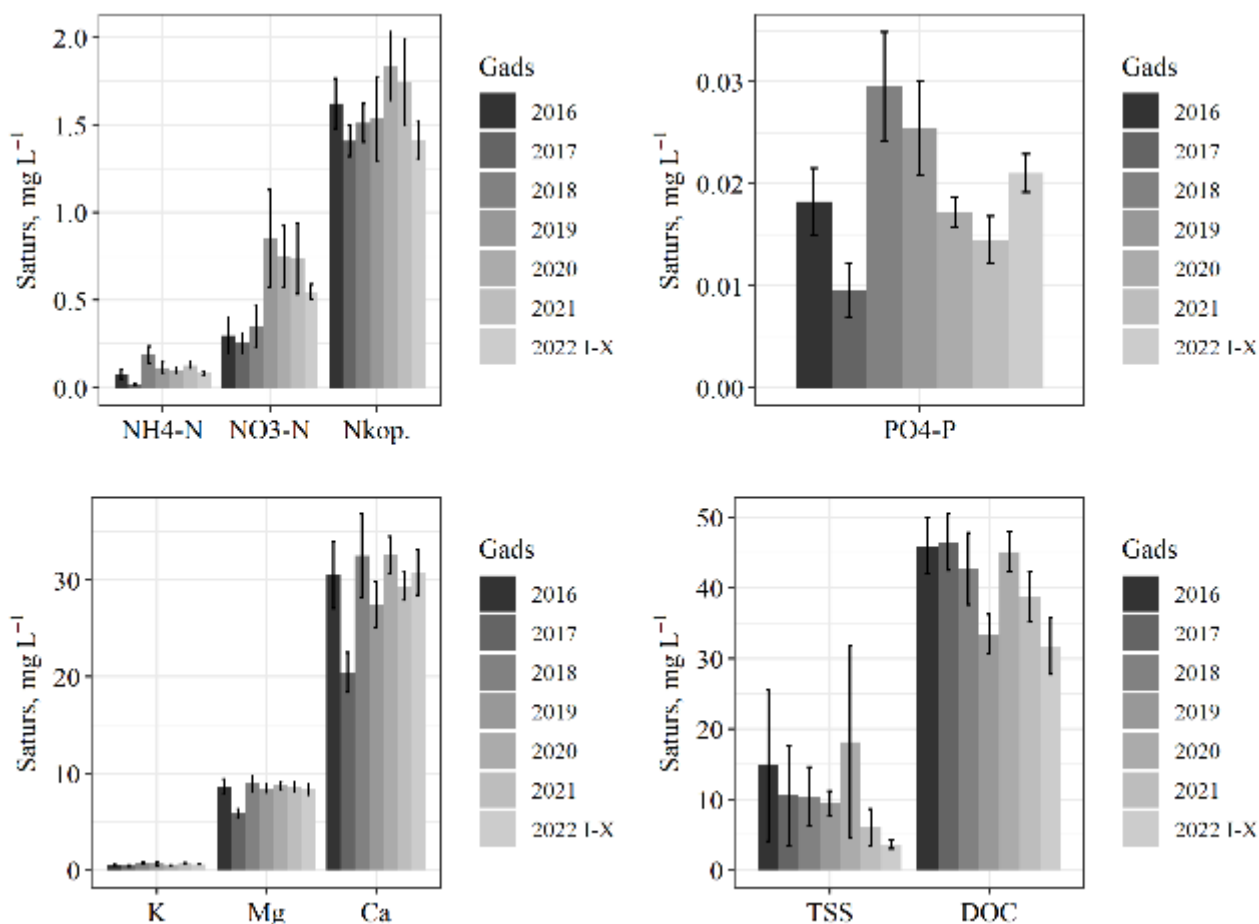


**2.82. attēls.** Noteces apjoms pa mēnešiem no Zalvītes modeļteritorijas (N – noteces mērījumi nav veikti, T – noteces apjoma vērtība tiks pievienota)

Elementu iznese ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) no Zalvītes strauta sateces baseina 2016.- 2022. gada pētījuma periodos. Pelēkā krāsā iekrāsoti periodi, kad pieejami dati par summāro gada elementu iznesi (janvāris-decembris), treknrakstā izceltas maksimālās izneses vērtības

Element s	Periods						
	2016.g. maijs-decembris	2017.g. janvāris-decembris	2018.g. janvāris-decembris	2019.g. janvāris-decembris	2020.g. janvāris-decembris	2021.g. janvāris-decembris	2021.g. janvāris-oktobris *
$\text{NO}_3^- \text{-N}$	0,61	0,96	0,68	2,38	1,99	<b>3,23</b>	0,95
$\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$	0,017	0,029	0,031	0,028	0,034	0,042	<b>0,049</b>
$\text{NH}_4^+ \text{-N}$	0,065	0,098	<b>0,535</b>	0,171	0,225	0,416	0,205
<b>K</b>	0,57	<b>1,84</b>	1,83	1,12	1,02	1,50	1,38
<b>Ca</b>	29,6	<b>79,6</b>	53,7	44,3	62,7	77,1	64,9
<b>Mg</b>	9,0	<b>23,1</b>	17,3	12,9	17,1	22,1	17,9
<b>N<sub>kop.</sub></b>	2,00	6,20	3,50	3,40	4,30	<b>6,76</b>	3,48
<b>TSS</b>	13,2	19,5	24,0	17,1	<b>51,8</b>	24,7	9,74
<b>DOC</b>	58,2	<b>181,9</b>	117,9	58,5	98,5	143,1	83,4

\*  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  janvāris-maijs,  $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$  janvāris-novembris



2.83. attēls. Vielu vidējās koncentrācijas pa gadiem noteces mērījumu punktā Zalvītes modeļteritorijā



## Secinājumi

1. Visos Zalvītes modeļteritorijas paraugu ņemšanas punktos septītajā monitoringa gadā ūdenī saglabājas par kritisko lielāks izšķīdušā skābekļa saturs, zema duļķainība un suspendēto daļiņu koncentrācija, kā arī optimāla elektrovadītspēja (pēdējais rādītājs - izņemot iztecē no Saukas purva un vienā renovētā grāvī).
2. Visos paraugu ņemšanas punktos salīdzinājumā ar iepriekšējo periodu samazinājies slāpekļa savienojumu un izšķīdušā organiskā oglekļa saturs ūdenī, bet palielinājies fosfātu (visos punktos) un bāzisko katjonu (dažos punktos) saturs. Divus gadus pēc mežizstrādes slāpekļa savienojumu un fosfātu koncentrācijas Zalvītes strauta un meliorācijas grāvju ūdenī ir zemas un nerada draudus ūdens ekosistēmai.
3. Problemātiskākie ūdens kvalitāti ietekmējošie rādītāji – suspendēto daļiņu koncentrācija un to izneses apjoms – īslaicīgi palielinās mežizstrādes veikšanas gadā, bet nākamajos pētījuma periodos atkal samazinās zem robežlieluma.
4. Pirmajos divos gados pēc mežizstrādes konstatēta palielināta slāpekļa savienojumu un fosfātu iznese no modeļteritorijās, kas saistāma gan ar īslaicīgu šo elementu koncentrācijas palielināšanos notecē, gan ar palielinātu nokrišņu daudzumu. Tomēr izneses vērtības kopumā saglabājas zemas un nerada draudus ūdens ekosistēmām.

## Literatūra

1. Behar S. 1997. Testing the Waters: Chemical and Physical Vital Signs of a River. Montpelier, VT: River Watch Network, 211 p.
2. DataStream Initiative. 2021. A Water Monitor's Guide to Water Quality. Pieejams: [https://datastream.cdn.prismic.io/datastream/8a170838-8ba3-491d-a575-3badc159aa4f\\_Turbidity.pdf](https://datastream.cdn.prismic.io/datastream/8a170838-8ba3-491d-a575-3badc159aa4f_Turbidity.pdf)
3. Environmental protection Agency. 2017. SEDIMENT-Related Criteria for Surface Water Quality. Pieejams: <https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/sediment-appendix3.pdf>
4. Jansons, V., Lagzdins, A.; Berzina, L.; Sudars, R.; Abramenko, K. 2011. •Temporal and Spatial Variation of Nutrient Leaching from Agricultural Land in Latvia: Long Term Trends in Retention and Nutrient Loss in a Drainage and Small Catchment Scale. Environmental and Climate Technologies 7(1):54-65
5. Kļaviņš, M., Cimdiņš, P. 2004. Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 208 lpp.
6. LVĢMC. 2017. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2016.gadā. Rīga, 113 lpp.
7. LVĢMC. 2018. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2017.gadā. Rīga, 123 lpp.
8. LVĢMC. 2019. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2018.gadā. Rīga, 156 lpp.
9. LVĢMC. 2020. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2019.gadā. Rīga, 128 lpp.
10. LVĢMC. 2021. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2020.gadā. Rīga, 176 lpp.
11. LVĢMC. 2022. Latvijas klimats. Pieejams: <https://videscentrs.lvģmc.lv/lapas/latvijas-klimats>
12. Mežaka, A., Priede, A., Dobkeviča, L. 2021. Augāja un purva ūdeņu ķīmiskā sastāva kopsakarības augstajos purvos. LU Ikmēneša raksti. Pieejams: <https://www.lu.lv/latvijaspurvi/projekta-rezultati/ikmenesa-raksti/>

13. Nikodemus, O., Kļaviņš, M., Krišjāne, Z., Zelčs, V. (zin.red.). 2018. Latvija. Zeme, tauta, valsts. Rīga: Latvijas Universitātes Akadēmiskais apgāds, 752 lpp
14. Priede, A. (red) 2017. Aizsargājamo biotopu saglabāšanas vadlīnijas Latvijā. 4. sējums. Purvi, avoti un avoksnāji. Dabas aizsardzības pārvalde, Sigulda. Pieejams: <https://www.daba.gov.lv/lv/media/4845/download>
15. Quirós, R. 2003 The relationship between nitrate and ammonia concentrations in the pelagic zone of lakes. *Limnetica* 22: 37–50

### 2.2.2. Elementu izneses un dzīvsudraba metilācijas risku saistībā ar meža tehnikas pārvietošanos un augsnes sagatavošanu izpēte

Dzīvsudrabs (Hg) ir globāli nozīmīgs piesārņojošs elements, kas būtiski pasliktina vides kvalitāti sauszemes un ūdens ekosistēmās un apdraud gan faunas, gan cilvēku veselību (HELCOM, 2018; Mergler et al., 2007, 2021). Monitoringa rezultāti liecina, ka Baltijas jūras baseinā dzīvsudraba koncentrācijas zivju muskuļaudos un ūdenī daudzviet pārsniedz pieļaujamās normas (Korpinen et al. 2010; HELCOM, 2018). Latvijā 32 no 132 saldūdens monitoringa stacijām Hg koncentrācija 2019. Gadā pārsniedza nacionālo vides kvalitātes standartu (LVĢMC, 2020).

Galvenie Hg piesārņojuma riski saistīti ar Hg organiskās formas metildzīvsudraba (MeHg), kas ir spēcīgs neirotoksīns, ļoti mobils vidē un spējīgs uzkrāties barības ķēdes augstākajos posmos, koncentrācijas palielināšanos vidē (Mergler et al., 2007; Castoldi et al., 2003). Līdzšinējo pētījumu dati liecina, ka mežsaimniecības rezultātā notiekošā augsnes virskārtas sajaukšana meža zemēs (īpaši ar organiskām augsnēm) var būt cēlonis vēsturiski uzkrātā Hg metilācijai un transportam uz ūdens ekosistēmām (Eklöf et al., 2016; Hsu-Kim et al., 2018; Bishop et al. 2020).

Smagās meža tehnikas radītās risēs, kurās uzkrājas stāvošs ūdens, ir viens no Hg metilācijas "karstajiem punktiem". Zems skābekļa saturs vai tā pilnīgs trūkums ir viens no priekšnosacījumiem mikrobiāliem procesiem, kuru rezultātā Hg neorganiskā forma pārveidojas organiskajā MeHg (Compeau et al., 1985; Gilmour et al., 1992; Fleming et al., 2005). Turklāt risēs var darboties kā potenciāli transporta kanāli, pa kuriem mobilizētais MeHg var pārvietoties tālāk uz ūdenstecēm.

Šī pētījuma mērķis ir gūt ieskatu dzīvsudraba un metildzīvsudraba īstermiņa dinamikā (viena gada ietvaros) nesen izstrādātās teritorijās (izcirtumos vai jaunaudzēs) ar organisku augsni. Rezultāti palīdzēs izvērtēt meža tehnikas pārvietošanās (risu veidošanās) ietekmi uz Hg metilācijas risku un definēt jautājumus turpmākiem, plašākiem pētījumiem.

#### 2.2.2.1. Objekti un metodika

Zalvītes modeļteritorijā pēc vairākkārtējas apsekošanas 2022. gada pavasarī atlasīti pieci objekti dzīvsudraba un metildzīvsudraba īstermiņa dinamikas izpētei (2.8. tabula, 2.84. attēls). Objekti tika izvēlēti, priekšroku dodot nogabaliem ar slapjām vai nosusinātām kūdras augsnēm, kur sastopamas meža tehnikas atstātās risēs. Salīdzinājumam viens objekts izvēlēts arī sausieņu mežā, kur ierīkotas pacilas. Objektos ņemti sedimenta paraugi meža tehnikas atstātajās risēs un augsnes paraugi blakus tām, lai novērtētu dzīvsudraba metilācijas riskus (36. kv. 30. nog. - pacilu bedrītēs un blakus tām). Objektos mežizstrāde veikta 2018. gadā, tātad risēs un pacilu bedrītēs ir bijis zināms laiks uzkrāties sedimentam. Paraugi ņemti vienu reizi katrā gadalaikā (izņemot ziemu, kad, atbilstoši iepriekšējo pētījumu rezultātiem, metildzīvsudraba % ir ļoti zems), trijos paraugu ņemšanas punktus katrā objektā.

2022. gadā paņemtas trīs paraugu sērijas: maijā, augustā un novembrī. Paraugi liofilizēti LVMI “Silava”, Hg un MeHg analīzes veiktas Jožefa Stefana Institutā Ļubļanā, Slovēnijā. Sedimentu vispārējās ķīmijas parametri (granulometriskais sastāvs (minerālaugšnes paraugiem), pH (CaCl<sub>2</sub>), P<sub>kop</sub>, N<sub>kop</sub>, S<sub>kop</sub>, Fe, K, Ca, Mg, C<sub>org</sub>) noteikti LSFRI “Silava” Meža vides laboratorijā.

2.8.tabula

**Pētījuma objektu dzīvsudraba un metildzīvsudraba īstermiņa dinamikas izpētei raksturojums**

Nr. p.k.	Kv., nog.	MT	Platība	Jaunaudze/izcirtums	Vald. suga	Bonitāte	Mežstrādes gads	Paraugi
1.	35-29/30	Db	0,93	Izcirtums	-	III	2018	Risēs, grāvī
2.	36-30	Dm	2,36	Jaunaudze	P	I	2018	Pacilās
3.	37-15	Kp	0,58	Izcirtums	-	I	2018	Risēs
4.	38-13	Db	1,79	Izcirtums	-	III	2018	Risēs
5.	67-17	Ks	0,44	Jaunaudze	M	II	2018	Risēs

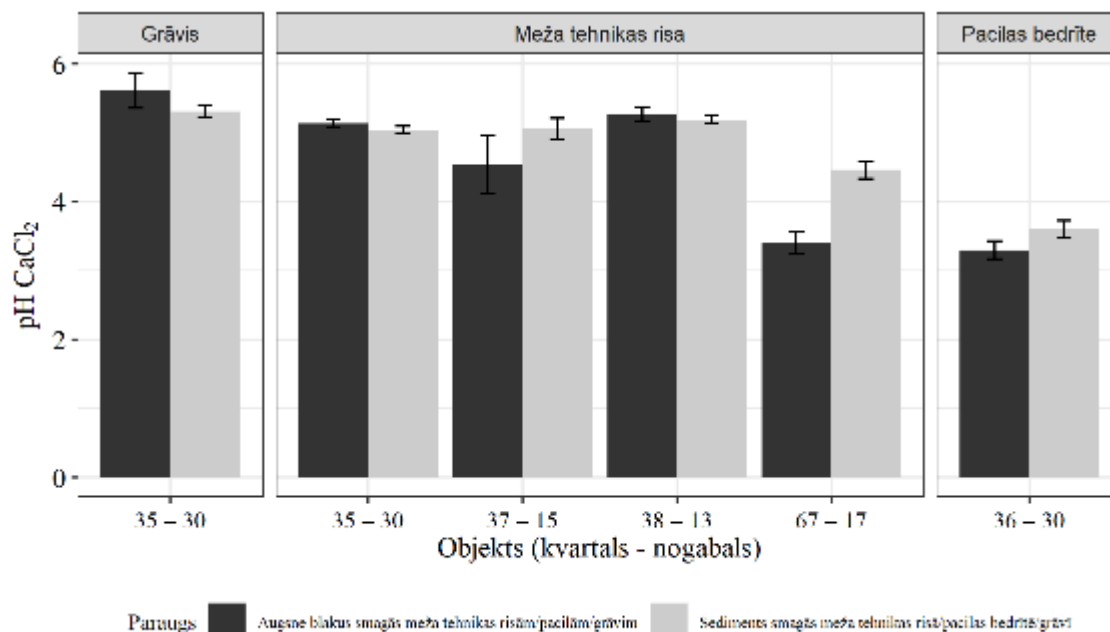


**2.84. attēls. Sedimenta paraugu ņemšanas punkti pētījuma objektos Zalvītes modeļteritorijā. Katrā punktā ir divas paraugu ņemšanas vietas – risē (pacilā) un blakus tai**

2.2.2.2. Elementu koncentrācijas risu/pacilu bedrīšu/grāvja sedimentos un augsnē

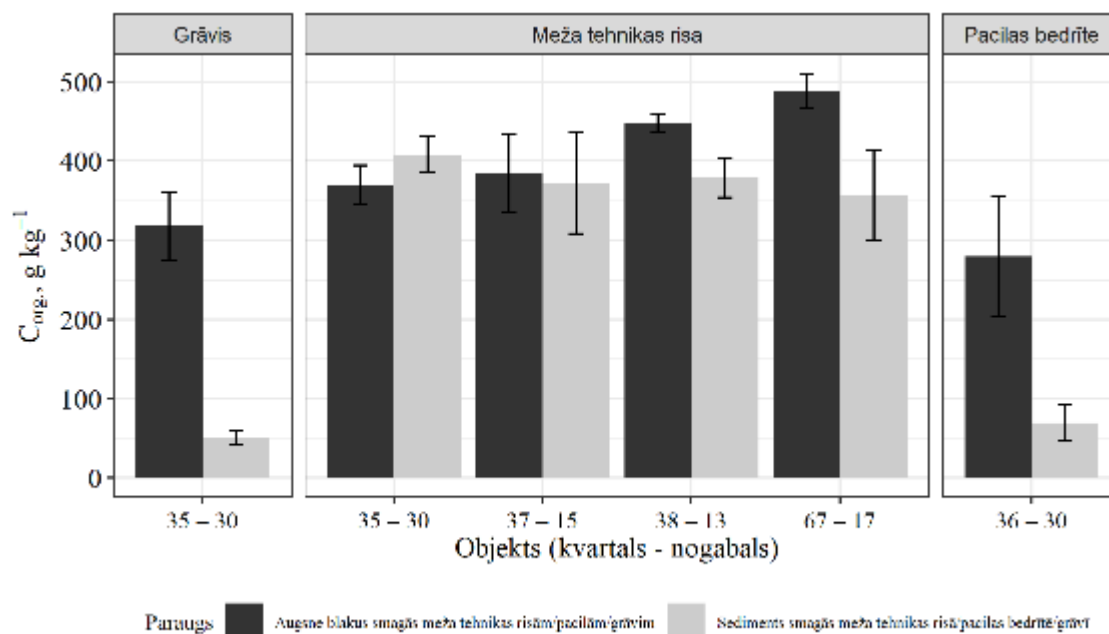
Pavisam kopā analizēti 96 augsnes/sedimentu paraugi. Visās paraugu ņemšanas reizēs gandrīz visās paraugu ņemšanas vietās gan risēs, gan pacilu bedrītēs bija stāvošs ūdens.

Smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu un grāvja sedimentu, kā arī blakus esošās augsnes ķīmiskā sastāva parametri (sākotnējie rezultāti) atspoguļoti 2.85. - 2.96. attēlos. Pētījuma objektos smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu un grāvja sedimenta, kas ņemts 0-10 cm dziļumā, vidējais pH (CaCl<sub>2</sub>) svārstījās amplitūdā no 3,6 ± 0,1 līdz 5,3 ± 0,1, bet blakus esošās augsnes virskārtas (paraugi ņemti 0-10 cm dziļumā), pH (CaCl<sub>2</sub>) svārstījās nedaudz plašākā amplitūdā (no 3,4 ± 0,2 līdz 5,6 ± 0,3; 2.85. attēls).



### 2.85. attēls. Smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentu un blakus esošās augsnes virskārtas pH(CaCl<sub>2</sub>)

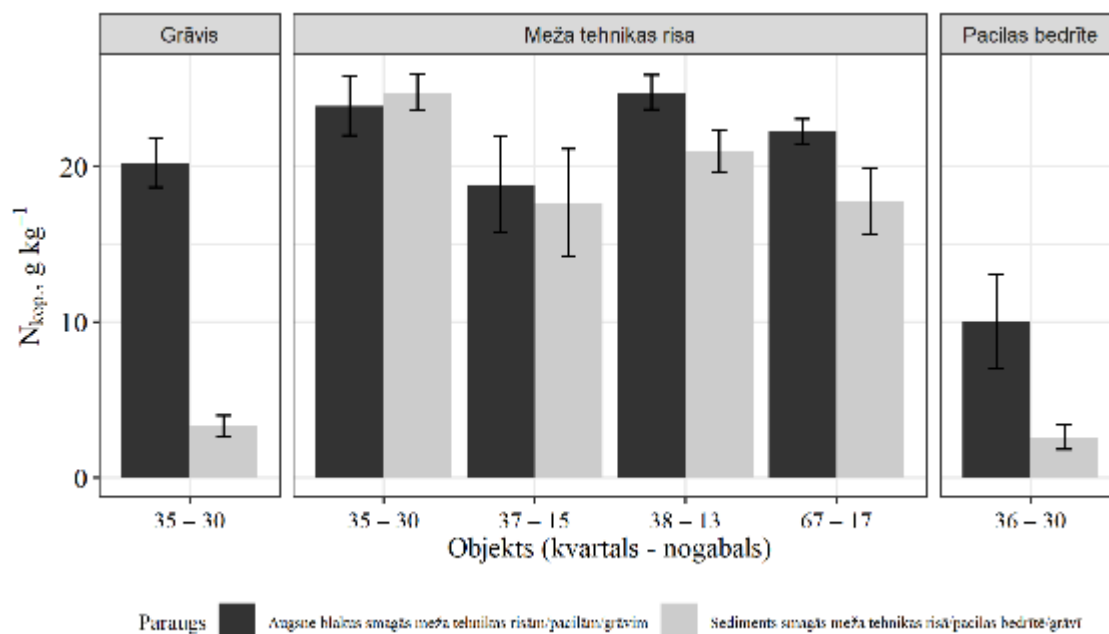
Līdz šim veiktos pētījumos konstatētas ciešas korelācijas starp Hg un augsnes organiskās vielas jeb matērijas (organiskā C) saturu augsnē un sedimentos, kas lielā mērā nosaka Hg transporta un pārveides procesus sauszemes ekosistēmās (Morel et al., 1998; Bravo et al., 2017; O'Connor et al., 2019; Xu et al., 2019; Åkerblom et al., 2020; Bishop et al., 2020). Organiskā oglekļa saturs augsnes paraugos (> 250 g C<sub>org.</sub> kg<sup>-1</sup>) apliecina to, ka pētījuma objekti ierīkoti platībās ar organiskām vielām bagātā augsnē (augšņu virskārtā). Organiskā oglekļa saturs, kas mazāks par 200 g C<sub>org.</sub> kg<sup>-1</sup>, konstatēts tikai objekta 35-30 (Db) grāvja un objekta 36-30 (Dm) pacilu bedrīšu sedimentos (2.86. attēls).



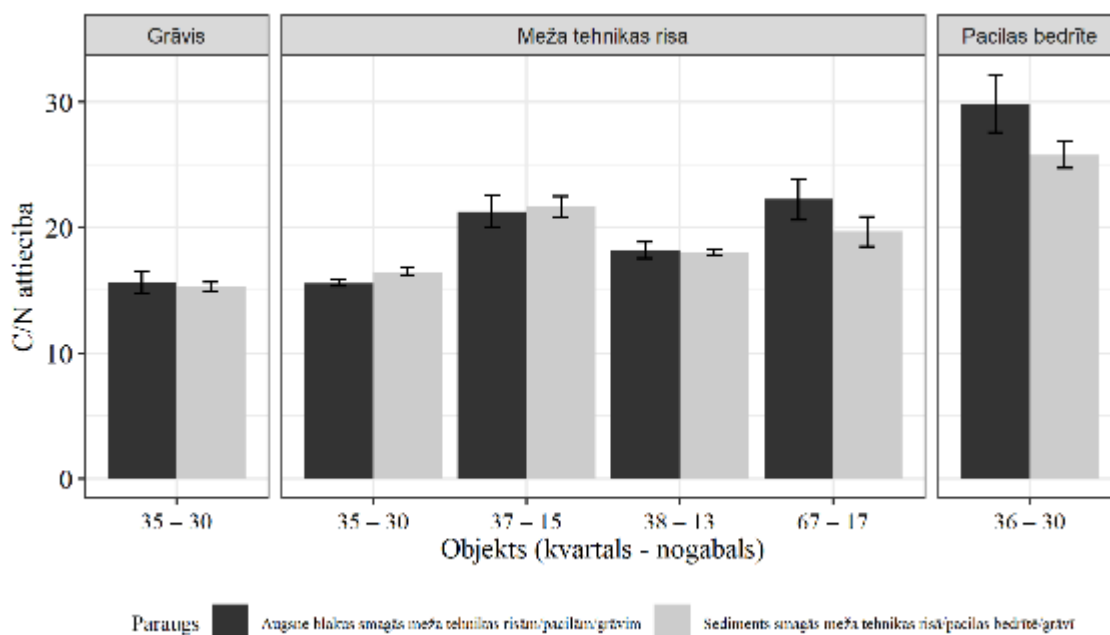
**2.86. attēls. Organiskā oglekļa saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošās augsnes virskārtā**

Pētījuma objektos kopējā slāpekļa saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu un grāvja sedimentā, kas ņemts 0-10 cm dziļumā, svārstījās amplitūdā no  $2,6 \pm 0,8$  līdz  $21,0 \pm 1,4$  g kg<sup>-1</sup>, bet blakus esošā augsnes virskārtā kopējā slāpekļa saturs svārstījās nedaudz šaurākā amplitūdā (no  $10,1 \pm 3,0$  līdz  $24,8 \pm 1,1$ ; 2.87. attēls). Mazākais kopējā slāpekļa saturs gan augsnes virskārtā, gan pacilu bedrīšu sedimentos konstatēts objektā 36-30, kas ierīkots Dm meža tipā.

C/N attiecība, kas raksturo augsnes un sedimenta organiskās vielas mineralizēšanās intensitāti, ir visai līdzīga risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā viena un tā paša objekta ietvaros. Kopumā vidējā C/N attiecība smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu un grāvja sedimentā, kas ņemts 0-10 cm dziļumā, svārstījās amplitūdā no  $15,3 \pm 0,4$  līdz  $25,8 \pm 1,1$  g kg<sup>-1</sup>, bet blakus esošā augsnes virskārtā C/N attiecība svārstījās amplitūdā no  $15,6 \pm 0,3$  līdz  $29,9 \pm 2,3$  (2.88. attēls). Jo mazāka C/N attiecība, jo straujāka organiskās vielas mineralizācija. C/N attiecība amplitūdā 20-30 norāda uz līdzsvara stāvokli starp mineralizāciju un imobilizāciju. Tiek uzskatīts, ka augsnes organismiem labvēlīgākā C/N attiecība ir robežās no 25 līdz 35 (Howell, 2013).



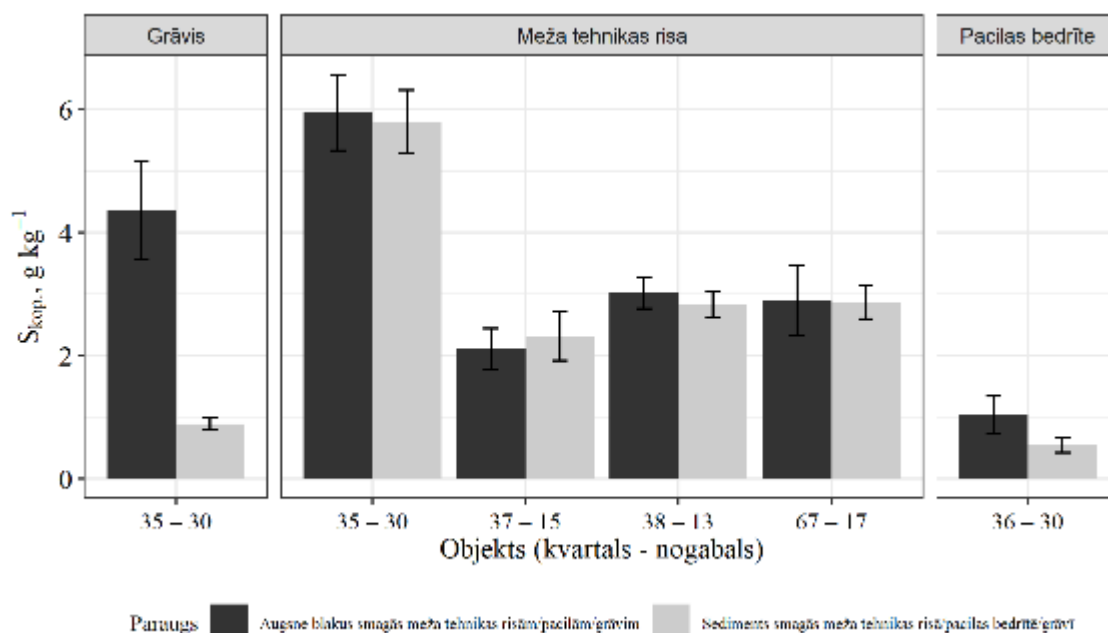
2.87. attēls. Kopējā slāpekļa saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošās augsnes virskārtā



2.88. attēls. C/N attiecība smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā

Hg augsnes organiskajā vielā var tikt saistīts tiolu grupā vai citā reducētā S funkcionālajā grupā, līdz ar to nereti novērojamas korelācijas starp S un Hg saturu augsnē. Turklāt palielināts S saturs augsnē  $\text{SO}_4^{2-}$  formā var veicināt Hg metilācijas procesus, palielinot Hg metilējošo baktēriju aktivitāti un  $\text{S}^{2-}$  formā nodrošinot Hg pieejamību metilējošiem mikroorganismiem, ieskaitot tos, kuri savos metabolisma procesos neveic S reducēšanu (piemēram, Åkerblom et al., 2020). Pētījuma objektos kopējā sēra saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu un grāvja sedimentā, kas ņemts 0-10 cm dziļumā, svārstījās amplitūdā no  $0,54 \pm 0,12$  līdz  $5,79 \pm 0,51 \text{ g kg}^{-1}$ , bet blakus esošā augsnes virskārtā kopējā slāpekļa saturs svārstījās no  $1,03 \pm 0,31$  līdz  $5,94 \pm$

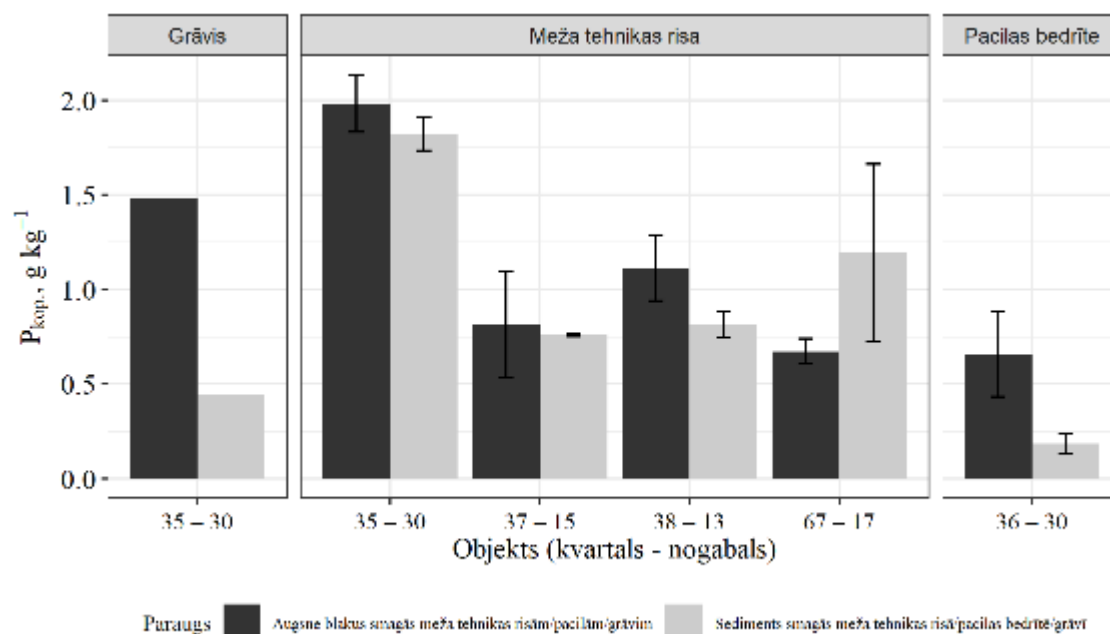
0,61; 2.89. attēls). Līdzīgi kā kopējā slāpekļa gadījumā, mazākais kopējā sēra saturs gan augsnes virskārtā, gan sedimentos konstatēts objektā 36-30, kas ierīkots Dm meža tipā.



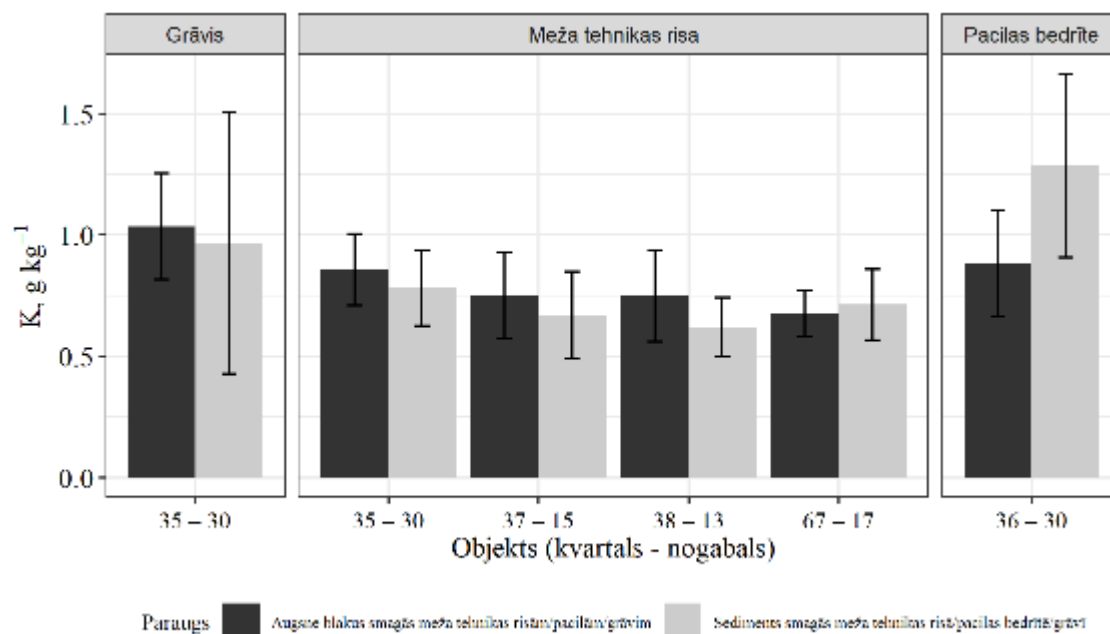
2.89.

**attēls. Kopējā sēra saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā**

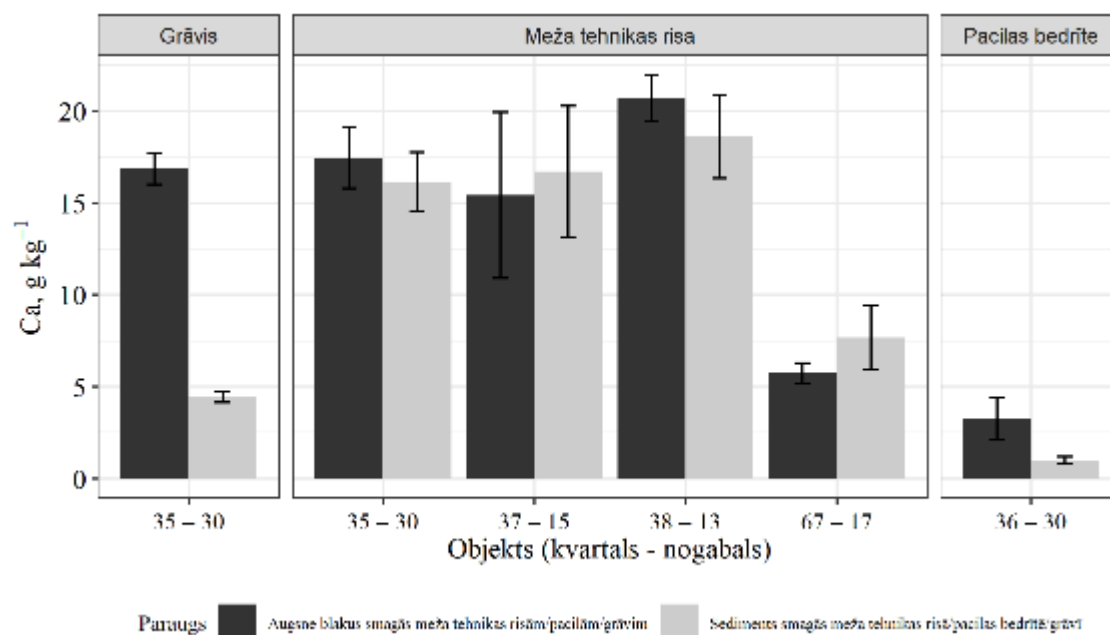
Kopējā fosfora saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā parādīts 2.90. attēlā, bet bāzisko katjonu (K, Ca, Mg) un dzelzs (Fe) saturs sedimentos un augsnes virskārtā parādīts 2.91. - 2.94. attēlā.



**2.90. attēls. Kopējā fosfora saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā**

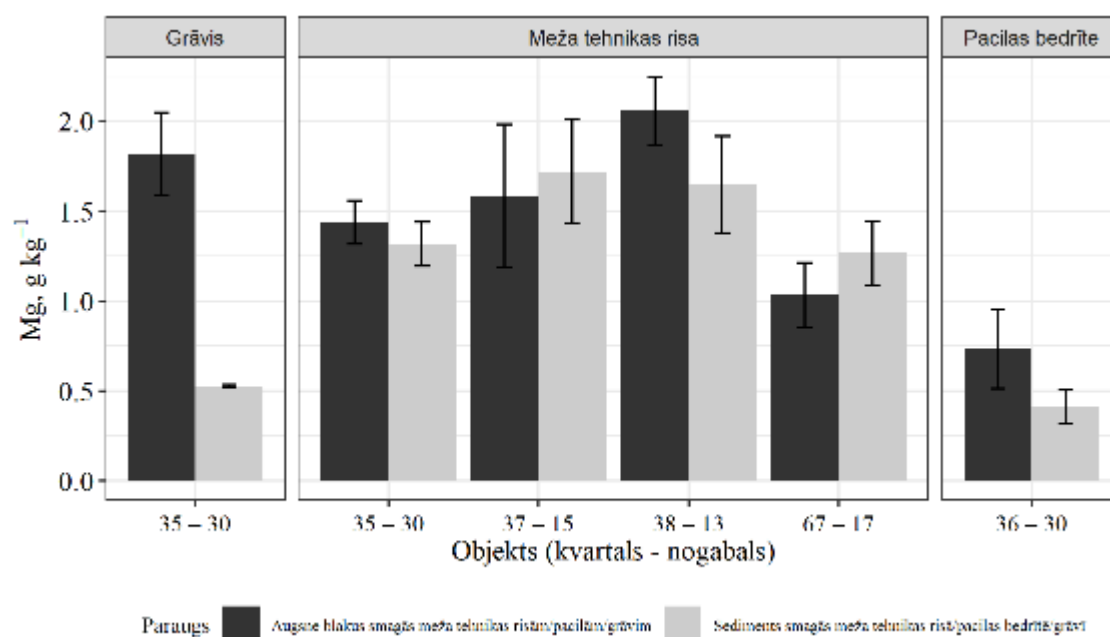


2.91. attēls. Kālija saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā

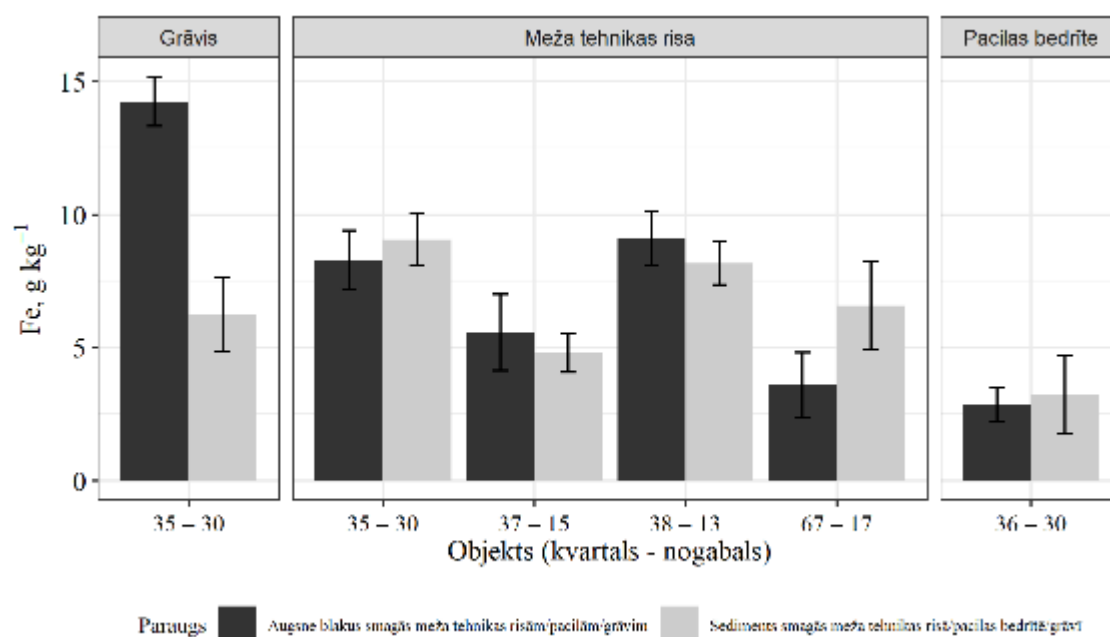


2.92. attēls. Kalcija saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā





**2.93. attēls. Magnija saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā**



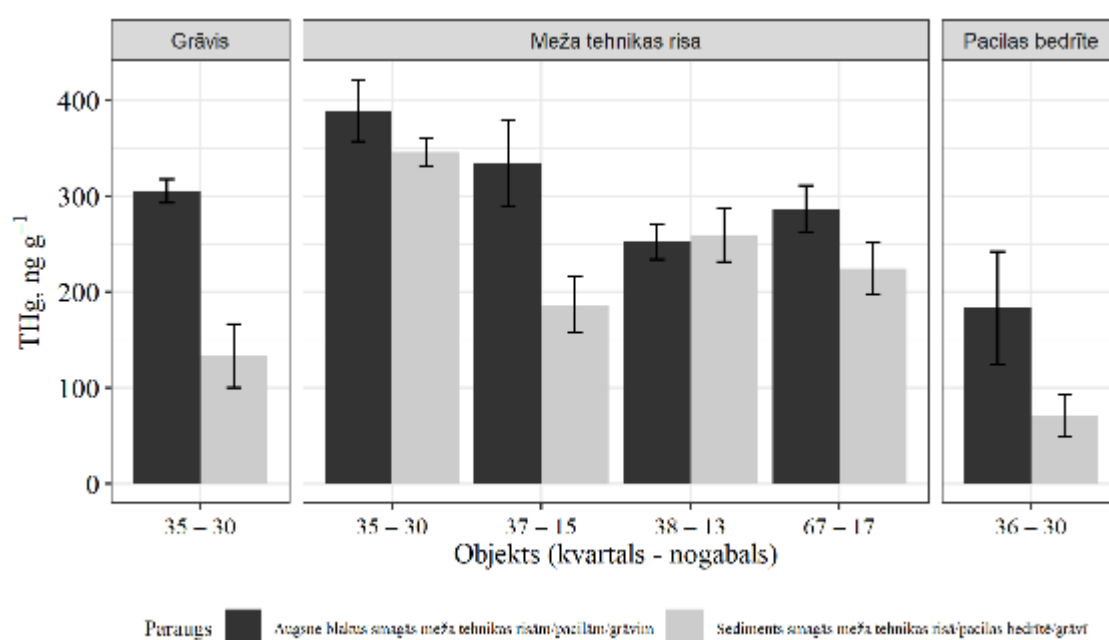
**2.94. attēls. Dzelzs saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā**

#### 2.2.2.3. Dzīvsudraba un metildzīvsudraba koncentrācijas risu/pacilu bedrīšu sedimentos un augsnē

Kopējā dzīvsudraba (THg) saturs augsnes paraugos, kas ievākti blakus smagās meža tehnikas risām, pacilu bedrītēm vai grāvim, variēja no 33,4 līdz 547 ng g<sup>-1</sup>, bet sedimenta paraugos, kas ievākti smagās meža tehnikas risās, pacilu bedrītēs vai grāvī, tas variēja no 15,1 līdz 466 ng g<sup>-1</sup> (2.95. attēls). Salīdzinot THg saturu augsnes un sedimenta paraugos starp dažādiem objektiem, lielākais THg saturs gan augsnes paraugos, gan sedimenta paraugos konstatēts objektā

35-30, kas ierīkots Db meža tipā. Kopumā analīžu rezultāti norāda, ka lielāks vidējais THg saturs vērojams augsnes paraugos, salīdzinot ar sedimenta paraugiem (izņēmums ir objekts 38-13, kur augsnes un meža tehnikas risas sedimenta paraugos vērojamas līdzīgas vidējās THg koncentrācijas).

Pētījuma objektos THg saturs gan augsnes, gan sadimenta paraugos ir nedaudz lielāks nekā atspoguļots citu pētījumu rezultātos, kas veikti meža ekosistēmās Latvijā. Piemēram, organisko augšņu virskārtā kūdrājos konstatēts, ka THg saturs variē līdz 194,4 ng g<sup>-1</sup> (Bārdule et al., 2022), bet meliorācijas grāvju sedimentos meža zemē ar organiskām augsnēm Hg saturs variē līdz 187 ng g<sup>-1</sup> (Bitenieks et al., 2022). Kaut arī pētījuma objektos Zalvītes modeļteritorijā THg saturs gan augsnes, gan sadimenta paraugos ir lielāks kā norādīts minētajos pētījumos, kopumā ne augsni, ne sedimentu nevar uzskatīt par piesārņotu ar Hg. Dažādos vides dienestu avotos ASV, piemēram, kā drošas dzīvojamām teritorijām tiek minētas augsnes Hg koncentrācijas, kas variē no 18 000 ng g<sup>-1</sup> līdz pat 23 000 ng g<sup>-1</sup>, kas ir ievērojami lielākas vērtības (Gorospe, 2012).

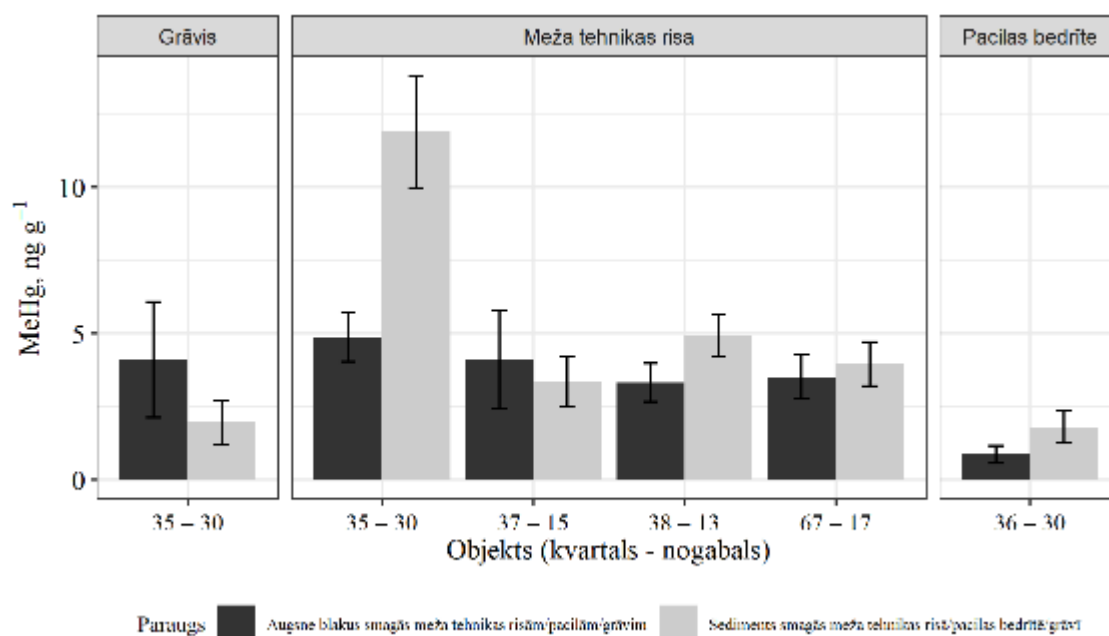


### 2.95. attēls. Kopējā dzīvsudraba (THg) saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentā un blakus esošā augsnes virskārtā

Metildzīvsudraba (MeHg) saturs augsnes paraugos, kas ievākti blakus smagās meža tehnikas risām, pacilu bedrītēm vai grāvim, variēja no 0,07 līdz 16,3 ng g<sup>-1</sup>, bet sedimenta paraugos, kas ievākti smagās meža tehnikas risās, pacilu bedrītēs vai grāvī, variēja no 0,29 līdz 20 ng g<sup>-1</sup> (2.96. attēls). Salīdzinot MeHg saturu augsnes un sedimenta paraugos starp dažādiem objektiem, lielākais MeHg saturs gan augsnes paraugos, gan sedimenta paraugos konstatēts objektā 35-30, kas ierīkots Db meža tipā. Kopumā analīžu rezultāti norāda, ka lielākajā daļā gadījumu lielāks vidējais MeHg saturs vērojams sedimenta paraugos, salīdzinot ar augsnes paraugiem.

Pētījuma objektos Zalvītes modeļteritorijā MeHg saturs gan augsnes, gan sedimenta paraugos ir mazāks kā atspoguļots, piemēram, Bitenieks et al. (2022) pētījumā, kurā noteikts MeHg saturs meliorācijas grāvju sedimentos meža zemē ar organiskām augsnēm. Atbilstoši Bitenieks et al. (2022) pētījuma rezultātiem MeHg saturs sedimenta paraugos variēja līdz 53,1 ng g<sup>-1</sup>. Savukārt šī pētījuma ietvaros noteiktās MeHg koncentrācijas augsnes un sedimenta paraugos pārsniedz koncentrācijas, kas konstatētas, piemēram, meža augsnē Zviedrijā platībās, kur tiek

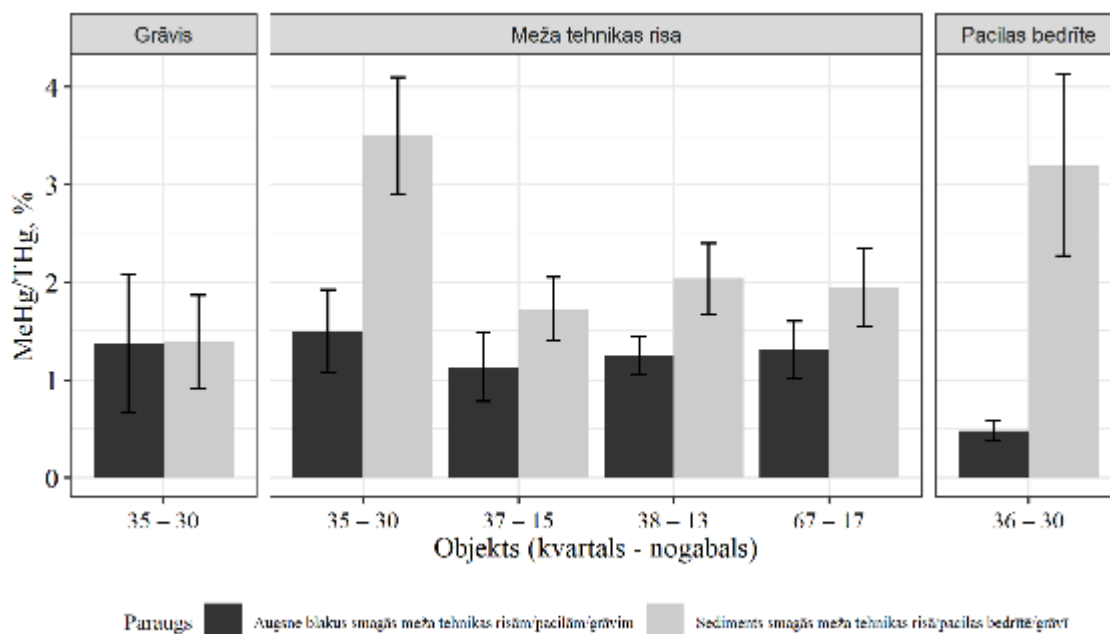
veikta intensīva mežsaimnieciskā darbība (MeHg koncentrācija (mediāna) augsnē variē līdz 2,31 ng g<sup>-1</sup>, Eklöf et al., 2018). Tas varētu būt skaidrojams ar atšķirīgiem vides apstākļiem mūsu objektos, piemēram, pārplūstošu augsni, augstāku organisko vielu saturu, augstāku gada vidējo augsnes temperatūru, kas var veicināt mikrobiālos procesus, tajā skaitā Hg metilācijas procesus.



**2.96. attēls. Metildzīvsudraba (MeHg) saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentos un blakus esošā augsnes virskārtā**

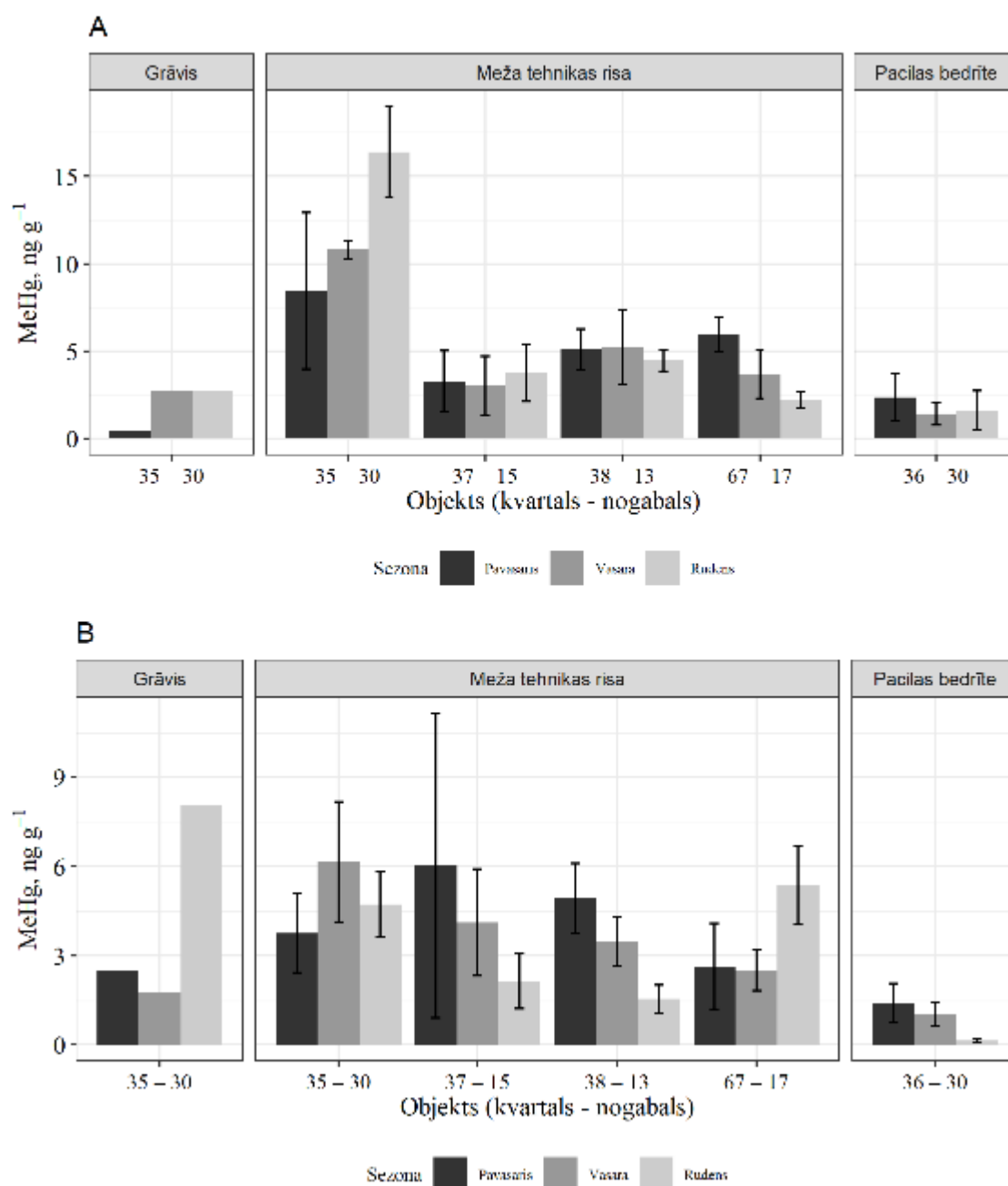
MeHg/THg attiecība augsnes un sedimenta paraugos raksturo Hg metilācijas procesu intensitāti. Kopumā MeHg/THg attiecība augsnes paraugos, kas ievākti blakus smagās meža tehnikas risām, pacilu bedrītēm vai grāvim, variēja no 0,11 līdz 4,43%, bet sedimenta paraugos, kas ievākti smagās meža tehnikas risās, pacilu bedrītēs vai grāvī, variēja no 0,23 līdz 7,35% (2.97. attēls). Lielāka Hg metilācijas intensitāte vērojama sedimenta paraugos, salīdzinot ar augsnes paraugiem (izņēmums ir objekts 35-30, kur augsnes un grāvja sedimenta paraugos vērojamas līdzīgas vidējās MeHg/THg attiecības vērtības). Tas norāda, ka mežsaimnieciskās darbības rezultātā izveidotās augsnes reljefa pazeminājuma vietās (meža tehnikas risās, pacilu bedrītēs), kurām raksturīgs stāvošs ūdens, vides apstākļi ir labvēlīgi Hg metilācijas procesu intensifikācijai.

Kopumā Hg metilācijas intensitāte gan augsnes, gan sedimenta paraugos vērtējama kā zema, salīdzinot, piemēram, ar Bitenieks et al. (2022) pētījuma rezultātiem, kas norādīja, ka MeHg īpatsvars no THg satura varēja līdz 38,6%. Neskatoties uz to, Hg metilācijas intensitāte, kas noteikta šī pētījuma ietvaros, pārsniedz Hg metilācijas intensitāti, kas konstatēta meža augsnē Zviedrijā platībās, kur tiek veikta intensīva mežsaimnieciskā darbība (MeHg% (mediāna) augsnē variē līdz 2,00 %, Eklöf et al., 2018).

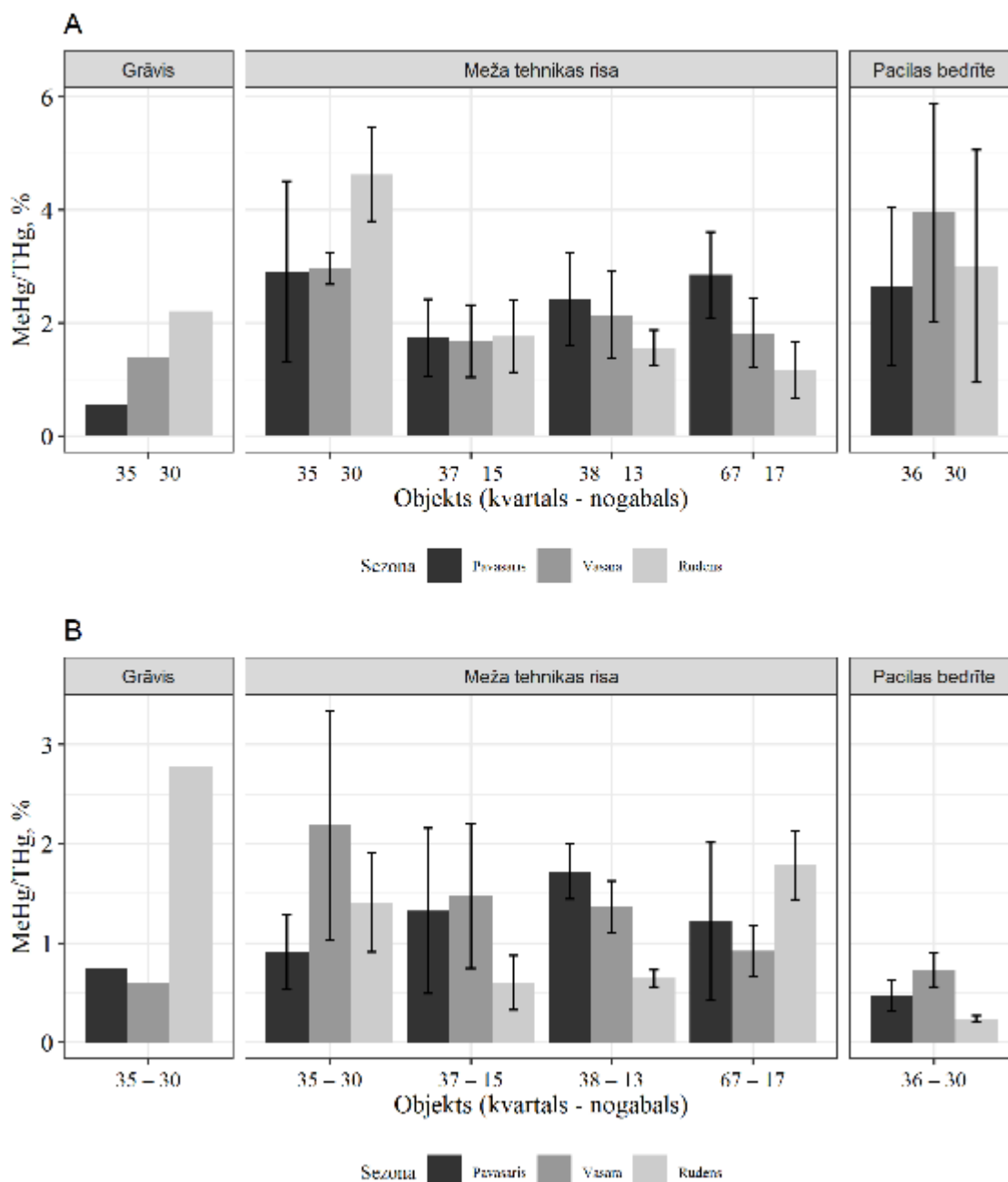


**2.97. attēls. MeHg/THg attiecība smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentā un blakus esošā augsnes virskārtā**

Ņemot vērā, ka Hg metilāciju, kas ir mikrobiāls process, tieši ietekmē vides temperatūra, 2.98. attēlā parādīts MeHg saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentā un blakus esošā augsnes virskārtā atkarībā no sezonas, savukārt 2.99. attēlā parādīta Hg metilācijas intensitāte atkarībā no sezonas. Sākotnējie rezultāti norāda, ka nav vērojama viennozīmīga sezonālītātes (pavasaris, vasara, rudens) ietekme ne uz MeHg saturu augsnes un sedimenta paraugos, ne uz Hg metilācijas intensitāti.



**2.98. attēls. Metildzīvsudraba (MeHg) saturs smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentā (A) un blakus esošā augsnes virskārtā (B) atkarībā no sezonas**

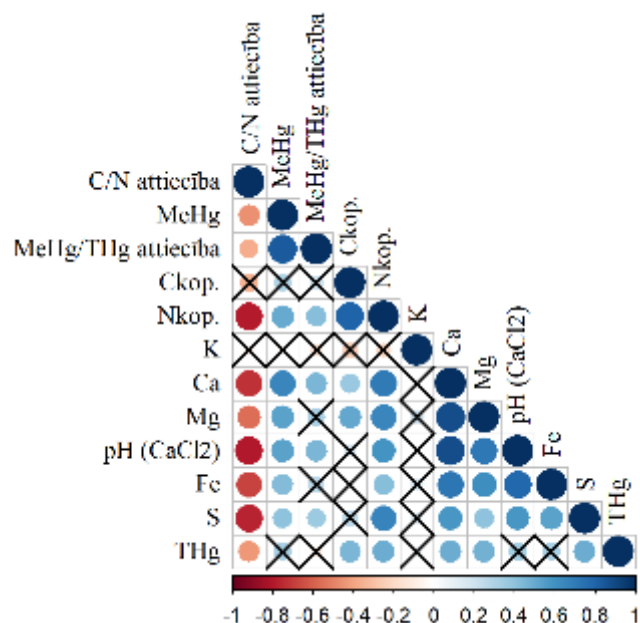


**2.99. attēls. MeHg/THg attiecība smagās meža tehnikas risu, pacilu bedrīšu, grāvja sedimentā (A) un blakus esošā augsnes virskārtā (B) atkarībā no sezonas**

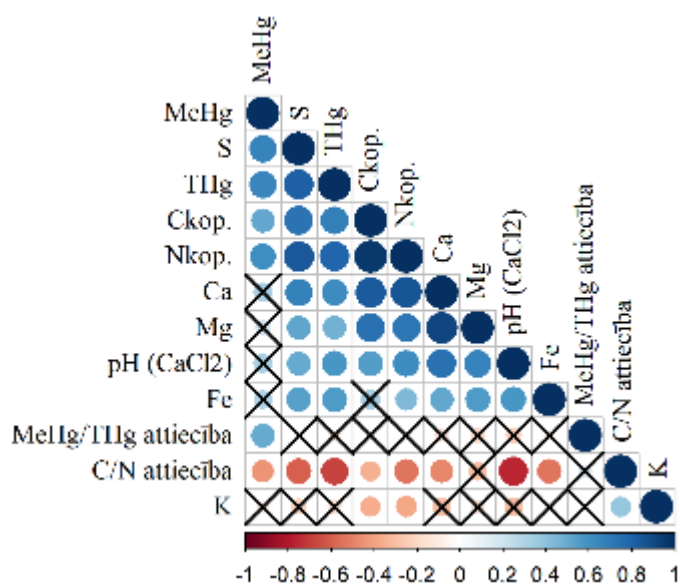
Augsnes paraugu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica parādīta 2.100. attēlā (sākotnējie rezultāti). THg pozitīvi korelē ar kopējā C ( $C_{kop.}$ ) saturu ( $r = 0,46$ ), kopējā N ( $N_{kop.}$ ) saturu ( $r = 0,50$ ), kopējā S saturu ( $r = 0,50$ ), Ca un Mg saturu ( $r = 0,49$  un  $r = 0,48$ , attiecīgi), bet negatīvi ar augsnes C/N attiecību ( $r = -0,43$ ). MeHg pozitīvi korelē ar kopējā N ( $N_{kop.}$ ) saturu ( $r = 0,50$ ), kopējā S saturu ( $r = 0,41$ ), Ca un Mg saturu ( $r = 0,66$  un  $r = 0,53$ , attiecīgi), augsnes pH ( $r = 0,54$ ) un Fe saturu ( $r = 0,44$ ), bet negatīvi ar augsnes C/N attiecību ( $r = -0,46$ ). Attēlā atspoguļotas arī vairākas citas būtiskas augsnes ķīmisko parametru savstarpējās sakarības.

Sedimenta paraugu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica parādīta 2.101. attēlā (sākotnējie rezultāti). THg pozitīvi korelē ar kopējā C ( $C_{kop.}$ ) saturu ( $r = 0,69$ ), kopējā N ( $N_{kop.}$ ) saturu ( $r = 0,79$ ), kopējā S saturu ( $r = 0,82$ ), Ca un Mg saturu ( $r = 0,62$  un  $r = 0,48$ , attiecīgi), augsnes pH ( $r = 0,58$ ) un Fe saturu ( $r = 0,57$ ), bet negatīvi ar augsnes C/N attiecību ( $r = -0,67$ ).

MeHg pozitīvi korelē ar kopējā C ( $C_{kop.}$ ) saturu ( $r = 0,51$ ), kopējā N ( $N_{kop.}$ ) saturu ( $r = 0,61$ ), kopējā S saturu ( $r = 0,67$ ), un kopējā Hg (THg) saturu ( $r = 0,66$ ), bet negatīvi ar augsnes C/N attiecību ( $r = -0,44$ ). Attēlā atspoguļotas arī vairākas citas būtiskas sedimenta paraugu ķīmisko parametru savstarpējās sakarības.



**2.100. attēls.** Augsnes paraugu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica objektiem Zalvītes modeļteritorijā. Pozitīvas sakarības jeb korelācijas parādītas zilā krāsā, negatīvas - sarkanā krāsā. Krāsu intensitāte un apla izmērs ir proporcionāls korelācijas ciešumam. Attēla apakšā leģendas krāsa parāda attiecīgā korelācijas koeficienta vērtību. Korelācijas, kurām  $p > 0,05$ , tiek uzskatītas par nenožīmīgām (attiecīgā šūna ir X).



**2.101. attēls.** Sedimenta paraugu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica objektiem Zalvītes modeļteritorijā. Pozitīvas sakarības jeb korelācijas parādītas zilā krāsā, negatīvas - sarkanā krāsā. Krāsu intensitāte un apla izmērs ir proporcionāls korelācijas ciešumam. Attēla apakšā leģendas krāsa parāda attiecīgā korelācijas koeficienta vērtību. Korelācijas, kurām  $p > 0,05$ , tiek uzskatītas par nenožīmīgām (attiecīgā šūna ir X).

## Secinājumi

1. Pētījuma objektos konstatētā dzīvsudraba un metildzīvsudraba koncentrācija meža augsnē nav uzskatāma par paaugstinātu. Augstāka dzīvsudraba un metildzīvsudraba koncentrācija konstatēta nogabalos ar organiskām augsnēm un augstāku augu barības elementu, sevišķi N un P, saturu.
2. Metildzīvsudraba koncentrācija sedimentā smagās meža tehnikas atstātajās risēs un pacilu bedrītēs ir augstāka nekā blakus esošajā augsnē. Reljefa padziļinājumos ir būtiski augstāks arī metildzīvsudraba procentuālais saturs no kopējā dzīvsudraba satura, kas norāda uz intensīvākiem metilācijas procesiem tajos.
3. Ņemot vērā, ka augsnes reljefa pazeminājumos veidojas labvēlīgi apstākļi dzīvsudraba metilācijai, teritorijās, kur virszemes ūdeņos konstatēts piesārņojums ar dzīvsudrabu, ieteicams pievērst īpašu uzmanību augsnes aizsardzībai meža darbu laikā, maksimāli novēršot augsnes bojājumus un tādu risu veidošanos, kas būtu saistītas ar platības hidroloģisko tīklu.
4. Iegūtie ķīmisko analīžu rezultāti 2023.gadā tiks padziļināti analizēti kopsakarībā ar nogabalu mikroreljefu, lai identificētu ūdens plūsmu virzienu un risku ūdensobjektiem, kā arī apkopotu zinātniskā publikācijā.

## Literatūra

1. Åkerblom, S.; Nilsson, M.B.; Skjellberg, U.; Björn, E.; Jonsson, S.; Ranney, B.; Bishop, K. Formation and Mobilization of Methylmercury across Natural and Experimental Sulfur Deposition Gradients. *Environ. Pollut.* 2020, 263, 114398.
2. Bārdule A., Gerra-Inohosa L., Kļaviņš I., Kļaviņa Z., Bitenieks K., Butlers A., Lazdiņš A., Lībiete Z. 2022. Variation in the Mercury Concentrations and Greenhouse Gas Emissions of Pristine and Managed Hemiboreal Peatlands. *Land*, 11(9), 1414; <https://doi.org/10.3390/land11091414>
3. Bishop, K.; Shanley, J.B.; Riscassi, A.; de Wit, H.A.; Eklöf, K.; Meng, B.; Mitchell, C.; Osterwalder, S.; Schuster, P.F.; Webster, J.; et al. Recent Advances in Understanding and Measurement of Mercury in the Environment: Terrestrial Hg Cycling. *Sci. Total Environ.* 2020, 721, 137647.
4. Bitenieks K., Bārdule A., Eklöf K., Espenberg M., Ruņģis D.E., Kļaviņa Z., Kļaviņš I., Hu H., Lībiete Z. 2022. The Influence of the Degree of Forest Management on Methylmercury and the Composition of Microbial Communities in the Sediments of Boreal Drainage Ditches. *Microorganisms*, 10(10), 1981; <https://doi.org/10.3390/microorganisms10101981>
5. Bravo, A.G.; Bouchet, S.; Tolu, J.; Björn, E.; Mateos-Rivera, A.; Bertilsson, S. Molecular Composition of Organic Matter Controls Methylmercury Formation in Boreal Lakes. *Nat. Commun.* 2017, 8, 14255.
6. Eklöf, K.; Bishop, K.; Bertilsson, S.; Björn, E.; Buck, M.; Skjellberg, U.; Osman, O.A.; Kronberg, R.-M.; Bravo, A.G. 2018. Formation of mercury methylation hotspots as a consequence of forestry operations, *Science of The Total Environment*, 613–614, 1069–1078
7. Gorospe, J. 2012. Growing Greens and Soiled Soil: Trends in Heavy Metal Contamination in Vegetable Gardens of San Francisco. Master's Theses. 4131. Koncentrāciju robežlielumi pieejami: <https://sites.google.com/site/healthygardeners/safe-levels#:~:text=While%20each%20location%20will%20have,et%20al.%2C%202008>
8. Howell, J. 2013. Organic Matter: Key to Soil Management. Pieejams: <https://ag.umass.edu/vegetable/fact-sheets/soil-basics-part-iii-organic-matter-key-to-management>
9. Morel, F.M.M.; Kraepiel, A.M.L.; Amyot, M. The Chemical Cycle and Bioaccumulation of Mercury. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1998, 29, 543–566.



10. O'Connor, D.; Hou, D.; Ok, Y.S.; Mulder, J.; Duan, L.; Wu, Q.; Wang, S.; Tack, F.M.G.; Rinklebe, J. Mercury Speciation, Transformation, and Transportation in Soils, Atmospheric Flux, and Implications for Risk Management: A Critical Review. *Environ. Int.* 2019, 126, 747–761.
11. Xu, J.; Buck, M.; Eklöf, K.; Ahmed, O.O.; Schaefer, J.K.; Bishop, K.; Skjellberg, U.; Björn, E.; Bertilsson, S.; Bravo, A.G. Mercury Methylating Microbial Communities of Boreal Forest Soils. *Sci. Rep.* 2019, 9, 518.
12. Mergler, D.; Anderson, H.A.; Chan, L.H.M.; Mahaffey, K.R.; Murray, M.; Sakamoto, M.; Stern, A.H. Methylmercury exposure and health effects in humans: A worldwide concern. *Ambio* 2007, 36, 3–11.
13. Mergler, D. Ecosystem approaches to mercury and human health: A way toward the future. *Ambio* 2021, 50, 527–531.
14. HELCOM Core Indicator Report. Available online: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Metals-HELCOM-core-indicator-2018.pdf> (accessed 22 July 2021).
15. Korpinen, S.; Laamanen, M.; Andersen, J.H.; Asplund, L.; Berger, U.; Bignert, A.; Boalt, E.; Broeg, K.; Brzozowska, A.; Cato, I.; et al. *Hazardous Substances in the Baltic Sea: An Integrated Thematic Assessment of Hazardous Substances in the Baltic Sea*; Helsinki Commission: Helsinki, Finland, 2010, p. 116.
16. LEGMC. 2020. Report on Surface Water and Groundwater Condition in 2019. (in Latvian). Available online: [https://videscentrs.lv/gmc.lv/files/Udens/udens\\_kvalitate/VPUK\\_2019\\_FINAL\\_26102020.pdf](https://videscentrs.lv/gmc.lv/files/Udens/udens_kvalitate/VPUK_2019_FINAL_26102020.pdf) (accessed 22 July 2021).
17. Eklöf, K.; Lidskog, R.; Bishop, K. Managing Swedish forestry's impact on mercury in fish: Defining the impact and mitigation measures. *Ambio* 2016, 45, 163–174.
18. Bishop, K.; Shanley, J.B.; Riscassi, A.; de Wit, H.A.; Eklöf, K.; Meng, B.; Mitchell, C.; Osterwalder, S.; Schuster, P.F.; Webster, J.; et al. Recent advances in understanding and measurement of mercury in the environment: Terrestrial Hg cycling. *Sci. Total Environ.* 2020, 721, 137647.
19. Hsu-Kim, H.; Eckley, C.S.; Achá, D.; Feng, X.; Gilmour, C.C.; Jonsson, S.; Mitchell, C.P.J. Challenges and opportunities for managing aquatic mercury pollution in altered landscapes. *Ambio* 2018, 47, 141–169.
20. Castoldi, A.F.; Coccini, T.; Manzo, L. Neurotoxic and Molecular Effects of Methylmercury in Humans. *Rev. Environ. Health* 2003, 18, 19–31.
21. Compeau, G.C.; Bartha, R. Sulfate-Reducing Bacteria: Principal Methylators of Mercury in Anoxic Estuarine Sediment. *Appl. Environ. Microbiol.* 1985, 50, 498–502.
22. Gilmour, C.C.; Henry, E.A.; Mitchell, R. Sulfate stimulation of mercury methylation in freshwater sediments. *Environ. Sci. Technol.* 1992, 26, 2281–2287.
23. Fleming, E.J.; Mack, E.E.; Green, P.G.; Nelson, D.C. Mercury methylation from unexpected sources: Molybdate-inhibited freshwater sediments and an iron-reducing bacterium. *Appl. Environ. Microbiol.* 2005, 72, 457–464.

### 3. Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana

#### 3.1. Invazīvo un potenciāli invazīvo zemesaugu sugu izplatības pētījumi

##### 3.1.1. Invazīvo un potenciāli invazīvo augu sugu saistība ar meža ekosistēmām un to galveno introdukcijas ceļu raksturojums

###### 3.1.1.1. Invazīvās un potenciāli invazīvās sugas meža ekosistēmās

Šobrīd Latvijas svešzemju augu sugu sarakstā ir ap 640 taksoniem ar dažādu invazivitātes pakāpi, kas veido 33% no visas Latvijas floras. No tām 35 sugas iekļautas prioritāro invazīvo sugu uzskaitē, no kurām 15 sugām nepieciešams prioritārs monitorings (sugas no tā sauktā “Melnā saraksta”) un 20 sugām – monitorings (“Pelēkais saraksts”). Latvijā šīs sugas pārsvarā sastopamas apdzīvotās vietās, mežos un neapstrādātās zemēs (Evarts-Bunders, Evarte-Bundere 2020). Saskaņā ar NOBANIS (North European and Baltic Network on Invasive Alien Species 2021) datiem par svešzemju sugām tiek uzskatīts mazāks augu sugu skaits (370). No tām 29 sugas Latvijā tiek uzskatītas par invazīvām un 12 - potenciāli invazīvām sugām.

Vairāk nekā trešdaļa no sugām, kas iekļautas prioritāro invazīvo sugu uzskaitē Latvijā aistītas ar meža ekosistēmām (3.1. tabula). Deviņas augu sugas, kas iekļautas “Melnajā sarakstā” un kurām ir nepieciešams prioritārs monitorings, ir sastopamas dažāda tipa mežos Latvijas teritorijā.

3.1. tabula

#### Invazīvo un potenciāli invazīvo augu sugu saraksts, kuru izplatība saistīta ar meža ekosistēmām. Prioritāri monitorējamās supas pēc Evarts-Bunders un Evarte-Bundere (2020) atzīmētas ar \*.

Sugas nosaukums	Literatūras atsauce	Sugas nosaukums	Literatūras atsauce
<i>Acer negundo</i> *	Laiviņš, Čekstere 2014	<i>Aronia prunifolia</i>	Priede, 2010
<i>Amelanchier</i> * <i>spicata</i>	Priede 2009	<i>Epilobium adenocaulon</i>	Priede 2017; Matulevičiūtē 2010
<i>Cotoneaster lucidus</i> *	Priede 2009	<i>Ligustrum vulgare</i>	Priede 2009
<i>Impatiens parviflora</i> *	Priede 2008	<i>Malus domestica</i>	Priede 2017
<i>Lupinus polyphyllus</i> *	Priede 2009	<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	Priede 2017
<i>Sambucus racemosa</i> *	Gavrilova 2007	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Gudžinskas et al. 2014
<i>Solidago canadensis</i> *	Priede 2009	<i>Sambucus nigra</i>	Kabuce, Priede 2006
<i>Solidago gigantea</i> *	Priede 2009	<i>Spiraea chamaedryfolia</i>	Rutkovska 2014
<i>Sorbaria sorbifolia</i> *	Laiviņš 2008	<i>Swida alba</i>	Rutkovska 2014
<i>Heracleum sosnowskyi</i> *	Gudžinskas et al. 2014	<i>Swida sericea</i>	CABI 2022

Runājot par meža ekosistēmām, jāmin tādas sugas kā ošlapu kļava *Acer negundo*, kas veido vairākus simtus kvadrātmetru lielas audzes, un šīs sugas krūmāji ir raksturīgi urbāno mežu sākumstadijai (Laiviņš, Čekstere 2014). Daudzlapu lupīnas *Lupinus polyphyllus* izplatīšanās arī saistīta ar ceļmalām un mežmalām (Priede 2009). Neofītas augu sabiedrības veido arī parastā sērmūkšpireja *Sorbaria sorbifolia*, kas visbiežāk aug parkos un apstādījumos, ceļmalās, pamestos dārzos un mājās, kā arī kapsētās un to tuvumā, turklāt arvien turpina pieaugt šīs sugas sastopamība

skujkoku un platlapju mežos (Laiviņš 2008). Viena no plašāk izplatītākajām un agresīvākajām invazīvajām sugām Eiropā ir Kanādas zeltgalvīte *Solidago canadensis*. Tās izplatību Latvijā veicina zālāju ruderalizācija un ilgstoša zemju neapsaimniekošana, tādēļ mūsdienās valsts teritorijā tā visbiežāk sastopama atmatās, ceļu un dzelzceļu malās, nezālienēs, kā arī mežos un mežmalās (Priede 2009). Savukārt sīkziedu sprigane *Impatiens parviflora* ir kļuvusi par stabilu sugu Latvijas mežu ekosistēmās, kur nereti veido dominantas audzes. Suga ir izplatījusies gandrīz visā Eiropā, izņemot Vidusjūras reģionu (Priede 2008). Gaišās mežmalās gar ceļiem un eitroficētos piepilsētas mežos sastopama svešzemju suga spožā klintene *Cotoneaster lucidus* (Priede 2009). Mežos var būt sastopama augu suga milzu zeltgalvīte *Solidago gigantea* (Priede 2009). Svarīgi atzīmēt vēl divas augu sugas. Viena no tām ir vārpainā korinte *Amelanchier spicata*, kura ir raksturīga tieši meža ceļu tuvumā, jo gar ceļiem veidojas ne tikai eitrofikācijai pakļauta zemsedze, bet šādās mežmalās ir arī piemēroti gaismas apstākļi (Priede 2009). Otra – sarkanais plūškoks *Sambucus racemosa*, kas raksturota kā bieži sastopama krūmu suga (Gavrilova 2007), un tās pieaugošā izplatība ir saistāma ar pēdējos gados aktīvi veidojošos krūmu stāvu pilsētu un piepilsētu mežos (Baturoviča 2011). Vienīgā augu suga, kas iekļauta oficiālajā invazīvo sugu sarakstā (MK noteikumi Nr. 468, 2008), Sosnovska latvānis *Heracleum sosnowsky*, ir bieži sastopama visā Latvijas teritorijā un plaši izplatīta arī meža ainavā.

No tā sauktā “Pelēkā saraksta” literatūrā minētas 10 sugas, kuru izplatība saistīta ar meža ekosistēmām vairāk par pusi no visām uzskaitītajām augu sugām (vairāk nekā puse no šī saraksta sugām). Kā pirmo sugu sarakstā var minēt sugu plūmjlapu aroniju *Aronia prunifolia*, kas ir sastopama mežos, kuri izveidojušies uz pamestām lauksaimniecības zemēm vai kuros pēc mežizstrādes notikusi dabiskā sukcesija. Lielākā daļa no šīs sugas atradnēm raksturīga tādiem mežiem, kuros agrāk notikuši traucējumi (Priede 2010). Maz pētīta ir sugas dziedzerstublāja kazrozes izplatība *Epilobium adenocaulon* Latvijā, kura sastopama Ķemeru Nacionālajā parkā, lielākoties mitros mežos Ķemeru, Kaņiera un Smārdes apkārtnē (Priede 2017). Kaimiņvalstī Lietuvā suga sastopama sausos priežu mežos, mitros lapu koku un jauktu koku mežos, kā arī izcirtumos (Matulevičiūtē 2010). Parastais ligustrs *Ligustrum vulgare* ir raksturīgs piepilsētas mežiem, kur tā izplatību sekmē antropogēnā ietekme un sugas donorterritorijas tuvums, jo tas tiek izmantots dekoratīvos apstādījumos. Augs izplatās arī mežmalās, kur ir labvēlīgi gaismas apstākļi (Priede 2009). Ķemeru Nacionālajā parkā suga sastopama platlapju mežos un sausos priežu kāpu mežos (Priede 2017). Izplatītas sugas mežmalās un dažāda tipa sausieņu mežos ir mājas ābele *Malus domestica* (Priede 2017) un gaismas prasīgā baltā robīnija *Robinia pseudoacacia* (Gudžinskas et al. 2014). Vēl viena gaismas prasīga suga, kas sastopama mežmalās un mežu atvērumos, ir melnais plūškoks *Sambucus nigra*, kura izplatīšanos veicina mežu eitrofikācija. Baltijas valstīs suga sastopama daļēji dabiskos, sausos priežu mežos (Kabuce, Priede 2006).

Tādi augi kā pieclapu mežvītenis *Parthenocissus quinquefolia* un austrumu dižpērkone *Bunia orientalis* var būt reti, bet tomēr sastopami mežmalās vai pat mežos (Priede 2017; Priede, Laiviņš 2007). Goblapu spireja *Spiraea chamaedryfolia* ir suga, kas izmantota kapu apstādījumos, no kuriem ar sakņu atvasēm tai ir teorētiska iespēja pāriet kapiem blakus esošajos mežos (Rutkovska 2014).

Divas grimoņu sugas – baltais grimonis *Swida alba* un atvasanais grimonis *Swida sericea* - saistītas ar mitrām vietām un ir konstatētas arī mežos (Rutkovska 2014; CABI 2022).

### 3.1.1.2. Introdukcijas ceļi

Lai novērstu invazīvo un potenciāli invazīvo sugu izplatību, svarīga ir katras sugas iespējamo izplatīšanās un ienākšanas ceļu novērtēšana. Tā ir viena no visizplatītākajām pieejām katras sugas individuālam izvērtējumam, lai novērstu ne tikai jau esošo invazīvo un potenciāli invazīvo sugu, bet arī jaunu svešzemju sugu ienākšanu esošajās ekosistēmās. Šī metode nosaka sugu introducēšanas un izplatības ceļus un mehānismus. Ņemot vērā mūsdienās strauji pieaugošo tirdzniecību, ceļošanu, transportu un tūrismu pasaulē, introdukcijas ceļu novērtēšana kā preventīvs pasākums ir visefektīvākā aizsardzība pret invazīvām svešzemju sugām. (Wittenberg et al. 2005). Sugu ienākšanas ceļus definē kā "procesu kopumu, kura rezultātā svešzemju suga tiek introducēta no vienas ģeogrāfiskās vietas uz citu". Vektorus definē kā "izkliedes mehānismus un introducēšanas līdzekļus" (Richardson et al. 2011). Informācijas dokumentēšana par pašreizējiem un potenciālajiem ceļiem uzskatāma par ļoti svarīgu svešzemju sugu riska novērtējuma, pārvaldības un uzraudzības īstenošanai (Harrower et al. 2018).

Transports, lauksaimniecība, dārzkopība un ainavu veidošana ir uzskatāmi par galvenajiem invazīvo svešzemju augu sugu introducēšanas ceļiem Latvijā (NOBANIS 2021). Analizējot literatūru par sugām, kuras monitorējamas un, to izplatība saistīta ar meža ekosistēmām Latvijas teritorijā, izdalīti galvenie sugu introdukcijas un izplatīšanās ceļi vadoties pēc Gerra-Inohosa et al. (2021) un Madsen et al. (2014). Introdukcijas ceļi izdalīti, analizējot informācijas avotus attiecība uz Latvijas teritoriju.

Invazīvo un potenciāli invazīvo augu sugu iespējamie introdukcijas ceļi Latvijā apkopoti 3.2. tabulā.

3.2. tabula

#### Potenciāli invazīvo un invazīvo svešzemju sugu iespējamie introdukcijas ceļi

Augu suga	Introdukcijas ceļi	Ieviešanās veids
<i>Acer negundo</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana, Sekundārā introdukcija	Izbēgšana, Piesārņotājs, Atbrīvošana, Patstāvīga ienākšana
<i>Amelanchier spicata</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana, Sekundārā introdukcija, Mezsaimniecība	Izbēgšana, Piesārņotājs, Atbrīvošana, Patstāvīga ienākšana
<i>Cotoneaster lucidus</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana, Sekundārā introdukcija	Izbēgšana, Piesārņotājs, Atbrīvošana, Patstāvīga ienākšana
<i>Impatiens parviflora</i>	Izbēgšana, Transports, Sekundārā introdukcija	Izbēgšana, Bezbiļetnieks, Patstāvīga ienākšana
<i>Lupinus polyphyllus</i>	Lauksaimniecība, Dārzkopība, Ainavu veidošana, Augsnes piesārņotājs, Transports, Sekundārā introdukcija	Izbēgšana, Piesārņotājs, Atbrīvošana, Bezbiļetnieks, Patstāvīga ienākšana
<i>Sambucus racemosa</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Izlaišana, Patstāvīga ienākšana
<i>Solidago canadensis</i>	Augsnes piesārņotājs, Dārzkopība, Transports, Sekundārā introdukcija	Izbēgšana, Piesārņotājs, Atbrīvošana, Patstāvīga ienākšana
<i>Solidago gigantea</i>	Augsnes piesārņotājs, Dārzkopība, Transports, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Bezbiļetnieks, Patstāvīga ienākšana
<i>Sorbaria sorbifolia</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Bezbiļetnieks, Patstāvīga ienākšana
<i>Heracleum sosnowskyi</i>	Lauksaimniecība, Dārzkopība, Transports, Augsnes piesārņotājs, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Atbrīvošana, Patstāvīga ienākšana
<i>Aronia prunifolia</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Atbrīvošana, Patstāvīga ienākšana

Augu suga	Introdukcijas ceļi	Ieviešanās veids
<i>Epilobium adenocaulon</i>	Transports, Sekundārā introdukcija	Bezbiļetnieks, Patstāvīga ienākšana
<i>Ligustrum vulgare</i>	Dārzkopība, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Patstāvīga ienākšana
<i>Malus domestica</i>	Dārzkopība, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Patstāvīga ienākšana
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Patstāvīga ienākšana
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Dārzkopība, Medicīna, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Patstāvīga ienākšana
<i>Sambucus nigra</i>	Dārzkopība, Medicīna, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Patstāvīga ienākšana
<i>Spiraea chamaedryfolia</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Patstāvīga ienākšana
<i>Swida alba</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Patstāvīga ienākšana
<i>Swida sericea</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana, Sekundārā introdukcija	Piesārņotājs, Izbēgšana, Patstāvīga ienākšana

Kopumā 30 invazīvajām un potenciāli invazīvajām svešzemju sugām noteikti seši introdukcijas ceļi. Iegūtie rezultāti rāda, ka ne tikai Eiropā (Pyšek et al. 2020), bet arī Latvijā dekoratīvā dārzkopība turpina būt viena no vadošajiem introdukcijas ceļiem, kas veicina svešzemju augu sugu invāziju valstī. Tās ir sugas, kas izkļuvušas no ierobežotas vai kontrolētas vides, kur tās tika komerciāli kultivētas un audzētas, izņemot mežsaimniecības, lauksaimniecības vai akvakultūras mērķiem, kas izdalīti kā atsevišķi introdukcijas ceļi. Dārzkopība ir cieši saistīta ar citu izdalīto introdukcijas ceļu, proti, ainavas veidošanu, kas nozīmē floras/ faunas uzlabošanu savvaļā (Harrower et al. 2018). 11 apskatītajām svešzemju augu sugām ainavu veidošana izdalīta kā atsevišķs ienākšanas ceļš. Divas analizētās sugas Latvijā kultivētas lauksaimniecības nolūkiem un laika gaitā ir naturalizējušās Latvijas florā un uzskatāmas par invazīvām vai potenciāli invazīvām – *Lupinus polyphyllus* un *Heracleum sosnowsky* (Gerra-Inohosa 2021). Savukārt svešzemju augu suga *Impatiens parviflora* Eiropā ir izplatījusies, jo audzēta botāniskajos dārzos un izbēgusi no tiem. Otrs iespējamais tās ieviešanās ceļš Latvijā varētu būt kravu pārvadājumi 19.–20. gs. (Priede 2008).

Transports kā iespējamais introdukcijas ceļš minēts vēl piecām svešzemju sugām. Svešzemju sugas *Robinia pseudoacacia* un *Sambucus nigra* var tikt izmantotas dārzkopībā ne tikai dekoratīviem mērķiem, bet arī medicīniskos nolūkos (Dabas aizsardzības pārvalde 2020). Četrām augu sugām varēja atsevišķi nodalīt introdukcijas ceļu “augšnes piesārņotāji”, kas nozīmē, ka suga neapzināti ieviesusies kopā ar citu produktu pārvietošanu, šajā gadījumā ar augsni. Sekundārā introdukcija attiecināma uz visām apskatītajām mežam raksturīgajām svešzemju augu sugām, jo patstāvīga šo augu sugu izplatīšanās iespējama no kaimiņvalstīm. Visas tabulā uzskaitītās sugas kā neofīti atrodamas vienā vai vairākās Latvijas kaimiņvalstīs. Analizējot literatūras datus, tikai viena suga *Alemnchier spicata* varētu būt saistīta ar mežsaimniecību, jo pagājušā gadsimta 50. gados tā popularizēta kā augstvērtīgs pārtikā izmantojams augs ar ieteikumu to introducēt zemas augšanas produktivitātes mežos (Dabas aizsardzības pārvalde 2020; Kabuce, Priede 2010). Lai gan gandrīz nevienai sugai nav tiešas saistības ar mežsaimniecību kā introdukcijas ceļu, lielākā daļa no sugām veido stabilas populācijas mežos.

Introdukcijas ceļi ir cieši saistīti ar svešzemju sugu ieviešanās veidiem (Gerra-Inohosa et al. 2021). Kopumā apskatītajām sugām izdalīti sekojoši ienākšanas veidi – patstāvīga ienākšana

(*Unaided*), izbēgšana (*Escape*), piesārņotājs (*Contaminant*), bezbiļetnieks (*Stowaway*) un atbrīvošana (*Release*).

### 3.1.1.3. Meža ceļi un to nozīme invazīvo sugu izplatībā

Viens no iemesliem, kas veicina bioloģiskās daudzveidības samazināšanos un nelabvēlīgi ietekmē dabiskās ekosistēmas, ir svešzemju sugu invāzija, kas saistīta ar palielinātu sugu introducēšanas un izplatības ceļu skaitu. Globālās pārmaiņas uzskatāmas par vienu no bioloģisko invāziju virzītspēkiem. Rezultātā visus biomas visā pasaulē arvien vairāk ietekmē invazīvas svešzemju sugas, kas var izraisīt sarežģītu un ilgtermiņa tiešu un netiešu ietekmi (Pyšek et al. 2020).

Ceļu pieejamība mežā ir viens no mežistrādes norisi ietekmējošiem faktoriem (Avon et al. 2013), un, tā kā lielākā daļa Eiropas mežu ir cilvēka saimnieciskās darbības ietekmēta simtiem gadu, meža ceļu ietekmei uz augu sugu sabiedrībām ir sena vēsture (Avon et al. 2010). Lai arī meža ceļu izstrāde palielina meža apsaimniekošanas efektivitāti, šādi traucējumi var izmainīt meža ekosistēmas funkcijas, tajā skaitā vietējo sugu sastāvu un svešzemju sugu izplatību (Chytrý et al. 2008). Meža ceļu izbūves rezultātā mainās apkārtesošie augšanas apstākļi. Salīdzinot ar mežaudzi, uz meža ceļiem palielinās pieejamās gaismas daudzums (Avon et al. 2013; Avon et al. 2010), samazinās konkurence par notekošo ūdeni. Ceļmalu augsne bagātinās ar barības vielām (Lugo, Gucinski 2000), turklāt tā ir mazāk skāba nekā meža iekšienē (Zhou et al. 2020; Neher et al. 2013; Lugo, Gucinski 2000), blīvāka un bagātāka ar minerālvielām (Deljouei et al. 2018).

Ceļmalas ir uzskatāmas par agrīnās sukcesijas dzīvotni (Avon et al. 2013; Flory, Clay 2009). Tieši gar ceļiem bieži notiekošie augsnes traucējumi, viegli pieejamie resursi, palielināts gaismas daudzums, mitrums un barības vielu pieplūdums, kas daudzām sugām meža iekšienē ir limitējoši faktori, kā arī transportlīdzekļu kustība un ceļa tīklu nepārtrauktība šajā dzīvotnē veicina mežam neraksturīgo sugu ienākšanu un izplatīšanos (Avon et al. 2010; Coffin 2007; Flory, Clay 2009). Ceļmalās lielākoties dominē nemeža vai mežmalu sugas, kas ir ātri augošas un, pretstatā meža sugām, ir tolerantākas pret traucējumiem. Nereti šīs sugas izplatās tālāk un tiek konstatētas arī dziļāk mežā (Avon et al. 2010; Marcantonio et al. 2013). Sugu daudzveidība ceļu tuvumā var būt divas līdz trīs reizes lielāka nekā audzes iekšienē, ko veicina ceļu būvniecības rezultātā radušās jaunas dzīvotnes un vides apstākļi (Zielinska 2007; Fallahchai et al. 2018). Lai gan sugu daudzveidība ceļmalās, pateicoties ienākušajām nemeža sugām, ir augsta, tā neatspoguļo briofītu, stresa toleranto un lēni augošo sugu daudzveidību (Avon et al. 2013; Marcantonio et al. 2013). Ir zināms, ka ceļu izbūve palielina sugu skaitu mežā, bet tajā pašā laikā veicina arī floras sinantropizāciju (Zielinska 2007) un rada draudus bioloģiskajai daudzveidībai, jo sekmē mežam raksturīgo sugu samazināšanos (Marcantonio et al. 2013).

Biotopu fragmentācija un meža ceļi, kas raksturīgi apsaimniekotām mežu platībām, var veidot būtiskus invazīvo svešzemju augu sugu izplatīšanās ceļus (Priede 2009). Ir zināms, ka ceļiem ir nozīmīga loma invazīvo sugu izplatībā meža ekosistēmās (Mortensen et al. 2009, Douglas et al. 2009). Nereti invazīvās sugas ir ātraudzīgas un spēj saražot lielu sēkļu daudzumu, kas ir to priekšrocība, izplatoties tādās regulāriem traucējumiem pakļautās dzīvotnēs kā, piemēram, ceļmalas. Tieši ceļmalās ir novērojama lielāka invazīvo sugu ietekme, bet virzienā uz audzes iekšieni tā samazinās (Flory, Clay, 2009). Invazīvo sugu izplatību var ietekmēt ceļu noslodze – jo intensīvāka ir satiksme un regulārāk tiek veikti ceļu uzturēšanas pasākumi, jo lielāka ir svešzemju sugu daudzveidība un segums (Cameron, Bayne 2009) un vislielākās izmaiņas floras sastāvā ir tieši gar visintensīvāk ekspluatētajiem ceļiem (Zielinska 2007). Lai arī ceļmalas darbojas

kā izplatības kanāli un dzīvotnes invazīvajām sugām, katrai sugai ir savi individuālie izkliedes mehānismi, ko nosaka sugas dzīves stratēģijas (Douglas et al. 2009).

### Secinājumi

1. Latvijā ar meža ekosistēmām saistīta 20 invazīvu un potenciāli invazīvu sugu izplatība. Lielākā daļa no šīm sugām ir krūmi un koki.
2. Viens no nozīmīgākajiem invazīvu augu sugu introdukcijas ceļiem Latvijā ir dārzkopība. Visām identificētajām sugām raksturīga arī sekundārā introdukcija, jo tās sastopamas kaimiņvalstīs. Definēti sekojoši ienākšanas veidi: patstāvīga ienākšana, izbēgšana, piesārņotājs, 'bezbiļetnieks' un atbrīvošana. Katrai aprakstītajai sugai ir raksturīgi vairāki introdukcijas ceļi un ienākšanas veidi.
3. Meža ceļu malas kā agrīnās sukcesijas dzīvotne nereti uztur lielāku augu sugu daudzveidību nekā blakus esošās mežaudzes, taču tām raksturīgie vides apstākļi un apsaimniekošana var veicināt mežam neraksturīgu, tajā skaitā invazīvu sugu izplatību.

### Literatūra

1. Avon C., Bergès L., Dumas Y., Dupouey J.-L. 2010. Does the effect of forest roads extend a few meters or more into the adjacent forest? A study on understory plant diversity in managed oak stands. *Forest Ecology and Management*, 259(8): 1546-1555 pp.
2. Avon C., Dumas Y., Bergès L. 2013. Management practices increase the impact of roads on plant communities in forests. *Biological Conservation*, 159: 24-31 pp.
3. Baturoviča L. 2011. Engures ezera sateces baseina svešzemju augu sugu izplatības faktori. Bakalaura darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 58 lpp.
4. Christen D.C., Matlack G.R. 2009. The habitat and conduit functions of roads in spread of three invasive plant species. *Biological Invasions*, 11: 453 – 465.
5. Chytrý, M., Jarošík, V., Pyšek, P., Hájek, O., Knollová, I., Tichý, L., Danihelka, J. 2008. Separating habitat invasibility by alien plants from the actual level of invasion. *Ecology* 89: 1541–1553.
6. Coffin A. W. 2007. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15(5): 396-406 pp.
7. Evarts-Bunders P., Evarte-Bundere. 2020. Development and approbation of methodology for monitoring invasive plant species: the Case of Latvia. *Thaiszia Journal of Botany* 30 (1): 059-079.
8. Fallahchai, M. M., Haghverdi, K., Mojaddam, M. S. 2018. Ecological effects of forest roads on plant species diversity in Caspian forests of Iran. *Acta Ecologica Sinica*, 38(3): 255-261 pp.
9. Flory, S. L., Clay, K. 2009. Effects of roads and forest successional age on experimental plant invasions. *Biological Conservation*, 142(11): 2531-2537 pp.
10. Gerra-Inohosa L., Pilāte D., Lībiete Z., Dauškane I, Aleksejevs E., Boiko D., Čeirāns A., Plikšs M. 2021. Identification of pathways of introduction in Latvia for 66 invasive alien species of European Union concern, Latvian State Forest Research Institute "Silava", 50 pp.
11. Gudžinskas Z., Kazlauskas M., Pilāte D., Balalaikins M., Pilāts M., Šaulys A., Šaulienė I., Šukienė L. 2014. Lietuvos un Latvijas pierobežas invazīvie augi. *BMK Leidykla, Vilnius*. 118-119.
12. Invazīvo augu sugu saraksts. 2008. Ministru kabineta noteikumi Nr.468
13. Kabuce, N., Priede, A. 2006. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Sambucus nigra*. – From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species - NOBANIS [www.nobanis.org](http://www.nobanis.org), skatīts: 19/01/2022.

14. Laiviņš, M. 2008. *Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Br. naturalizēšanās Latvijā. Latvijas veģetācija 16: 45 – 60.
15. Laiviņš, M., Čekstere, G. 2014. Nemeža biotopu pārkrūmošanās Rīgā. I *Acer negundo* izplatība, ekoloģija un augu sabiedrības. Mežzinātne, 28 (61): 39–65.
16. Lugo, A. E., Gucinski, H. 2000. Function, effects, and management of forest roads. *Forest ecology and management*, 133(3): 249-262 pp.
17. Madsen C.L., Dahl C.M., Thirslund K.B., Grousset F., Johannsen V.K., Ravn H.P. 2014. Pathways for non-native species in Denmark. Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen, Frederiksberg, 131 pp.
18. Marcantonio, M., Rocchini, D., Geri, F., Bacaro, G., Amici, V. 2013. Biodiversity, roads, & landscape fragmentation: Two Mediterranean cases. *Applied Geography*, 42: 63-72 pp.
19. Matulevičiūtē D. 2010. Population dynamic of *Epilobium ciliatum* in fire places in Kamanos raised bogs: 5 – year study (2004–2008). *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis. Suppl*, 2: 29-35.
20. Mortensen D.A., Rauschert J.R., Nord A.N., Brian P.J. 2009. Forest roads facilitate the spread of invasive plants. *Invasive Plant Science and Management*, 2: 191 – 199.
21. Neher, D. A., Asmussen, D., Lovell, S. T. 2013. Roads in northern hardwood forests affect adjacent plant communities and soil chemistry in proportion to the maintained roadside area. *Science of the Total Environment*, 449: 320-327 pp.
22. Priede A. 2008. Invazīvo svešzemju sugu izplatība Latvijā. *Latvijas veģetācija*, 17, 148 lpp.
23. Priede A. 2009. Invazīvie neofīti Latvijas florā: izplatība un dinamika. Promocijas darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 127 lpp.
24. Priede A. 2010. Factors determining the distribution of *Aronia frunifolia*, an emerging invasive plant species in Latvia. *Acta Biol. Univ. Daugavp.*, Suppl., 2: 49 - 59.
25. Priede A. 2017. “Ķemeru Nacionālā parka flora: vaskulārie augi”. Ķemeru nacionālā parka fonds, 429 lpp.
26. Priede A., Laiviņš M. 2007. Austrumu dižpērkones *Bunias orientalis* L. naturalizācija un fitosocioloģija Latvijā. *Latvijas Veģetācija* 13: 65-79
27. Pyšek P., Hulme P.E., Simberloff D., Bacher S., Blackburn T.M., Carlton J.T., Dawson W., Essl F., Foxcroft L.C., Genovesi P., Jeschke J.M., Kühn I., Liebhold A.M., Mandrak N.E., Meyerson L.A., Pauchard A., Pergl J., Roy H.E., Seebens H., Kleunen van M., Vilà M., Wingfield M.J., Richardson D.M. 2020. Scientists’ warning on invasive alien species, *Biological Reviews*, 95, pp. 1511-1534.
28. Richardson D.M., Pyšek P., Carlton J.T. 2011. A compendium of essential concepts and terminology in biological invasions, In: D.M. Richardson (ed.), *Fifty Years of Invasion Ecology: The Legacy of Charles Elton*, Oxford, Blackwell Publishing, pp. 409–420.
29. Rutkovska S. 2014. Augājs kā pilsētvides indikators Daugavpilī. Latvijas Universitāte, Rīga, 120 lpp.
30. Wittenberg R., Cock M.J.W. (2005). Best practices for the prevention and management of invasive alien species, *Invasive alien species: a new synthesis*: 209-232.
31. Zhou T., Xiaoying L., Yuping H., Xiang Yanci, Pen Shaolin. 2020. Quantifying the effects of road width on roadside vegetation and soil conditions in forests. *Landscape Ecology*, 35: 69–81 pp.
32. Zielinska K. 2007. The influence of roads on the species diversity of forest vascular flora in Central Poland. *Biodiversity: Research and Conservation*, 5-8 pp.

#### Interneta resursi

1. CABI. 2022. *Cornus sericea*. In: *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International. Tiesšaistes resurss: [www.cabi.org/isc](http://www.cabi.org/isc), skatīts: 19/01/2022.



2. Gavrilova Ģ. 2007. Latvijas svešzemju sugu saraksts. Tiešsaistes resurss: [http://biodiv.daba.gov.lv/cooperation/invaz/i-netam\\_invazivie.xls](http://biodiv.daba.gov.lv/cooperation/invaz/i-netam_invazivie.xls), skatīts: 19/01/2022.
3. Harrower, C.A., Scalera R., Pagad S., Schönrogge K., Roy, H.E. 2018. Guidance for interpretation of CBD categories on introduction pathways”, Convention on Biological Diversity, Tiešsaistes resurss: <https://www.cbd.int/doc/c/9d85/3bc5/d640f059d03acd717602cd76/sbstta-22-inf-09-en.pdf>, skatīts 12/12/2021.
4. Invazīvās sugas. 2020. Dabas aizsardzības pārvalde. Tiešsaistes resurss: <https://www.daba.gov.lv/lv/invazivas-sugas?mselkid=a44deb5ccf8111ec8c57be14004b2111>, skatīts 2/05/2022.
5. NOBANIS. 2021. Tiešsaistes resurss: <https://www.nobanis.org/>, skatīts 9/12/2021.

### *3.1.2. Invazīvo un potenciāli invazīvo zemsedzes augu sugu izplatības mežaudzēs risku novērtējums monitoringa teritorijās*

Lineāri meža infrastruktūras objekti – ceļi, grāvji un stigas - ir daļa no meža ainavas. Galvenā meža ceļu funkcija ir pieejas nodrošināšana apsaimniekošanas vajadzībām un meža aizsardzībai (Avon et al. 2013), taču arvien būtiskāka kļūst to funkcija piekļuves nodrošināšanā nekoksnes produktiem un atpūtas vietām (Pastur et al. 2018).

Pieaugošā antropogēnā slodze uz dabiskajām ekosistēmām un klimata izmaiņas veicina sugām dabisko biotopu degradāciju. Lai arī meža ceļu izstrāde ir nozīmīga mežizstrādes procesā, šādi traucējumi var izmainīt meža ekosistēmu, tajā skaitā vietējo sugu sastāvu, un veicināt svešzemju sugu izplatību (Chytrý et al. 2008). Literatūras dati liecina, ka vairāk nekā trešdaļa no sugām, kas iekļautas prioritāro invazīvo sugu uzskaitē, saistītas ar meža ekosistēmām (Evarts-Bunders, Evarte-Bundere 2020), un ceļa malas darbojas gan kā biotopi, gan kā koridors, kas veicina augu populāciju ekspansiju (Christen, Matlack 2009). Ceļu izbūve palielina meža floras daudzveidību, taču arī veicina floras sinantropizāciju (Zielińska 2007). Biotopu fragmentācija un meža ceļi, kas raksturīgi apsaimniekotām mežu platībām, var veidot nozīmīgus biotopam neraksturīgo, tajā skaitā invazīvo sugu izplatīšanās ceļus (Priede 2009). Pētījumi rāda, ka ceļa efekts var ietekmēt veģetācijas sastāvu līdz par 30 metru attālumā no ceļa malas (Deljouei et al. 2018). Lai labāk izprastu invazīvo sugu izplatīšanās procesus un to ietekmi, nozīmīgi veikt ilglaicīgus pētījumus, kas ļautu uzraudzīt vairākus bioloģiskās daudzveidības aspektus, tajā skaitā sūnu, ķērpju un vaskulāro augu sabiedrību struktūru izmaiņas saistībā ar ceļa izbūvi (Deljouei et al. 2018).

Šī pētījuma mērķis ir novērtēt jaunizbūvētu un pārbūvētu (rekonstruētu) meža ceļu ietekmi uz augu sugu daudzveidību apsaimniekotos mežos. Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, tiek veikts veģetācijas monitorings dažādas ietekmētības pakāpes ceļu objektos apsaimniekotās meža teritorijās, īpašu uzmanību pievēršot invazīvo un potenciāli invazīvo sugu izplatībai.

#### *3.1.2.1. Objekti un mērījumi*

##### *Pētījuma teritorijas*

Pētījumam izvēlētas trīs teritorijas AS “Latvijas valsts meži” apsaimniekotos mežos – Zalve, Jelgava un Cēsis (3.1. attēls). 2022. gadā atkārtota veģetācijas uzskaitē veikta gar četriem Zalves teritorijā ietilpstošiem ceļiem, bet pirmreizēja veģetācijas uzskaitē - gar diviem Cēsu teritorijā un diviem Jelgavas teritorijā jaunizbūvētiem vai pārbūvētiem meža ceļiem (3.3. tabula).

Katrā teritorijā izvēlēts arī viens mazāk ietekmēts ceļa posms kā kontroles parauglaukums. Kopumā 2022. gadā aprakstīti astoņi iepriekš izbūvēti ceļa posmi un trīs kontroles ceļa posmi.



3.1. attēls. Pētījuma teritorijas invazīvo sugu monitoringam gar meža ceļiem

3.3. tabula

#### Pētījuma objektu raksturojums

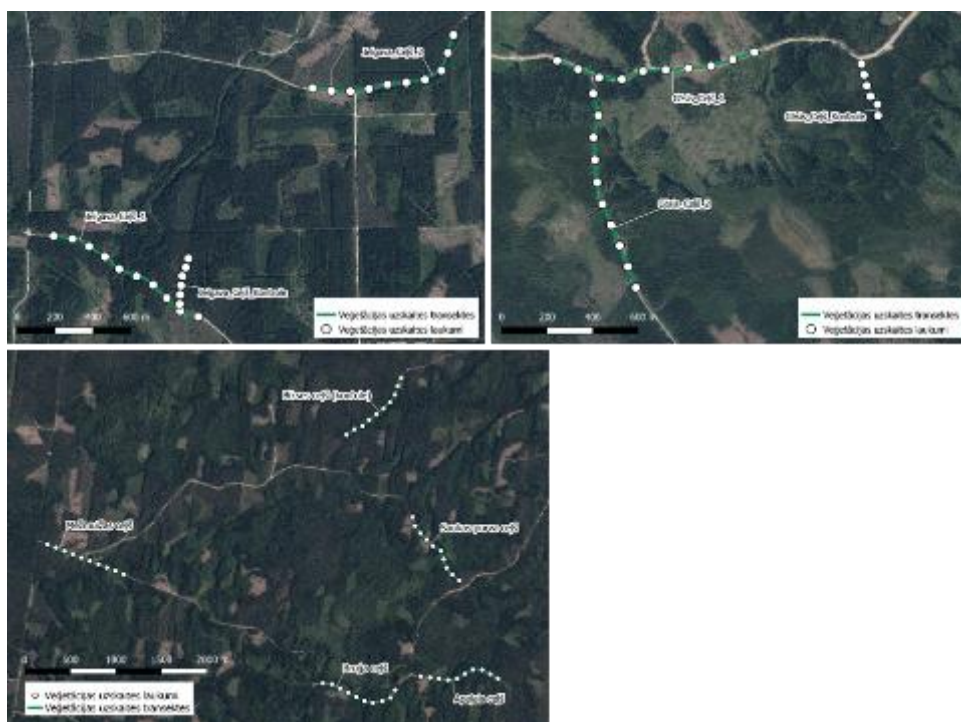
Objekta nosaukums	Teritorija	2022.gads	Parauglaukumu skaits
Apaļais ceļš	Zalve	rekonstruēts	20
Bruģa ceļš	Zalve	rekonstruēts	20
Saukas purva ceļš	Zalve	rekonstruēts	20
Mežmuižas ceļš	Zalve	rekonstruēts	20
Bikšu ceļš	Zalve	dabiska brauktuve	20
Skraustu ceļš (Ceļš_1)	Cēsis	rekonstruēts	20
Mežmaļu ceļš (Ceļš_2)	Cēsis	rekonstruēts	20
Cēsis_ceļš_kontrole	Cēsis	dabiska brauktuve	12
Ēdenes karjers (Jelgava Ceļš 1)	Jelgava	rekonstruēts	20
Uzvaras līdums (Jelgava Ceļš 2)	Jelgava	rekonstruēts	20
Jelgava_ceļš_kontrole	Jelgava	dabiska brauktuve	20

#### Datu ievākšana

Gar katru ceļu sugu uzskaitē veikta 1 km garā posmā. Uz katra posma ar 100 m intervālu ierīkotas 10 transektes, kas šķērso ceļa viduslīniju. Šīs transektes sadalītas divos (labā (L) un kreisā (K) ceļa puse iešanas virzienā) 3×10 m lielos parauglaukumos, kas sākas līdz ar ceļa kranti, un to garākā mala ir vērsta paralēli novilktajai transektei. Pirmā uzskaites transekte ierīkota 100 vai 50 m no ceļa vai grāvja trases sākuma. Ņemot vērā izvēlēto ceļa garumu, diviem ceļiem Cēsis

Ceļš\_kontrole un Jelgava Ceļš\_kontrole intervāls starp ierīkotajiem parauglaukumiem bija 50 metri. Savukārt uz dabiskās brauktuves Cēsis Ceļš\_kontrole kopumā ierīkoti tikai 12 parauglaukumi.

Kopumā veģetācijas uzskaitē veikta 212 parauglaukumos (3.2. attēls). Katrā parauglaukumā pēc Brauna-Blankē metodes (Braun-Blanquet 1964) piecu ballu skalā (1 balle - sugas kopējais segums parauglaukumā < 5%; 2 balles 5 - 25%; 3 balles 25 - 50%; 4 balles 50 - 75%; 5 balles 75 - 100%) uzskaitīta visa veģetācija. Vaskulāro augu sugu nomenklatūra veidota pēc Gavrilovas un Šulca (1999), kā arī izmantota sūnu un ķērpju nomenklatūra saskaņā ar Latvijas ķērpju un sūnu taksonu sarakstu (Āboliņa et al. 2015). Papildu ieskatam ceļmalu nodrošinātajos ekosistēmu pakalpojumos atlasītas sugas, kurām piemīt ārstnieciskas īpašības (Rubine un Eniņa 2020).



3.2. attēls. Apsēkoto transekšu un parauglaukumu izvietojuma shēmas

### Datu apstrāde

Datu statistiskajai analīzei izmantota programma PC-ORD (Peck 2010), kurā veikta sugu daudzveidības analīze, izmantojot detrendētās korespondentanalīzes metodi (DCA). Ordinācijā iekļauti sugu projektīvā seguma dati un to saistība ar Ellenberga indikatorvērtībām (Ellenberg et al. 1992), kas rēķinātas katram parauglaukumam. Datu analīzē izmantots vispārinātais lineārais modelis (GLM), lai noteiktu sugu skaita atšķirības starp apsekotajiem ceļiem, proti, starp visiem rekonstruētajiem ceļiem un meža ceļiem (mazākas ietekmes pakļautiem objektiem), kā arī starp vienādas ietekmes objektiem – tikai rekonstruēto ceļu ietvaros vai tikai dabisko brauktuvju starpā. GLM modelis izmantots, lai noteiktu, vai pastāv būtiska atšķirība starp ārstniecisko sugu skaitu dažādos apsekotajos objektos. 2022. gadā. Tā kā analizēti skaita dati, izvēlēts Puasona atlikuma sadalījums un logaritmiskā saistības funkcija (Zuur et al. 2007).

### 3.1.2.2. Rezultāti

#### Sugu bagātība

Kopumā 2022. gadā visos apsekotajos objektos konstatēti 320 taksoni, no kuriem 282 pārstāvēja lakstaugus, 32 - sūnu sugas un seši - ķērpju sugas. Visizplatītākās lakstaugu sugas, kas konstatētas vismaz pusē no visiem apsekotajiem parauglaukumiem, bija *Rubus idaeus*, *Festuca rubra*, *Calluna vulgaris*, *Calamagrostis epigejos*, *Salix* ģints sugas, *Picea abies*, *Taraxacum officinale* un *Agrostis tenuis*. Savukārt, 17 lakstaugi no visām aprakstītajām sugām (47 sugas) atrasti tikai vienu reizi vienā apsekotajā parauglaukumā. No sūnu sugām visvairāk uzskatītas bija *Pleurozium schreberi* un *Hylocomnium splendens*, no ķērpju sugām attiecīgi *Peltigera* ģints sugas (1. pielikums).

Vidēji vienā parauglaukumā uz rekonstruēta ceļa noteiktas 38 sugas, savukārt uz dabiskas brauktuves – 19 sugas. Vislielākā sugu bagātība konstatēta uz Mežmaļu ceļa (kopējais sugu skaits – 168), savukārt vismazākais sugu skaits bija uz Saukas purva ceļa (kopējais sugu skaits – 120). Vidēji vienā apsekotā parauglaukumā visvairāk sugu atrastas uz Ēdenes karjera ceļa (44 sugas), mazākais vidējais sugu skaits attiecīgi konstatēts uz dabiskām brauktuvēm (19 sugas). Iegūtie rezultāti no GLM analīzes rāda, ka sugu skaits uz rekonstruētajiem ceļiem bija būtiski lielāks salīdzinājumā ar sugu skaitu uz apsekotajām dabiskajām brauktuvēm ( $p < 0.001$ ) (3.4. tabula). Iegūtie rezultāti norāda, ka rekonstruēti ceļi būtiski palielina sugu skaitu apsaimiekotā meža ainavā.

3.4. tabula

**Sugu skaita atšķirības apsekotajos objektos. Zem objekta veida - dabiskas brauktuves – apvienoti trīs apsekotie meža ceļi (Bikšu ceļš, Cēsis ceļš kontrole, Jelgava ceļš kontrole).**

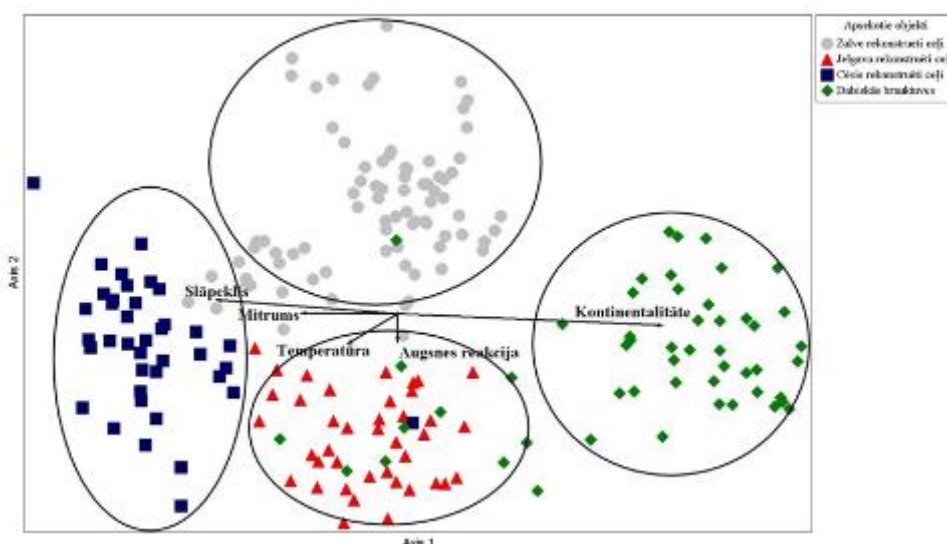
**P vērtība ņemta no izveidotā GLM modeļa. Apzīmējumi: \*\*\* -  $p < 0.001$ , \* -  $p = 0.05$ .**

Objekta veids/Teritorija	Kop. sugu skaits	Vid. sugu skaits	Standartnovirze	Min. sugu skaits	Maks. sugu skaits	p vērtība
Apsekotie objekti						***
Dabiskas brauktuves (atsauce)	136	19	±7	9	38	
Apaļais ceļš (Z)	150	38	±8	26	57	***
Bruģa ceļš (Z)	161	43	±8	30	56	***
Saukas purva ceļš (Z)	120	32	±9	19	51	***
Mežmuižas ceļš (Z)	121	30	±6	15	40	***
Skraustu ceļš (C)	146	38	±6	30	52	***
Mežmaļu ceļš (C)	168	38	±5	29	51	***
Ēdenes karjers (J)	162	44	±9	31	62	***
Uzvaras līdums (J)	154	39	±7	28	54	***
Teritorija/dabiska brauktuve						***
Zalve (atsauce)	83	20	±6	12	33	
Cēsis	79	21	±7	11	35	
Jelgava	83	16	±6	9	38	***
Teritorija/rekonstruēti ceļi						***
Zalve (atsauce)	239	36	±9	15	57	
Cēsis	199	38	±6	29	52	*
Jelgava	201	42	±9	28	62	***

Konstatētas būtiskas savstarpējas atšķirības gan starp rekonstruētiem ceļiem, gan dabiskām brauktuvēm dažādu apsektoto teritoriju ietvaros ( $p < 0.005$ , GLM analīze). Vislielākais kopējais sugu skaits uz rekonstruētiem ceļiem konstatēts Zalvē (kopējais – 239), savukārt vidēji visvairāk sugu viena parauglaukuma ietvaros atrasts Jelgavas teritorijā (42 sugas). Salīdzinot dabiskās brauktuves, rezultāti rādīja, ka vidējais sugu skaits ir līdzīgs gan Zalvē, gan Cēsu parauglaukumos. Turklāt arī GLM rezultāti parādīja, ka starp šīm divām teritorijām sugu skaita ziņā būtiskas atšķirības nav (3.4. tabula). Rezultāti dažādu teritoriju rekonstruēto ceļu ietvaros var būtiski atšķirties, ko ietekmēt gan vides apstākļi, gan reģionālās īpatnības, gan apkārt esošā mežu apsaimniekošana.

### Sugu sastāvs

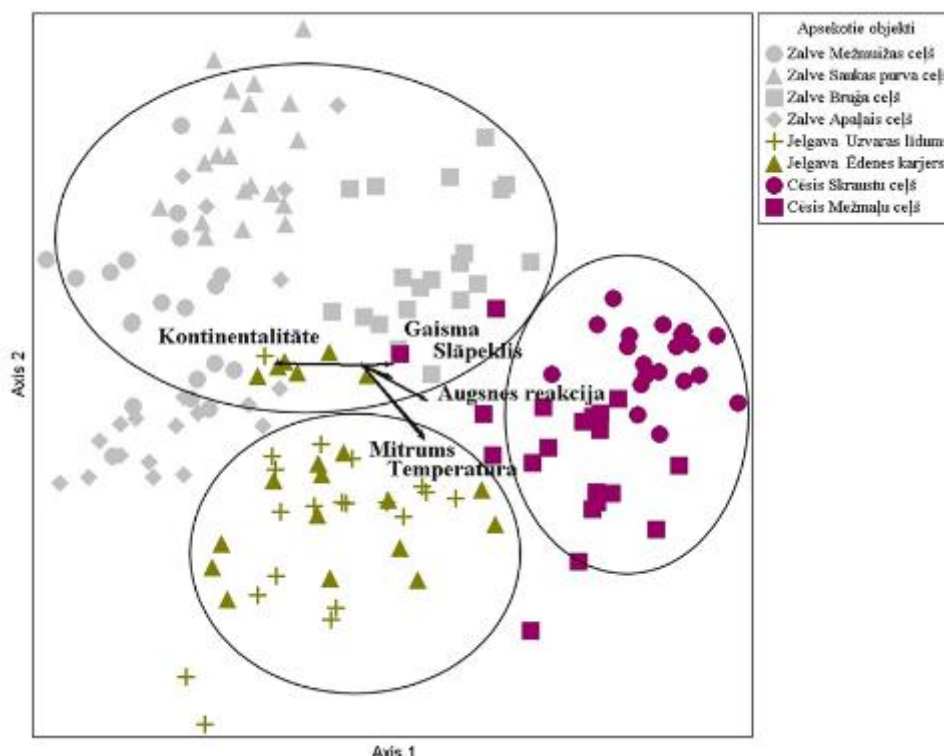
DCA ordinācijas rezultāti rāda, ka sugu sastāvs starp apsekotajiem izbūvētajiem ceļiem un mazāk ietekmētiem meža ceļiem atšķiras, veidojot divas savstarpēji nodalītas sugu grupas (3.3. attēls). Galvenie šīs atšķirības nosakošie faktori bija kontinentalitāte (Pīrsona korelācijas koeficients starp pirmo asi un Ellenberga skalas kontinentalitāti bija 0,831), slāpekļis (koeficients ar slāpekļa asi attiecīgi – 0,688) un mitrums ((koeficients ar mitruma asi attiecīgi -0,501) (3.3. attēls). Tas norāda, ka gar izbūvētiem meža ceļiem sastopamas pēc barības vielām prasīgākas un mitrumu mīlošas sugas, savukārt ar dabiskajām brauktuvēm saistītas sugas, kas raksturīgas sausākām, ēnainākām vietām. Kā piemērus var minēt *Artemisia vulgaris*, *Cirsium vulgare*, *Taraxacum officinale*, *Elymus caninus* - sugas ar augstu Ellenberga slāpekļa skalas vērtību. Savukārt vaskulāro augu sugām *Calamagrostis epigeios*, *Pinus sylvestris*, *Trientalis europea* izteiktāka ir kontinentalitāte. Papildus DCA ordinācijā redzams, ka sugu sastāvs ir atšķirīgs arī rekonstruēto ceļu ietvaros, veidojot atsevišķas nodalītas sugu grupas (3.3. attēls).



3.3. attēls. DCA ordinācija apsekotajiem parauglaukumiem

Rekonstruēto ceļu DCA ordinācija rāda, ka vairums sugu Zalves teritorijā un daļā Jelgavas teritorijas saistītas ar lielākām Ellenberga skalas kontinentalitātes vērtībām, kas netieši norāda uz meža ekosistēmai raksturīgākām sugām šajās teritorijās, salīdzinājumā ar Cēsīs aprakstīto

veģētāciju (3.5. attēls). Pīrsona korelācijas koeficients starp Ellenberga kontinentalitāti un pirmo asi bija -0.503. Savukārt gar vērtētajiem ceļiem Cēsu teritorijā konstatētas vairāk slāpekli mīlošas sugas. Kā piemēru var minēt potenciāli invazīvo augu sugu *Lupinus polyphyllus* (3.3., 3.4. attēls).

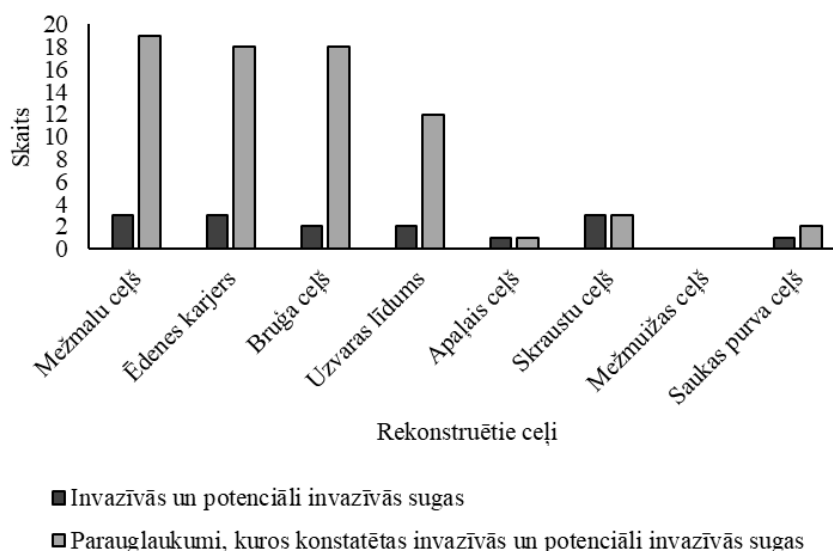


3.4. attēls. DCA ordinācija apsekotajiem rekonstruēto ceļu parauglaukumiem

Pētījuma rezultāti uzrādīja tendenci, ka Jelgavas rekonstruēto ceļu veģētācija vairāk saistīta ar mitruma mīlošiem augiem (Pīrsona korelācijas koeficients ar Ellenberga mitrumu bija -0,461) (4. attēls). Papildus var minēt sugas – *Alnus glutinosa*, *Angelica sylvestris*, *Carex nigra*, *Juncus sp.*, *Filipendula ulmaria*.

#### Invazīvo un potenciāli invazīvo sugu sastopamība

Kopumā 2022. gadā uzskaitīta viena invazīvā suga (MK noteikumi Nr. 559) *Heracleum sosnowsky* un trīs potenciāli invazīvās sugas (Evarts-Bunders, Evarte-Bundere 2020) – *Lupinus polyphyllus*, *Solidago canadensis* un *Solidago gigantea* (1.pielikums). Visbiežāk sastopamas bija potenciāli invazīvās sugas *Lupinus polyphyllus* un *Solidago canadensis*. Abas sugas konstatētas visās trijās apsekotajās teritorijās, savukārt *Solidago gigantea* atrasta tikai vienā parauglaukumā uz Ēdenes karjera ceļa Jelgavas teritorijā, bet *Heracleum sosnowsky* konstatēta divos parauglaukumos Cēsu teritorijā. Vislielākais skaits uz viena apsekotā jaunizbūvētā ceļa bija trīs invazīvās/potenciāli invazīvās sugas (3.5.attēls).

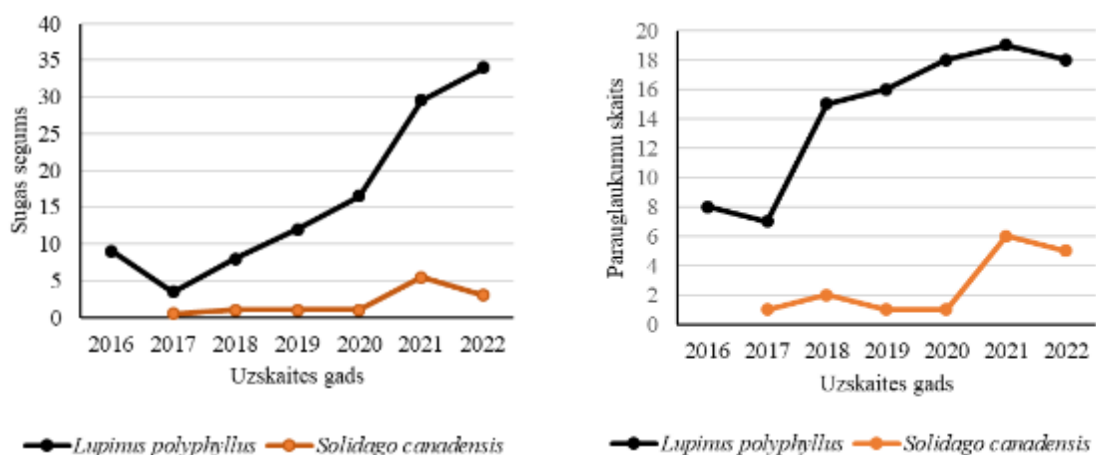


### 3.5. attēls. Invazīvo un potenciāli invazīvo sugu sastopamība uz apsekotajiem rekonstruētajiem ceļiem

Uz apsekotajām dabiskajām brauktuvēm konstatēta tikai viena invazīvā suga – *Solidago canadensis* - vienā parauglaukumā Jelgavas teritorijā. Pētījums rāda, ka uz jaunizbūvētajiem ceļiem visās apsekotajās teritorijās ir sastopamas vismaz divas invazīvās un/vai potenciāli invazīvās sugas.

#### Zalves ilglaicīgā monitoringa rezultāti

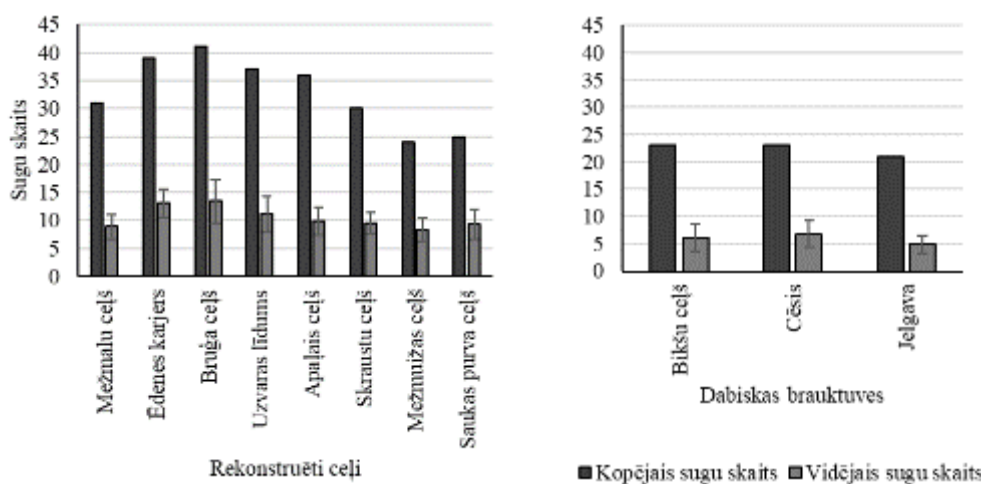
2022. gadā uz apsekotajiem četriem jaunizbūvētajiem ceļiem Zalvē, kur veikts monitoringa kopš 2016. gada, konstatētas abas jau iepriekš identificētās potenciāli invazīvās sugas - *Lupinus polyphyllus* un *Solidago canadensis*. 2022. gadā augu suga *Solidago canadensis* atrasta trijos objektos (Apaļais ceļš, Saukas purva ceļš un Bruģa ceļš), savukārt augu suga *Lupinus polyphyllus* - vienā objektā (Bruģa ceļš). Salīdzinot iegūtos datus ar iepriekšējo gadu rezultātiem, redzams, ka sugai *Lupinus polyphyllus* ir tendence izplatīties, proti, novērojama sugas projektīvā seguma palielināšanās. Sugas *Solidago canadensis* nav konstatēta atkārtoti tikai vienā parauglaukumā, salīdzinājumā ar 2021. gadu (3.6. attēls).



### 3.6. attēls. Invazīvo un potenciāli invazīvo sugu sastopamība un sugu segums uz apsekotajiem jaunizbūvētajiem ceļiem Zalves teritorijā

## Ārstniecisko augu izplatība

Šogad monitoringa ietvaros papildus izvērtēts, kuras no augu sugām potenciāli izmantojamas kā ārstniecības augi. Apsekojuma rezultāti rāda, ka 20 % no visām uzskaitītajām augu sugām piemīt dažādas ārstnieciskas īpašības (Rubine un Eniņa 2020). Tautas medicīnā potenciāli izmantojamu sugu skaits bija būtiski lielāks uz jaunizbūvētajiem ceļiem, salīdzinot ar dabiskajām brauktuvēm ( $p < 0.01$ , GLM analīze) (3.7.attēls). Tas visticamāk skaidrojams ar vispārēju lielāku sugu daudzveidību vairāk ietekmētās teritorijās.



**3.7. attēls. Ārstniecisko augu sugu skaits apsekotajos objektos**

### Secinājumi

1. Gar rekonstruētiem ceļiem veidojas gan sugu skaits, gan sugu sastāva ziņā atšķirīgas augu sabiedrības salīdzinājumā ar ceļa posmiem, kas mazāk pakļauti saimnieciskai darbībai. Būtiski lielāks sugu skaits atrodams uz jaunizbūvētajiem vai pārbūvētajiem ceļiem. Uz rekonstruētajiem ceļiem vairāk sastopamas slāpekli mīlošas sugas, kā arī sugas ar zemāku kontinentalitātes rādītāju.
2. Sugu daudzveidība uz jaunizbūvētajiem un pārbūvētajiem ceļiem var būtiski atšķirties starp dažādām teritorijām, ko visticamāk ietekmē tādu vides apstākļu komplekss kā mitrums, gaisma, augsnes reakcija. Turpmāk svarīgi raksturot katra konkrētā izpētes objekta īpašības, proti, augsnes sastāvu, blakus esošās saimnieciskās darbības intensitāti, kā arī apkārt esošo biotopu īpašības, kas ļaus precīzāk raksturot sugu sastāva īpatnības.
3. Ilglaicīgā monitoringa rezultāti Zalves izpētes teritorijā liecina, ka potenciāli invazīvās sugas *Lupinus polyphyllus* segums turpina pieaugt.
4. Rekonstruētie ceļi darbojas kā lineāri koridori, kas veicina invazīvo un potenciāli invazīvo sugu izplatību un būtiski palielina sugu skaitu apsaimniekotā meža ainavā. Jaunu ceļu izbūve mežos var veicināt ekosistēmu “slikto” pakalpojumus. Tajā pašā laikā liela daļa no sugām, kas sastopamas uz jaunizbūvētajiem un pārbūvētajiem ceļiem, var tikt izmantotas kā ārstniecības augi, kas savukārt veicina nekoksnes ekosistēmu pakalpojumu pienesumu apsaimniekotā meža ainavā.

### Literatūra

1. Āboliņa, A., Piterāns, A., Bambe, B. 2015. Latvijas ķērpji un sūnas. Taksonu saraksts. DU AA "Saule", Salaspils: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", 213. lpp.



2. Avon C., Dumas Y., Bergès L. 2013. Management practices increase the impact of roads on plant communities in forests. *Biological Conservation*, 159: 24-31 pp.
3. Braun-Blanquet J. 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Wien, New York, Springer Verlag, 865 S.
4. Christen D.C., Matlack G. R. 2009. The habitat and conduit functions of roads in the spread of three invasive plant species. *Biological Invasions*, 11: 453-465.
5. Chytrý, M., Jarošík, V., Pyšek, P., Hájek, O., Knollová, I., Tichý, L., Danihelka, J. 2008. Separating habitat invasibility by alien plants from the actual level of invasion. *Ecology* 89: 1541–1553.
6. Deljouei A., Sadeghi S.M.M., Abdi E., Bernhardt-Römermann M., Pascoe E.L., Marcantonio M. 2018. The impact of road disturbance on vegetation and soil properties in a beech stand, Hyrcanian forest. *European Journal of Forest Research*, 137: 759-770.
7. Ellenberg, H., Ruprecht, D., Volkmar, W., Willy, W., Dirk, P. 1992. *Zeigerwerte von*
8. Evarts-Bunders P., Evarte-Bundere. 2020. Development and approbation of methodology for monitoring invasive plant species: the Case of Latvia. *Thaiszia Journal of Botany* 30 (1): 059-079.
9. Gavrilova, G., Šules, V. 1999. *Latvijas vaskulāro augu flora. Taksonu saraksts*. Latvijas
10. Pastur G.M., Perera A., Peterson U., Iverson L.R. 2018. Ecosystem services from forest landscapes: an overview. *Ecosystem services from forest landscape*, 4-13, <https://www.researchgate.net/deref/%23>
11. PC-ORD. MjM Software Design, Gleneden Beach, OR. 162 pp.
12. Peck J. E. 2010. *Multivariate Analysis for Community Ecologists: Step-by-Step using*
13. *Pflanzen in Mitteleuropa*. *Scripta Geobotanica* 18, 258 S.
14. Priede A. 2009. *Invazīvie neofīti Latvijas florā: izplatība un dinamika*. Promocijas darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 127 lpp.
15. Rubine H., Eņiņa V. 2020. *Ārstniecības augi*. Rīga, Apgāds Zvaigzne ABC, 343 lpp
16. Zielińska K. 2007. The influence of roads on the species diversity of forest vascular flora in Central Poland. *Biodiversity: Research and Conservation*, 5-8: 74-80

### **3.2. Nozīmīgo meža biotopu attīstības un sugu izplatības scenāriji atkarībā no īstenotās mežsaimnieciskās darbības**

Saskaņā ar pētījuma etapa plānu veikta vēsturisko mērījumu datu melnalkšņu staignāju biotopos (3.8. attēls) apkopošana un matemātiska analīze. Sākotnēji bija plānots vērtēt 11 objektu datus no vienas inventarizācijas, tomēr analīzē ietverti 10 objektu dati no divām inventarizācijām, kopumā nodrošinot lielāku izmantoto datu masīvu.

Rezultāti apkopoti manuskriptā žurnālam *Diversity*: Donis et al. “Biotic responses to management in black alder woodland key habitats”.



**3.8. attēls. Pētījuma objektu izvietojums**

### Secinājumi

1. Pētījuma objektos konstatēts ievērojams skaits indikatoraugu: 11 sūnas, 7 vaskulārie augi, 7 ķērpji, 7 gliemji un 15 sēnes. Sugu skaits bija nozīmīgi atšķirīgs starp parauglaukumiem un uzmērīšanas reizēm, taču netika konstatētas būtiskas atšķirības skaitā vai tā izmaiņu tendencēs audzēs, kurām blakus pirms 6 gadiem veikta saimnieciskā darbība (potenciāli ietekmētajās) un tādās, kur šādas darbības blakus nebija (kontroles).
2. Atmirušās koksnes apjoms un sadalījums potenciāli ietekmēto un kontroles audžu grupā sākotnējā inventarizācijā bija līdzīgs (vidēji  $42 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) un neatšķīrās arī atkārtotajā inventarizācijā.
3. Iegūtie rezultāti liecina par augstu melnalkšņu staignāju noturību pret saimniecisko darbību blakus audzēs, tātad iespējām meža masīvā sekmīgi kombinēt bioloģiskās daudzveidības aizsardzības un bioekonomikas intereses.
4. Nākamajos etapos plānota un lietderīga atkārtota inventarizācija, raksturojot iespējamo ilgtermiņa ietekmi un paplašinot izpratni par iespējām saglabāt staignāju biotopus kā atsevišķas audzes meža masīvā, uzturot bioloģisko daudzveidību.

Iepriekšējā gadā iegūtie ekoloģisko koku atkārtotu pārmērījumu rezultāti (20 audzes, pirmais apsekojums 2014. gadā) apkopoti publikācijā žurnālam *Forests*: Gerra-Inohosa et al. "The importance of retention trees in epiphytic species conservation – dynamics over seven years long period". Šajos pašos objektos veiktā mikrodzīvotņu novērtējuma rezultāti tiks apkopoti atsevišķā publikācijā, kuras sagatavošana paredzēta nākamajā pētījuma etapā.

#### *3.2.1. Malas efekta ietekmes uz melnalkšņu staignāju biotopiem dinamikas novērtējums*

##### 3.2.1.1. Objekti un metodika

Malas efekta laika ietekmes uz zemsedzes veģetāciju novērtēšanai pētījuma etapā ierīkoti parauglaukumi sešās AS "Latvijas valsts meži" apsaimniekošanā esošās Eiropas nozīmes biotopa "Staignāju meži" mežaudzēs kūdreņos, kurās dominējošā suga ir melnalksnis. Audžu vecums ir 97–113 gadi. No visām blakus audzēm, kuru nogabaliem ir tieša robeža ar biotopa audzi, izvēlēta viena blakus audze, kuras ietekme analizēta. Kopumā blakus audzes iedalītas trīs grupās atkarībā no tā, cik ilgs laiks pagājis kopš tajās veiktās vienlaidu atjaunošanas cirtes: pirms 8 – 18 gadiem;

pirms 29 – 48 gadiem; pirms  $\geq 49$  gadiem (3.5. tabula). Blakus audzēs ir divi meža tipi – damaksnis un platlapju kūdrenis.

Veģetācijas parametru raksturošanai katrā audzē ierīkotas 1-2 transektes (3.9. un 3.10. attēls), kuru sākuma punkts pozicionēts pie biotopa audzes malas, kura robežojas ar konkrēto blakus audzes malu, un beigu punkts pozicionēts virzienā uz biotopa nogabala centrālo daļu, ņemot vērā šādu principus:

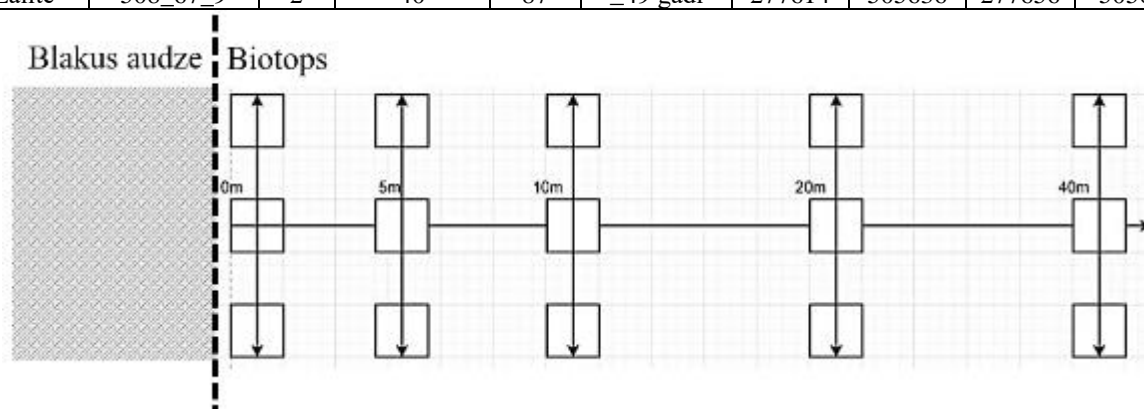
- 1) ierīkotās transektes garums nepārsniedz blakus audzes un pētāmā biotopa robežjošās malas garumu;
- 2) transektes garums līdz blakus audzei, kuras ietekme tiek vērtēta, nepārsniedz attālumu līdz sānu malām ar citām audzēm, kuras robežojas ar biotopu;
- 3) attālums starp divām transektēm nav mazāks kā vienas transektes platums.

Uz transektes dažādos intervālos (0m; 5m; 10m; 20m; 40m; 60m (ja iespējams)) izvietoti 1 x 1m lieli kvadrātveida parauglaukumi. Parauglaukumi izkārtoti uz katra attāluma intervāla robežas – viens centrā uz transektes līnijas, un pa vienam katrā sānu virzienā, izlaižot vienu metru no centrālā parauglaukuma malas. Kopā veģetācija raksturota 135 parauglaukumos, kas izvietoti uz deviņām transektēm.

3.5. tabula

### Pētīto mežaudžu uzskaitījums un ievietoto transekšu sākuma un beigu koordinātas

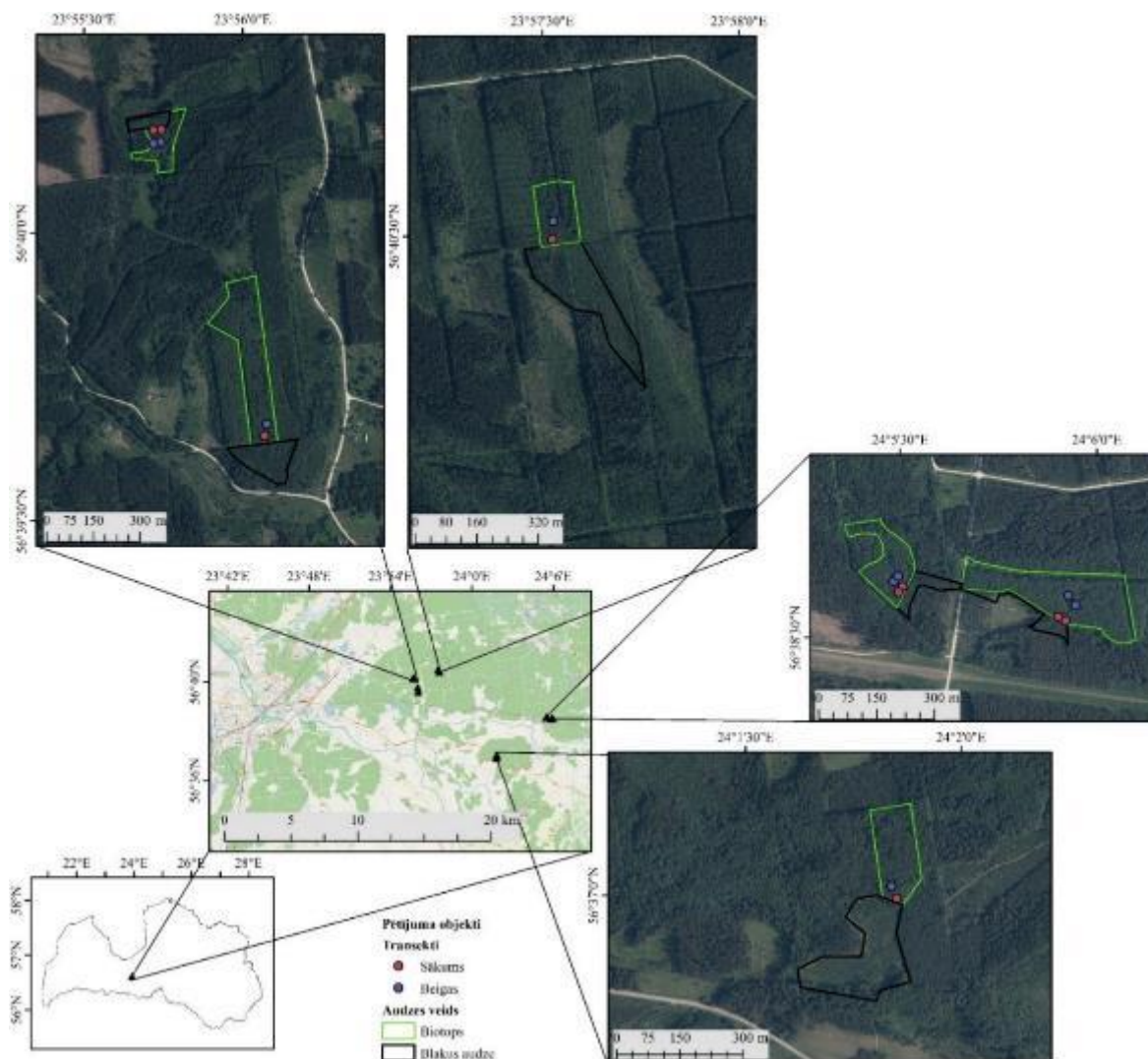
Vieta	Nogabala ID (Kods)	PL Nr.	Transektes garums	Vec.	Ietekme	Koordinātas (LKS)			
						Transektes sākums		Transektes beigas	
Zālite	610_187_18	1	40	88	8-18 gadi	274710	501893	274738	501880
Garozā	610_135_15	1	40	103	8-18 gadi	279632	495986	279670	495993
Garozā	610_108_11	1	40	87	29-48 gadi	280642	495668	280602	495654
Garozā	610_108_11	2	40	87	29-48 gadi	280636	495645	280592	495645
Garozā	610_112_16	1	40	92	29-48 gadi	281203	497473	281250	497476
Zālite	508_67_26	1	40	92	$\geq 49$ gadi	277532	506048	277578	506066
Zālite	508_67_26	2	60	92	$\geq 49$ gadi	277542	506029	277597	506055
Zālite	508_67_9	1	40	87	$\geq 49$ gadi	277590	505643	277643	505623
Zālite	508_67_9	2	40	87	$\geq 49$ gadi	277614	505636	277656	505635



3.9. attēls. Zemesdzes veģetācijas uzskaites parauglaukumu izvietojums uz transektes

Veģetācijas raksturošanai izdalīti trīs stāvi – koku un krūmu, lakstaugu, sūnu un ķērpju stāvs. Koku un krūmu stāvā iekļauti tie koki, kuru caurmērs  $\leq 6$  cm un augstums  $\leq 2$  m, kā arī gadījumos,

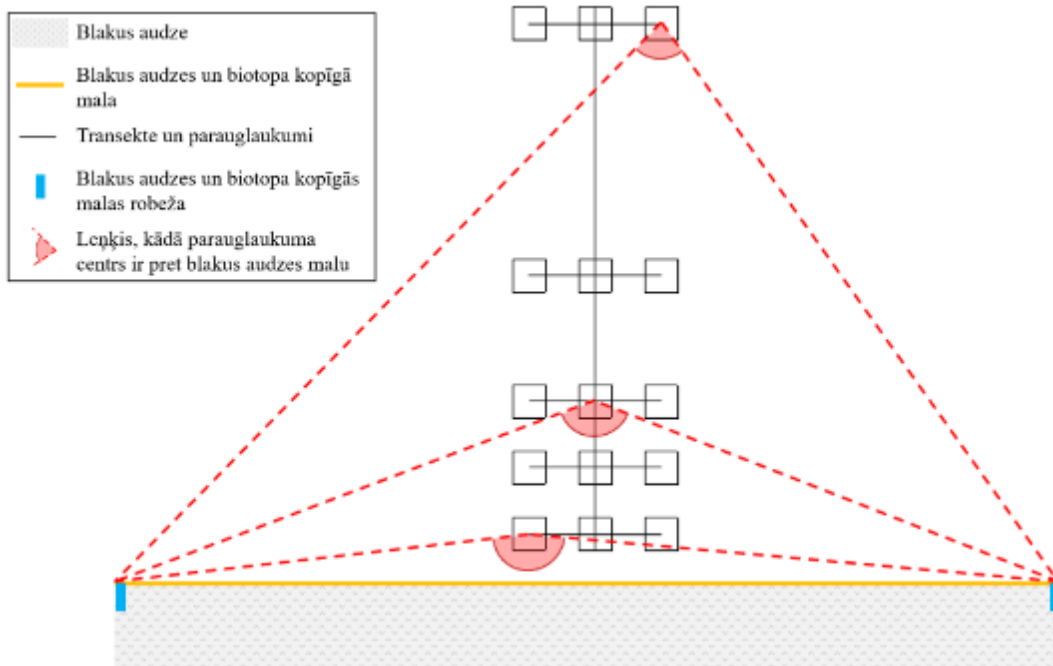
kad koka augstums  $\geq 2\text{m}$ , taču caurmērs saglabājas  $\leq 6\text{cm}$ . Katrā parauglaukumā noteikts sugu sastāvs un to procentuālais segums. Tāpat fiksēts nobiru, atsegtas augsnes, kritalu un koku sakņu kaklu aizņemtais procentuālais segums parauglaukumā, kas kopā ar sūnu un ķērpju stāvu veido 100% segumu.



**3.10. attēls. Pētījuma objekti un tajos izvietotās transektes**

Veģetācijas sugu daudzveidības raksturošanai parauglaukumos programmā *R studio* (R Core Team, 2021) aprēķināts katra parauglaukuma Šenona–Vīnera (*ShannonWiener*) daudzveidības indekss.

Lai uzskatāmāk raksturotu blakus audzes ietekmi uz izmaiņām melnalkšņu staigāņu biotopa veģetācijā, programmā *QGIS*, izmantojot gps datus, aprēķināts leņķis, kādā pret konkrētās blakus audzes robežas malu atrodas parauglaukuma centrs (3.11. attēls).



**3.11. attēls. Leņķa, kādā pret blakus audzi atrodas biotopā ierīkoto parauglaukumu centri, noteikšanas shēma**

Lai noskaidrotu, kuri no blakus audzi raksturojošiem faktoriem statistiski būtiski ietekmē veģetācijas daudzveidību biotopā atkarībā no attāluma no blakus audzes malas, izmantota multivariatīvo dispersiju analīze (*Multivariate variation analysis (MANOVA)*). Sugu daudzveidība raksturota, apvienojot sugu skaitu un Šenona–Vīnera daudzveidības indeksu.

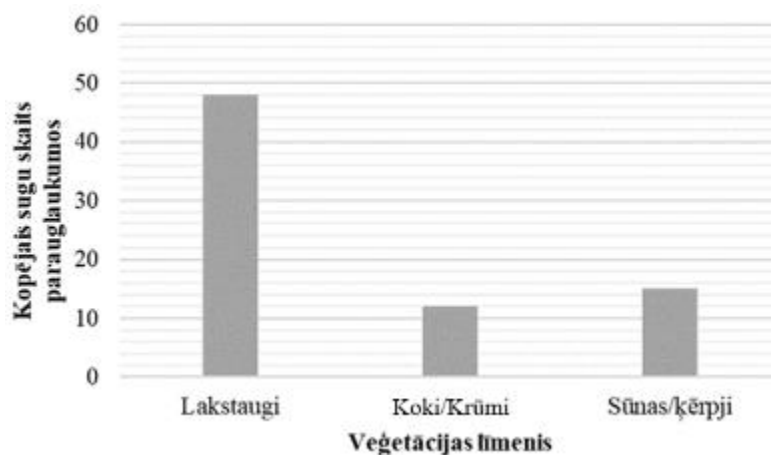
Veģetācijas gradientu novērtēšanai melnalkšņu kūdreņu mežos, izmantojot programatūru PC-ORD 7.07, veikta detrendētā sugu daudzveidības korespondentanalīze (*DCA*). Galvenajā matricā apkopoti veģetācijas sugu procentuālā seguma dati, bet sekundārajā matricā – biotopu un blakus audzi raksturojošie faktori (biotopa audzes vecums; blakus audzes meža tips; laika periods kopš pēdējām mežsaimnieciskajām darbībām blakus audzē, kurš atkarībā no perioda ilguma iedalīts klasēs; parauglaukuma attālums no blakus audzes malas; leņķis, kādā parauglaukums atrodas pret blakus audzes malu). *DCA* analīzē samazināta reto sugu ietekme, kā arī samērots X un Y ass mērogs.

### 3.2.1.2. Rezultāti

Melnalkšņu kūdreņu biotopos kopumā konstatētas 75 dažādas veģetācijas sugas, no kurām 48 bija lakstaugu sugas, 12 koku un krūmu, bet 15 sūnu sugas (3.12. attēls; 3.6. tabula). Vidējais procentuālais segums parauglaukumā lakstaugu stāvā bija 69%, koku un krūmu stāvā – 12%, sūnu un ķērpju stāvā – 20%. Vidējais sugu skaits parauglaukumā lakstaugu stāvā bija 6.7, koku un krūmu stāvā – 1.1, sūnu un ķērpju stāvā – 1.3.

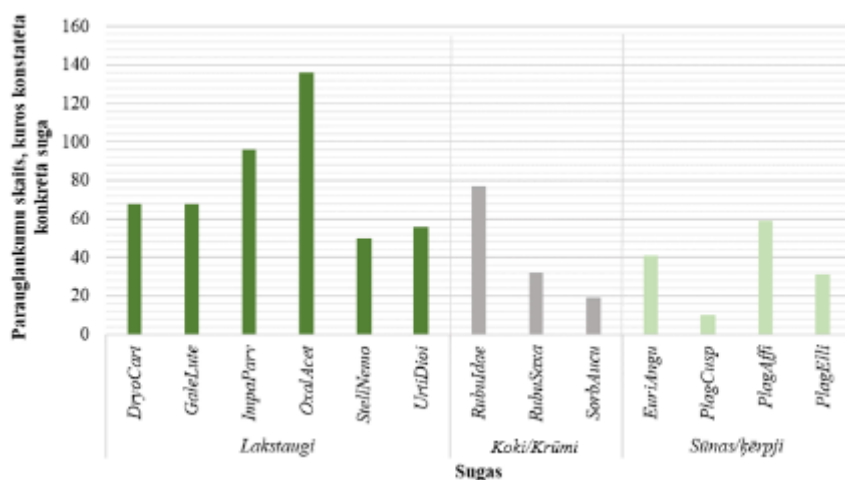
## Konstatēto zemsedzes veģētācijas sugu saraksts

Lakstaugu stāvs		Krūmu stāvs		Sūnu/kērpju stāvs		
Nr.p.k. Akronīms	Latīniskais nosaukums	Nr.p.k. Akronīms	Latīniskais nosaukums	Nr.p.k. Akronīms	Latīniskais nosaukums	
1	AegoPoda	Aegopodium	podagraria	1	CaliCusp	Calliergonella cuspidata
2	AnemNemo	Anemone	nemorosa	2	CirrPili	Cirriphyllum piliferum
3	AngeSylv	Angelica	sylvestris	3	DicrPoly	Dicranum polysetum
4	AthyFili	Athyrium	filix-femina	4	EuriAngu	Eurinchium angustirete
5	CareDigi	Carex	digitata	5	HyloSple	Hylocomium splendens
6	CareRemo	Carex	remota	6	PlagAffi	Plagiochila asplenioides
7	CareSpp.	Carex	spp.	7	PlagAspl	Plagiomnium affine
8	ChryAlte	Chrysosplenium	alternifolium	8	PlagCusp	Plagiomnium cuspidatum
9	CircAlpi	Circaea	alpina	9	PlagElli	Plagiomnium ellipticum
10	CirsOlar	Cirsium	oleraceum	10	PlagUndu	Plagiomnium undulatum
11	CrepPalu	Crepis	paludosa	11	PleuSchr	Pleurozium schreberi
12	DescCaes	Deschampsia	caespitosa	12	RhodRose	Rhodobrium roseum
13	DryoCart	Dryopteris	carthusiana	13	RhytSqua	Rhytidiadelphus squarrosus
14	EpipHell	Epipactis	helleborine	14	RhytTriq	Rhytidiadelphus triquetrus
15	EquiPrat	Equisetum	pratense	15	ThuiTama	Thuidium tamariscinum
16	EquiSylv	Equisetum	sylvaticum			
17	EupaCann	Eupatorium	cannabinum			
18	FiliUlma	Filipendula	ulmaria			
19	FragVesc	Fragaria	vesca			
20	GaleLute	Galeobdolon	luteum			
21	GaleSpp.	Galeopsis	sp			
22	GaliPalu	Galium	palustre			
23	GeraRobe	Geranium	robertianum			
24	GeumRiva	Geum	rivale			
25	GymnDryo	Gymnocarpium	dryopteris			
26	ImpaParv	Impatiens	parviflora			
27	IrisPseu	Iris	pseudacorus			
28	LuzuPilo	Luzula	pilosa			
29	LycuEur	Lycopus	europaeus			
30	LysiThyr	Lysimachia	thyriflora			
31	LysiVulg	Lysimachia	vulgaris			
32	MaiaBifo	Maianthemum	bifolium			
33	MiliEffu	Milium	effusum			
34	MoehTrin	Moehringia	trinervia			
35	MyceMura	Mycelis	muralis			
36	OxalAcet	Oxalis	acetosella			
37	PariQuad	Paris	quadrifolia			
38	PolyOdor	Polygonatum	odoratum			
39	RanuCasu	Ranunculus	cassubicus			
40	RanuRepe	Ranunculus	repens			
41	ScutGale	Scutellaria	galericulata			
42	SolaDulc	Solanum	dulcamara			
43	SoliVirg	Solidago	virgaurea			
44	StellNemo	Stellaria	nomorum			
45	TrieEuro	Trientalis	europaea			
46	UrtiDioi	Urtica	dioica			
47	VaccMyrt	Vaccinium	myrtillus			
48	ViolSpp	Viola	Spp.			



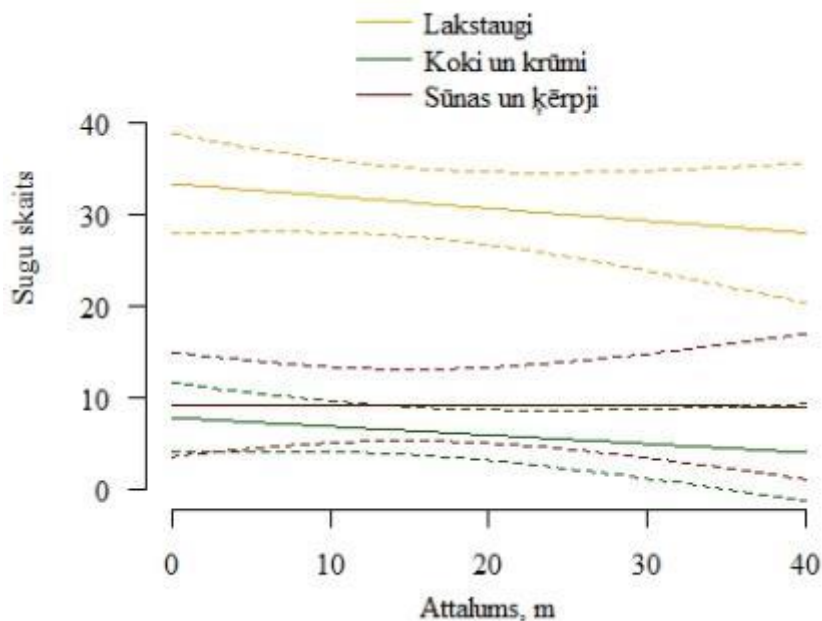
3.12. attēls. Konstatētais sugu skaits katrā izdalītajā veģetācijas stāvā

Biotopā visbiežāk sastopamās lakstaugu stāva sugas bija meža zaķskābene *Oxalis acetosella*, sīkziedu sprigane *Impatiens parviflora*, dzeloņainā ozolpaparde *Dryopteris carthusiana*, dzeltenā zeltņātrīte *Galeobdolon luteum*, lielā nātre *Urtica dioica* un birtztales virza *Stellaria nemorum* (3.13. attēls). Koku un krūmu stāvā visbiežāk bija sastopamas meža avene *Rubus idaeus*, klinšu kaulene *Rubus saxatilis* un parastais pīlādzis *Sorbus aucuparia*. Sūnu un ķērpju stāvā visbiežāk konstatētas sausienes skrajlape *Plagiomnium affine*, platlapu knābīte *Eurinchium angustirete*, dumbra skrajlape *Plagiomnium ellipticum* un smailā skrajlape *Plagiomnium cuspidatum*.



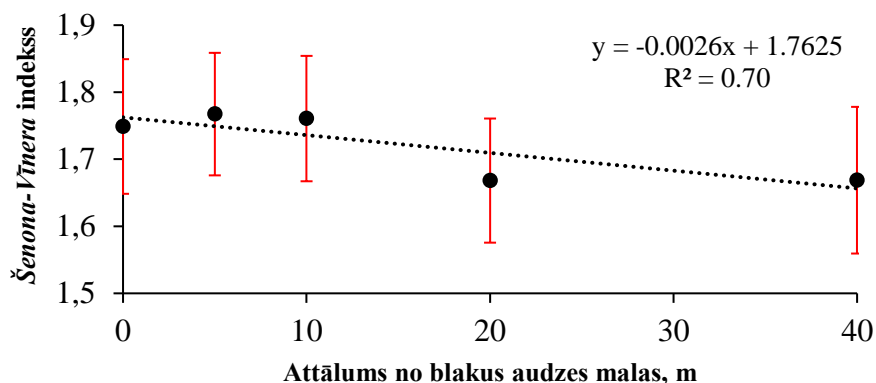
3.13. attēls. Visbiežāk parauglaukumos konstatētās sugas katrā veģetācijas stāvā

Visvairāk dažādu veģetācijas sugu konstatēts parauglaukumos, kuri atrodas pie biotopa un blakus audzes robežas jeb attālumā 0m (54 dažādas sugas), bet vismazākais skaits sugu – 40, fiksēts parauglaukumos, kas atrodas 20m attālumā no blakus audzes malas. Aplūkojot kopējo konstatēto sugu skaitu pa veģetācijas līmeņiem konkrētajos attālumos no blakus audzes malas, novērojams, ka vislielākā lakstaugu sugu dažādība sastopama 10m attālumā no blakus audzes malas. Koku un krūmu stāvā lielākais sugu skaits sastopams pie biotopa un blakus audzes robežas (0m), tāpat arī sūnu un ķērpju stāvā. Lakstaugu un koku un krūmu stāvos novērojama sugu skaita samazināšanās, pieaugot attālumam no blakus audzes malas (3.14. attēls). Sūnu un ķērpju sugu skaitam nav novērojama izteikta mainība atkarībā no attāluma no blakus audzes malas.



**3.14. attēls. Biotopā uzskaitīto lakstaugu sugu skaita summa parauglaukumos pa izdalītajiem stāviem, atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai**

Sugu daudzveidību raksturojošā Šenona-Vīnera indeksa vērtības parauglaukumos variē no 2.33 līdz 0.74. Daudzveidības indeksa vērtības parauglaukumos pakāpeniski samazinās, palielinoties attālumam no blakus audzes malas, kādā parauglaukumi izvietoti (3.15. attēls).



Izkliedes rādītājs: 95% ticamības intervāls;  $R^2$  – determinācijas koeficients.

**3.15. attēls. Vidējās Šenona-Vīnera indeksa vērtības parauglaukumos atkarībā no attāluma no blakus audzes malas**

Laika periodam kopš blakus audzē pēdējo reizi veiktās mežsaimnieciskās darbības nav būtiskas vai nozīmīgas ietekmes uz veģetācijas sugu skaitu. Lielākais vidējais sugu skaits parauglaukumā sastopams tajās melnalkšņu kūdreņu audzēs, kuru blakus audzēs mežsaimnieciskās darbības veiktas vissenāk (3.7. tabula). Faktoram (laikam kopš vienlaidu atjaunošanas cirtes blakus audzē) nebija būtiskas vai nozīmīgas ietekmes arī uz vidējo Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību. Augstākās šī indeksa vērtības bija parauglaukumiem melnalkšņu kūdreņos, kuriem ir vidēji veca blakus audzes mala.



**Sugu skaits parauglaukumos un Šenona-Vīnera un Simsona daudzveidības indeksu vērtības atkarībā no laika intervāla, kopš blakus audzē veikta vienlaidu atjaunošanas cirte**

Blakus audzes mala	Laika intervāls (gadi)	Pauglaukumu skaits	Sugu skaits			Šenona-Vīnera indekss	
			min	max	vid	Vid vērtības	± Ticamības intervāls
jauna	8 - 18	30	5	20	9.4	1.587	0.119
vidēji veca	29 - 48	45	5	13	8.1	1.788	0.062
veca	≥ 49	60	4	17	10	1.742	0.057

Lai gan sugu daudzveidības indekss, kā arī sugu skaits mainās atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai, multivariatīvajā dispersijas analizē noskaidrots, ka izmaiņas sugu skaitā un daudzveidībā atkarībā no attāluma no blakus audzes malas nav statistiski būtiskas ( $p > 0.05$ ;  $p = 0.12$ ) (3.8. tabula.). Savukārt blakus audzes malas vecums statistiski būtiski ietekmē veģetācijas daudzveidību melnalkšņu kūdreņu biotopā ( $p < 0.05$ ;  $p = 0.028$ ).

**Kovariatīvās multivariatīvās dispersijas (MANOVA) analīzes tabula sugu skaita un Šenona-Vīnera indeksa vērtību atkarībai no mežaudzes mainīgajiem. Treknrakstā izcēlās vērtības norāda uz mainīgo parametru statistiski būtisku ietekmi.**

	Df	Pillai	approx F	num Df	den Df	Pr(>F)
Blakus_audzis_ietekme_kl	1	0.05658	3.689	2	123	<b>0.0278157</b> *
Attalums	1	0.03401	2.165	2	123	0.1190594
Biotopa_audzis_vecums	1	0.1813	13.619	2	123	<b>4.54E-06</b> ***
Blakus_audzis_tips	1	0.56752	80.703	2	123	<b>&lt; 2.2e-16</b> ***
Lenkis	1	0.12575	8.846	2	123	<b>0.0002574</b> ***
Kods	5	0.42792	6.751	10	248	<b>2.74E-09</b> ***
Residuals	124					

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Rezultātu tabulā izmantotais apzīmējums	Atšifrējums
<i>Blakus_audzis_ietekme_kl</i>	Izdalītie laika periodi (pirms 8 – 18 gadiem; 29 – 48 gadiem; ≥ 49 gadiem), kopš blakus audzē notikusi saimnieciskā darbība
<i>Attalums</i>	Attālums līdz blakus audzes malai
<i>Biotopa_audzis_vecums</i>	Biotopa audzes vecums
<i>Blakus_audzis_tips</i>	Pētāmās blakus audzes meža tips
<i>Lenkis</i>	leņķis, kādā pret konkrētās blakus audzes robežas malu atrodas parauglaukuma centrs
<i>Kods</i>	Objektos ierīkotajām transektēm piešķirtais kods

Arī citu aplūkoto audzes parametru – biotopa audzes vecuma un blakus audzes meža tipa - ietekme uz veģetācijas sugu daudzveidību parauglaukumos ir statistiski būtiska ( $p < 0.05$ ), tajā skaitā arī objekta ietekme, kas nozīmē, ka pastāv kādi lokālie faktori, kuri ir saistīti ar sugu

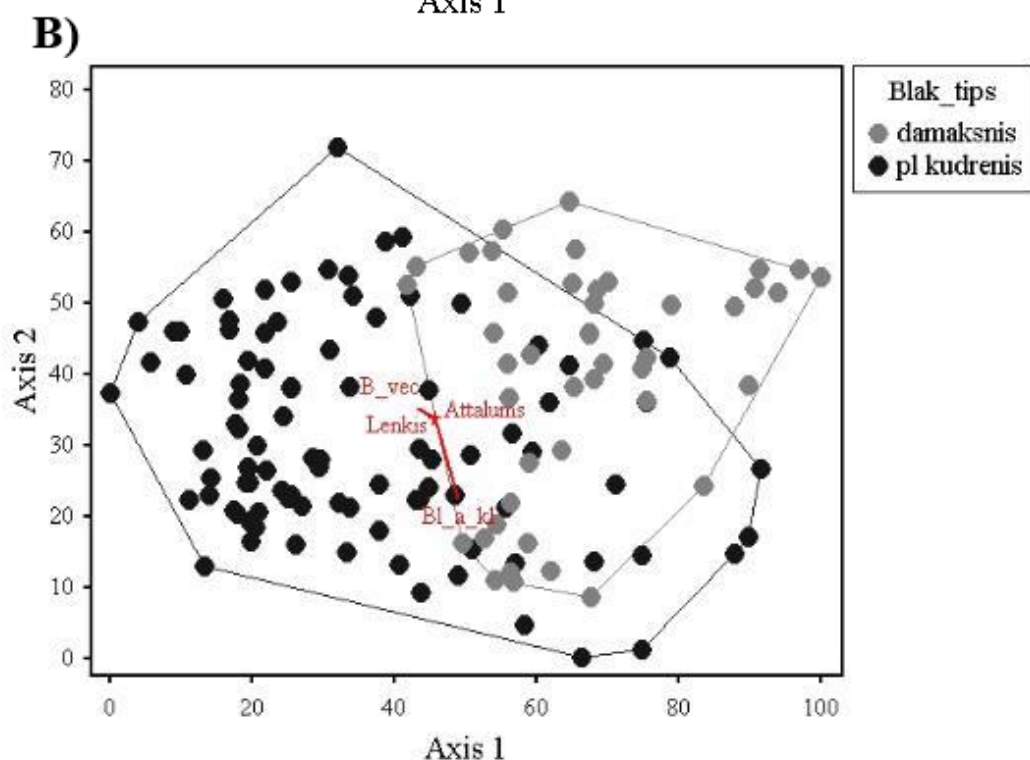
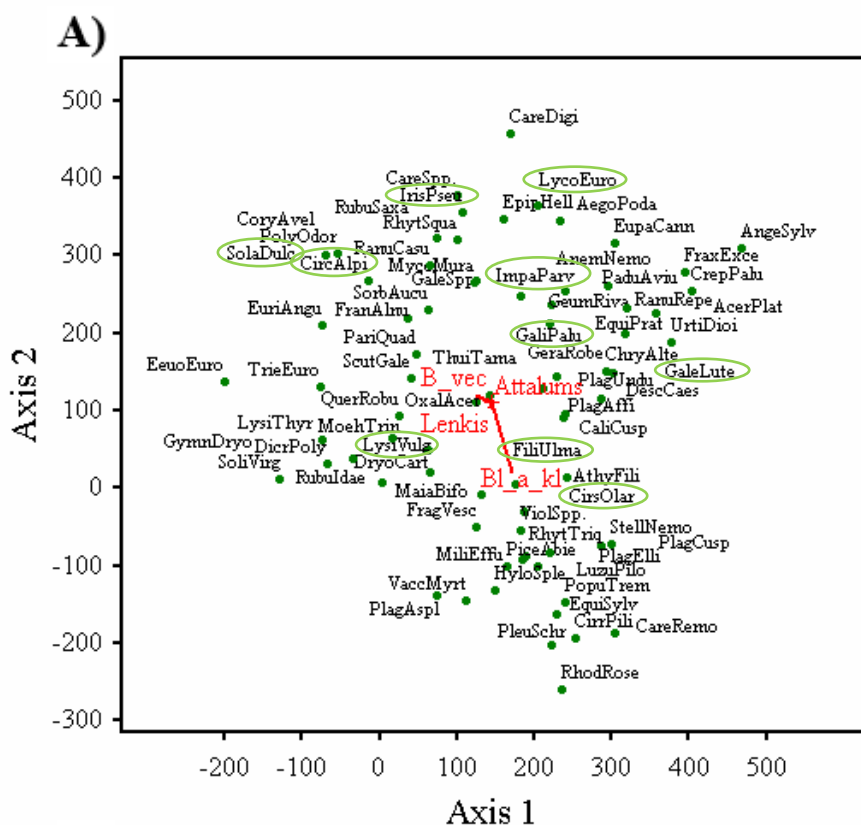
daudzveidību biotopos. Biotopa audzes vecuma atšķirību intervāls ir neliels (97 – 113 gadi), un iespējams, ka šis faktors ir saistīts (korelē) ar kādu citu, neuzmērītu faktoru (piemēram, augsnes mitrumu, vai vainagu slēgumu), jo saistība ar uzņēmētajiem faktoriem nav konstatēta.

Attālumam no blakus audzes malas nav būtiskas ietekmes uz sugu daudzveidību biotopā, taču otram parauglaukumu pozīciju raksturojošā parametra – leņķa, kādā pret konkrētās blakus audzes robežas malu atrodas parauglaukuma centrs – lielumam ir statistiski būtiska ietekme uz sugu daudzveidību parauglaukumos ( $p \approx 0.0003$ ). Starp šiem abiem parametriem ir cieša negatīva korelācija ( $r = -0.82$ ): palielinoties attālumam no audzes malas, samazinās leņķis, kādā pret audzes malu atrodas parauglaukuma centrs. Tā kā abi šie parametri ir korelējoši, lai raksturotu ar attālumu saistīto ietekmi, multivariatīvajā dispersijas analīzē saglabāts tikai leņķis, kuram iepriekš novērota statistiski būtiska ietekme uz veģētāciju. Izslēdzot attālumu no analīzes, visiem pārējiem parametriem tāpat konstatēta statistiski būtiska ietekme ( $p < 0.05$ ) uz veģētāciju biotopā.

Mainīgo audzes parametru (biotopa audzes vecuma, leņķa, kādā pret konkrētās blakus audzes robežas malu atrodas parauglaukuma centrs, attāluma no blakus audzes malas, blakus audzes ietekmes klases un blakus audzes meža tipa) izkliede DCA ordinācijas 2D attēlā analizēta gan veģētācijas sugu, gan parauglaukumu gradientam (3.16. attēls). Pirmās un otrās ass eigenvērtības ir 0.423 un 0.224, taču statistiski būtiska ir vienīgi pirmās ass vērtība ( $p$  vērtība pirmajai asij = 0.001;  $p$  vērtība otrajai asij = 0.140).

Veģētācijas sugu izkliede DCA analīzes grafikā liecina, ka blakus audzes malas vecums ir saistīts ar konkrētu sugu sastopamību biotopā. Veģētācijas sugām ir novērojams gradients saistībā ar laika periodu, kopš blakus audzē veikta vienlaidu atjaunošanas cirte. Tādas lakstaugu sugas kā mūra mežsalāts *Mycelis muralis*, sīkziedu sprigane, aklis *Galeopsis sp.*, purva skalbe *Iris pseudacorus*, bebrukārklis *Solanum dulcamara* un Kasūbijas gundega *Ranunculus cassubicus* saistītas ar parauglaukumiem, kuru blakus audzēs mežsaimnieciskā darbība pēdējo reizi veikta pirms 8 – 18 gadiem. Ar šiem parauglaukumiem saistītas arī tādās krūmu sugas kā klinšu kaulene, parastais pīlādzis, parastais krūklis *Frangula alnus*, un sūnu sugas – dižā ežlape *Thuidium tamariscinum* un parastā spuraine *Rhytidiadelphus squarrosus*. Turpretī tādas lakstaugu sugas kā pūkainā zemzālīte *Luzula pilosa*, attālvārpu grīslis *Carex remota*, birzstalas virza *Stellaria nemorum*, vīgrieze *Filipendula ulmaria*, izplestā ēnsmilga *Milium effusum* un parastā mellene *Vaccinium myrtillus* vairāk saistītas ar parauglaukumiem, kuru blakus audzēs mežsaimnieciskā darbība pēdējo reizi veikta pirms  $\geq 49$  gadiem. Ar šiem parauglaukumiem saistītas arī tādas koku sugas kā parastā egle *Picea abies*, parastā apse *Populus tremula* un sūnu sugas spīdīgā stāvaine *Hylocomnium splendens*, Šrēbera rūšaine *Pleurozium schreberi* un lielā spuraine *Rhytidiadelphus triquetrus*.

No staignāju mežos sastopamajām lakstaugu lietussargsugām pētījuma vietā konstatēta tikai viena – purva skalbe, kura konstatēta parauglaukumos, kur biotopa audze robežojās ar blakus audzi, kurā mežsaimnieciskā darbība pēdējo reizi veikta pirms 8 – 18 gadiem, 40 metru attālumā no audzes malas.



*Lenkis* - leņķis, kādā pret konkrētās blakus audzes robežas malu atrodas parauglaukuma centrs; *Attalums* – attālums no blakus audzes malas; *Bl\_a\_kl* - blakus audzes ietekmes klase (1. klase = 8 – 18 gadi; 2. klase = 29 – 48 gadi; 3. klase =  $\geq 49$  gadi); *Blak\_tips* – blakus audzes meža tips; *B\_vec* – biotopa audzes vecums. Ar zaļo krāsu apvilktas biotopam raksturīgās sugas.

**3.16. attēls.** Detrendētās sugu daudzveidības korespondentanalīzes (DCA) ordinācijas attēls sugu procentuālajam segumam (A) vai ierīkotajiem parauglaukumiem (B) un mainīgajiem audzes parametriem

DCA veģetācijas sugu ordinācijas attēlā redzams, ka lielāks skaits staigāju mežiem raksturīgo sugu novērots parauglaukumos, kuri ierīkoti biotopos, kuriem ir jauna blakus audzes mala. Arī vidēji vecas un vecas blakus audzes malas gadījumā parauglaukumos sastopamas biotopam raksturīgās sugas, taču šiem parauglaukumiem ir lielāka saistība ar sausieņu meža tipos sastopamajām sugām – Šrēbera rūsaini, pūkaino zemzālīti, divlapu žagatiņu, meža zaķskābeni, meža kosu u.c. Parauglaukumos, kuri ierīkoti biotopos, kuriem ir veca blakus audzes mala, ir izteikta saistība ar egli. Sugu sastāva nomainīšana mežu biotopos ir lēns process, tāpēc biotopu audzēs, kuru blakus audzēs mežsaimnieciskā darbība veikta relatīvi nesen, sugu nomainīšana notikusi mazākā apmērā.

Biotopa audzes vecumam novērojams minimāls veģetācijas sugu gradients – parauglaukumi, kuri ierīkoti vecākajos no biotopiem (biotopa audzes vecums 102 – 113 gadu), saistīti ar tādām lakstaugu sugām kā bruņu ķiverene *Scutellaria galericulata*, četrlapu čūskoga *Paris quadrifolia* un meža zaķskābene. Pārējiem no aplūkotajiem mainīgajiem audzes parametriem nav grafiski novērojams veģetācijas sugu gradients.

Parauglaukumu izkliede DCA ordinācijas attēlā liecina, ka blakus audzes meža tips veido parauglaukumu gradientu, taču novērojama šo parauglaukumu klāsteru pārklāšanās. Gradients novērojams uz X ass un vistīcāmāk saistīts ar augsnes auglības gradientu, kurš samazinās, pieaugot X ass vērtībām. Damaksnim raksturīgas mezotrofas (vidēji auglīgas) smilts, mālsmilts, smilšmāla augsnes, kurām raksturīga podzolēšanās un detrita slānis nepārsniedz 5 cm. Platlapju kūdreņa meža tips veidojas pēc dumbrāja nosusināšanas, tam raksturīgas vidēji skābas, eitrofas (barības vielām bagātas) augtenes ar labi sadalījušos lapu koku un grīšļu kūdru, kam raksturīga laba sadalīšanās.

## Secinājumi

1. Blakus audzes malas vecums ietekmē veģetācijas sastāvu melnalkšņu kūdreņu biotopos. Lai gan sugu skaits un daudzveidība izteikti neatšķiras atkarībā no blakus audzes malas, pastāv sugu gradients, kurš ir saistīts ar laika periodu, kopš blakus audzē pēdējo reizi veikta mežsaimnieciskā darbība. Melnalkšņu kūdreņiem raksturīgās sugas vairāk sastopamas biotopos, kuriem ir jaunas blakus audzes malas, taču biotopos, kuriem ir veca blakus audzes mala, novērojama saistība ar eglēm un citiem mežu tipiēm raksturīgajām sugām. Ir jādomā, kā veidot atvērumus tā, lai ilgtermiņā nodrošinātu biotopiem raksturīgo veģetācijas sastāvu, un mazinātu mijiedarbību starp izcirtumu un biotopu. Tāpēc nepieciešams novērtēt, kā mainījies sugu skaits, daudzveidība un sastāvs laika gaitā, veicot salīdzinājumu ar iepriekš ievāktajiem datiem, lai noteiktu laika sliekšni un tā mainību atkarībā no malas platumā.
2. Attālums no blakus audzes malas un leņķis, kādā pret blakus audzes malu atrodas parauglaukuma centrs, ir savstarpēji saistīti faktori. Pieaugot attālumam no blakus audzes malas, samazinās sugu skaits un daudzveidība. Svarīgi novērtēt ne vien attālumu, bet arī malas ietekmi atkarībā no atvērības pret faktoru. Leņķis, kādā pret kādu no ietekmējošajiem faktoriem pozicionēts parauglaukums, ir potenciāli pielietojams parametrs, lai novērtētu, piemēram, cik garu (plašu) malu būtu ieteicams veidot (veicot vienlaidu atjaunošanas circes) blakus audzē, lai samazinātu jaunveidotā atvēruma ietekmi uz veģetāciju biotopos.
3. Biotopa vecums, blakus audzes meža tips un objekts statistiski būtiski ietekmē veģetācijas bioloģisko daudzveidību melnalkšņu kūdreņu biotopos. Tādēļ drošāk vispārīnāmu secinājumu izdarīšanai lietderīga un plānota papildu parauglaukumu ierīkošana nākamajā pētījuma etapā, kā arī kompleksa datu analīze, ietverot tajā arī pētījuma objektu iepriekšējo inventarizāciju informāciju.

## Literatūra

1. Liepa, L., Rendenieks, Z., Jansons, Ā., Straupe, I., Dubrovskis, E., & Miezīte, O. (2020). The Persisting Influence of Edge on Vegetation in Hemiboreal *Alnus Glutinosa* (L.) Gaertn. Swamp Forest Set-Asides Adjacent to Recently Disturbed Stands. *Forests*, 11(10), 1084.
2. Liepa, L., & Straupe, I. (2015). Edge effects on epiphytic lichens in unmanaged black alder stands in southern Latvia. *Research for Rural Development*, 2, 44-49.

### 3.3. Bioloģiski vecu mežaudžu attīstības dinamika

#### 3.3.1. Bioloģiski vecu audžu pārmērīšana, papildu objektu atlase un datu analīze priežu audzēs

Zemsedzes veģetācijas sastāvs un daudzveidība veido kompleksu audzes struktūru un veicina biotopam raksturīgo sugu saglabāšanos (Thomas et al., 1999). Tā nodrošina dzīvotni un barību daudzām faunas sabiedrībām (Felton et al., 2018; Felton et al., 2010), piedalās barības vielu apritē (Hart and Chen, 2006), veicina audzes produktivitāti (Chavez and Macdonald, 2012), būtiski ietekmē meža atjaunošanos un sukcesiju (Nilsson and Wardle, 2005; O'Brien et al., 2007), kā arī nodrošina svarīgus ekosistēmu pakalpojumus (Pettersson et al., 2019). Pameža augi veido lielāko daļu floristiskās daudzveidības skuju koku mežos un veicina kopējo bioloģisko daudzveidību (Halpern and Spies, 1995). Tādēļ zemsedzes veģetācijas sabiedrības un to daudzveidība ir indikatori ilgtspējīgai mežu apsaimniekošanai (Schmiedinger et al., 2012; Nilsson and Wardle, 2005).

Kokaudzē valdošā suga ir tikai viens no faktoriem, kas nosaka zemsedzes veģetācijas parametrus. Svarīgs ir arī kopējais kokaudzes sugu sastāvs (Smith et al., 2007), audzes biežums - vainagu slēgums (Hedwall et al., 2019), kokaudzes caurmēra un augstuma sadalījums (Oettel and Lapin, 2021), atmirušās koksnes apjoms, sauso koku caurmērs (Humphrey et al., 2002), kā arī audzes vecums (Smith et al., 2007). Būtiskākais faktors, kas samazina kopējo augu sugu skaitu egļu audzēs, ir apgaismojuma trūkums (Pettersson et al., 2019; Bäcklund et al., 2015). Nozīmīga loma, determinējot sugu sastopamību un citus zemsedzes veģetācijas rādītājus, var būt arī blakus audžu un meža ainavas parametriem, taču mūsu pētījumā tie netiek analizēti.

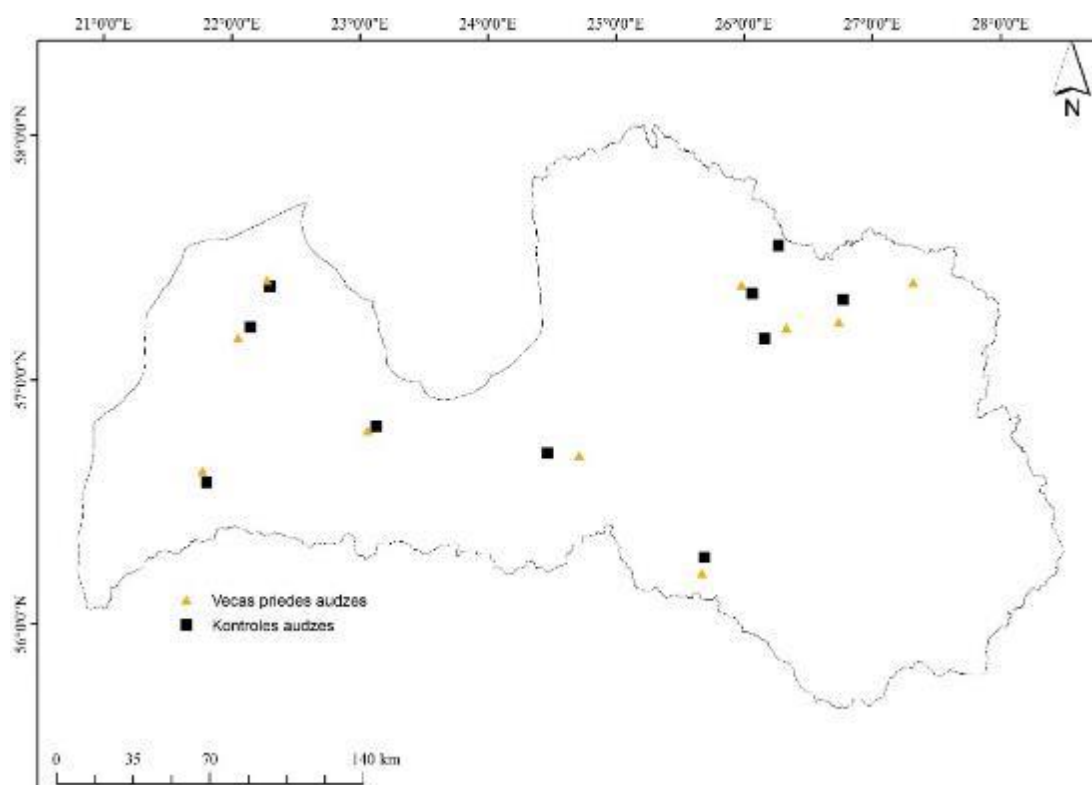
Pētījuma etapa mērķis ir novērtēt zemsedzes veģetāciju un to ietekmējošos faktorus pieaugušās un vecās priežu audzēs sausienos.

##### 3.3.1.1. Objekti un metodika

Pētījuma ietvaros saskaņā ar plānoto pārmērīti vecās priežu audzēs damaksnī pirms pieciem gadiem pētījumā "Siltumnīcefekta gāzu emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes novērtējums vecās mežaudzēs" ierīkoti parauglaukumi, iegūstot datus koku pieauguma, atmiruma, ieaugšanas un atmirušās koksnes stāvokļa izmaiņu raksturošanai. Salīdzināšanai pēc taksācijas apraksta iespējami tuvu šīm audzēm atlasītas kontroles teritorijas - pieaugušās audzes (70-90 gadus vecas), kurās vismaz pēdējos 20 gados nav veikta saimnieciskā darbība (sanitārā cirte vai retināšana), vai nav konstatējamas tās pazīmes dabā, un kurās, pēc apsekojuma dabā, ir tāds pats meža tips kā tuvākajā vecajā audzē (3.9. tabula, 3.17. attēls).

## Pētīto audžu saraksts pa vecuma grupām

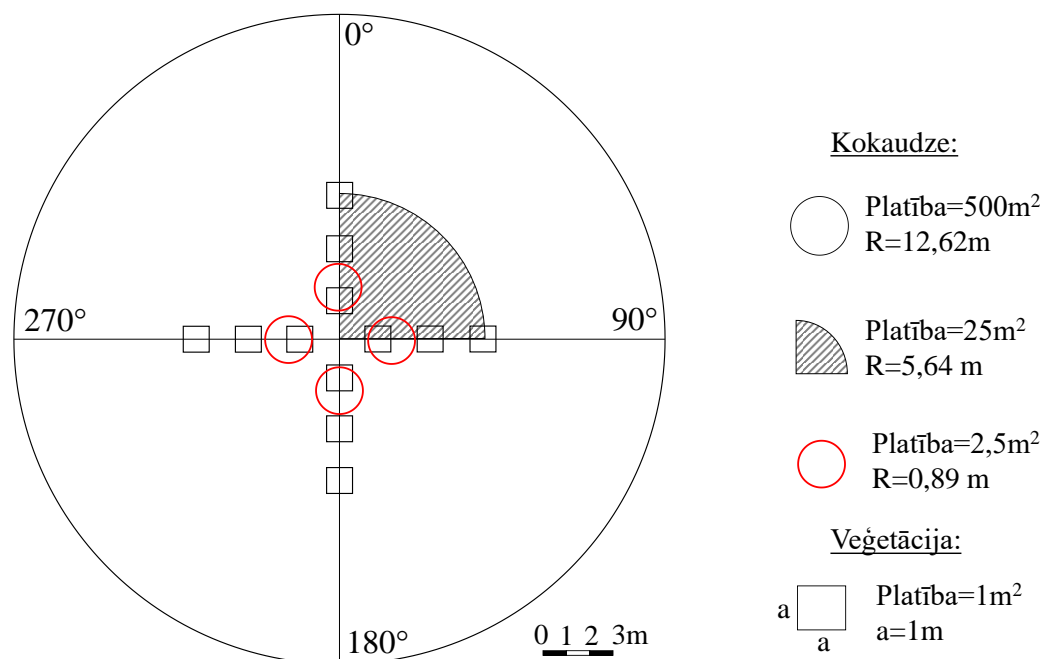
Objekts	Grupa	Objekts	Grupa
604-133-10	kontrolē	504-58-7	vecā
303-292-10	kontrolē	303-360-13	vecā
106-615-6	kontrolē	110-388-2	vecā
103-521-1	kontrolē	103-489-19	vecā
104-208-25	kontrolē	104-162-9	vecā
412-153-3	kontrolē	109-265-3	vecā
603-409-21	kontrolē	603-393-5-6	vecā
205-326-22	kontrolē	205-243-3	vecā
705-459-42	kontrolē	713-66-40	vecā
706-236-6	kontrolē	706-175-22	vecā



3.17. attēls. Objektu izvietojuma shēma veģetācijas vērtējumam vecajās un kontroles audzēs

Pētījuma objektos ierīkoti kopā 78 parauglaukumi (katrā 4, izņemot vējgāzes ietekmētu objektu, kur bija iespējams izvietot tikai 2 laukumus). Visā parauglaukuma platībā atkārtoti (vecajās audzēs) vai no jauna (kontroles audzēs) uzskaitīti stāvošie koki (dzīvs, sausoknis, stumbeņis, un atsevišķos gadījumos kritālas, ja tās gāzoties iekārušās un nevar nomērīt abus kritālas galus), kuru krūšaugstuma caurmērs ( $D$ ) ir vismaz 6.1cm. Koki, kuru  $D=2,1-6,0$  cm uzskaitīti parauglaukuma sektorā  $0^{\circ}-90^{\circ}$  (sektora  $R=5,64$  m), kura laukums ir 25 m<sup>2</sup>. Paaugas koki ( $H>0,1$  m,  $D<2,1$  cm) uzskaitīti četros 2.5m<sup>2</sup> ( $R=0,89$  m) apļveida parauglaukumos, kuru centri izvietoti divu metru attālumā uz katru no kardinālajiem virzieniem. Veģetācijas novērtēšanai parauglaukumā sistemātiski izvietoti 12 mazāki (1 m<sup>2</sup>) laukumi: katrā kardinālajā virzienā pa trim, sākot ar 1 m no lielā parauglaukuma centra (3.18. attēls). Katrā laukumā vizuāli noteikts katras

sugas procentuālais segums, tās iedalot trīs stāvos: sūnu, lakstaugu, krūmu ( $H < 0,1$  m). Tāpat novērtēts arī nobiru, atklātas augsnes un kritalu segums (pieņemot, ka  $1 \times 1$  m ir 100%).



**3.18. attēls. Parauglaukuma shēma**

Katrai audzei pa stāviem (I st., II st. un paaugai) un visiem stāviem kopā aprēķināti vidējie kokaudzes rādītāji: caurmērs, augstums, visu dzīvo koku un atsevišķi pa sugām biežums (koki ha<sup>-1</sup>) un īpatsvars, vidējais šķērslaukums (m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>) un krāja (m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>).

Katram veģetācijas parauglaukumam visiem stāviem kopā un atsevišķi aprēķināts vidējais (no 12 laukumiem) sugu skaits, katras sugas sastopamība, kopējais un katras sugas segums (%) un vidējais Šenona-Vīnera indekss. Katram parauglaukumam aprēķinātas Ellenberga indikatorvērtības (Ellenberg et al., 1992), kas izmantotas, lai aprakstītu ekoloģisko daudzveidību detrendētajā korespondentanalīzē (DCA). Parauglaukumiem veikta DCA ordinācija, salīdzinot veģetācijas datus ar kokaudzi raksturojošajiem parametriem un ekoloģiskajiem rādītājiem. Kopā DCA ordinācijā analizēti 48 faktori, no kuriem 14 bija saistīti ar veģetāciju (Ellenberga skalas rādītāji un Šenona-Vīnera indekss), bet 34 saistīti ar kokaudzes rādītājiem. Rezultātos uzrādīti tikai statistiski būtiskie.

Sugu skaita atšķirības starp audžu vecuma grupām aprēķinātas, izmantojot jaukta tipa Puasona regresiju, ņemot vērā audzes ietekmi. Neparametriskā Kendala korelācijas analīzē izmantota sakarības noteikšanai starp katra veģetācijas stāva sugu skaitu un segumu ar nobiru, atklātas augsnes un kritalu segumu, kā arī paaugas vidējo augstumu.

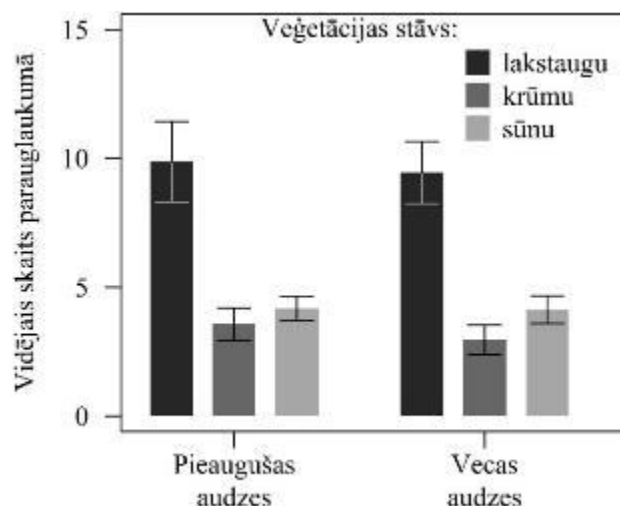
Sugu sastāvs starp vecuma grupām visai zemsedzes veģetācijai kopā, kā arī katram stāvam atsevišķi salīdzināts, izmantojot līdzības analīzi ANOSIM, kur līdzības indekss  $R=1$  nozīmē, ka teritorijās sugu sastāvs ir pilnīgi atšķirīgs, savukārt  $R=0$  – vienāds.

Visas analīzes veiktas pie  $\alpha = 0.05$ . Datu statistiskā analīze veikta datorprogrammā R v. 4.2.2 (R Core Team, 2022), izmantojot paketes “lme4” (Bates et al., 2015), “vegan” (Oksanen et al., 2022).

### 3.3.1.2. Rezultāti

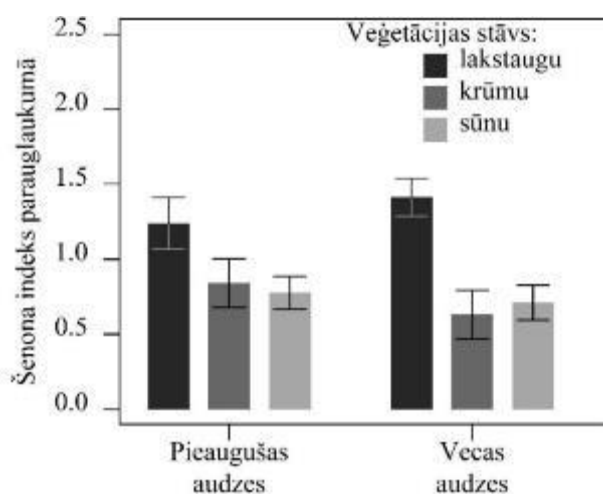
Kopējais (visu stāvu) biežums vecās un kontroles (pieaugušās) audzēs bija līdzīgs ( $p=0,76$ ), tāpat netika konstatētas būtiskas atšķirības I stāva sugu sastāvā.

Pētījuma laikā kopumā konstatētas 107 augu sugas, no tām 69 lakstaugu, 20 koku/ krūmu un 18 sūnu sugas. Vidējais sugu skaits abās audžu vecuma grupās bija līdzīgs ( $p=0,4$ ); kontroles (pieaugušās) audzēs vidēji parauglaukumā uzskaitītas  $18\pm 2$  sugas, bet vecās audzēs -  $17\pm 2$  sugas. Arī atsevišķi pa stāviem sugu skaits parauglaukumā bija līdzīgs, vislielākais tas bija lakstaugiem (pieaugušās -  $10\pm 2$ , vecās -  $9\pm 1$ ), bet vismazākais krūmu stāvam (3.19. attēls).



**3.19. attēls. Vidējais sugu skaits parauglaukumā dažādos veģetācijas stāvos kontroles (pieaugušās) un vecās priežu audzēs**

Līdzīgi kā sugu skaits, arī vidējais Šenona-Vīnera indekss visām sugām kopā un arī atsevišķi pa stāviem būtiski neatšķirās. Austākās Šenona-Vīnera indeksa vērtības konstatētas lakstaugiem vecās audzēs ( $1,4\pm 0,1$ ). Lai arī pieaugušās audzēs sugu skaits bija lielāks, tajās visos parauglaukumos dominēja viena suga - parastā mellene *Vaccinium myrtillus*, līdz ar to Šenona-Vīnera indekss bija zemāks ( $1,2\pm 0,2$ ). Krūmu stāva zemais Šenona-Vīnera indekss skaidrojams ar zemu sugu skaitu un dominējošo egli, līdzīgi arī sūnu stāvā bija mazs sugu skaits un abos audžu veidos dominēja divas sugas - spīdīgā stāvaine *Hylocomium splendens* un Šrēbera rūšaine *Pleurozium schreberi* (3.20. attēls, 3.10. tabula).



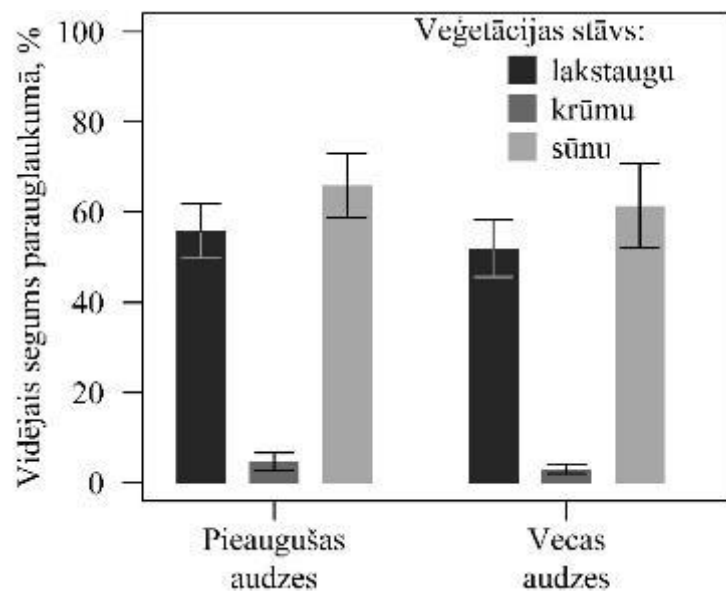
**3.20. attēls. Vidējais Šenona-Vīnera indekss kontroles (pieaugušās) un vecās priežu audzēs**



**Sugas ar vislielāko procentuālo segumu (Segums, %) un sastopamību (Sastop.) pieaugušās un vecās priežu audzēs**

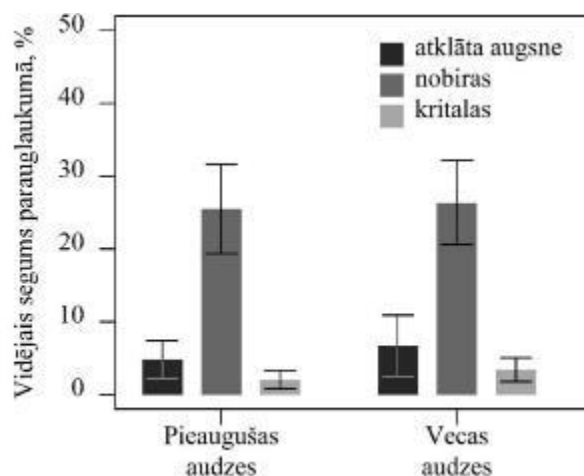
Pieaugušās audzes			Vecās audzes		
Suga	Segums	Sastop.	Suga	Segums	Sastop.
<b>LAKSTAUGU STĀVS</b>					
<i>Vaccinium myrtillus</i>	26.6	100	<i>Oxalis acetosella</i>	15.6	84
<i>Oxalis acetosella</i>	6.6	63	<i>Vaccinium myrtillus</i>	14.8	87
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	4.7	75	<i>Pteridium aquilinum</i>	3.3	37
<i>Pteridium aquilinum</i>	4.4	43	<i>Maianthemum bifolium</i>	2.6	82
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	2.8	75	<i>Luzula pilosa</i>	2.1	87
...	...	...	...	...	...
<i>Trientalis europaea</i>	1.2	70	<i>Trientalis europaea</i>	1.7	76
<i>Luzula pilosa</i>	1.2	70	<i>Melampyrum pratense</i>	1.9	58
<i>Maianthemum bifolium</i>	1.0	70	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1.8	50
<b>KRŪMU STĀVS</b>					
<i>Picea abies</i>	1.3	58	<i>Picea abies</i>	0.7	42
<i>Sorbus aucuparia</i>	0.8	53	<i>Rubus saxatilis</i>	0.5	21
<i>Rubus saxatilis</i>	0.6	23	<i>Sorbus aucuparia</i>	0.5	68
<i>Quercus robur</i>	0.5	45	<i>Rubus idaeus</i>	0.2	29
<i>Corylus avellana</i>	0.3	30	<i>Corylus avellana</i>	0.2	24
...	...	...	...	...	...
<i>Frangula alnus</i>	0.3	33	<i>Quercus robur</i>	0.1	29
<i>Rubus idaeus</i>	0.2	30	<i>Frangula alnus</i>	0.2	24
<b>SŪNU STĀVS</b>					
<i>Hylocomium splendens</i>	41.7	87	<i>Hylocomium splendens</i>	43.7	98
<i>Pleurozium schreberi</i>	10.3	68	<i>Pleurozium schreberi</i>	14.4	95
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	3.2	45	<i>Sphagnum angustifolium</i>	2.4	23
<i>Eurhynchium angustirete</i>	2.2	45	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	1.4	23
<i>Plagiomnium ellipticum</i>	1.4	24	<i>Ptilium crista-castrensis</i>	1.1	20
...	...	...	...	...	...
<i>Plagiochila asplenioides</i>	1.00	50.0	<i>Dicranum polysetum</i>	0.8	40
<i>Dicranum polysetum</i>	0.34	28.9	<i>Dicranum scoparium</i>	0.2	22.5

Visaugstākais segums parauglaukumos konstatēts sūnu stāvam, turklāt vecās un pieaugušās audzēs tas bija līdzīgs ( $p=0,43$ ) sasniedzot  $66\pm 7\%$  pieaugušās, un  $61\pm 9\%$  vecās audzēs. Augstais sūnu stāva segums izskaidrojams ar lielo egles īpatsvaru II stāvā, jo zem egles (arī paaugas un II stāva) parasti raksturīgi apstākļi, kas īpaši piemēroti sūnām (Augusto et al., 2003). Lai gan atmiruši koki un kritālas ir galvenie struktūras elementi sēnēm, vabolēm un ķērpjiem, kritālas var ietekmēt arī zemsedzes sūnu daudzveidību (Felton et al., 2020; Dahlberg et al., 2011) un starp šiem rādītājiem novērota būtiska, taču negatīva korelācija ( $p=0,006$ ,  $\tau=-0,23$ ). Otrs lielākais segums bija lakstaugu stāvam, arī tas starp audžu vecuma grupām būtiski neatšķīrās ( $p=0,37$ ) un vidēji par 3 % lielāks bija pieaugušās audzēs. Pētījumos bieži konstatēts, ka lakstaugus negatīvi ietekmē paaugas biežums un arī augstums, ierobežojot to augšanas telpu un gaismu, kā arī radot konkurenci uz barības vielām (Kwiatkowsk et al., 1997). Šajā pētījumā, iespējams, mazā paaugas daudzuma dēļ, šāda sakarība netika novērota. Krūmu stāva segums starp audžu vecuma grupām bija līdzīgs ( $p=0,12$ ) un vidēji nepārsniedza 5 % no parauglaukuma (3.21. attēls).



**3.21. attēls. Dažādu veģetācijas stāvu vidējais sugu segums parauglaukumā pieaugušās un vecās priežu audzēs**

Salīdzinoši lielu seguma % no parauglaukumiem aizņēma nobiras (abos audžu veidos  $26 \pm 6$  %), turklāt to segums pozitīvi korelēja ar kopējo sugu skaitu ( $p=0,0003$ ,  $\tau=0,29$ ), bet negatīvi ar sūnu segumu ( $p>0,0001$ ,  $\tau=-0,68$ ). Atklātas augsnes un kritalu segums abos audžu veidos bija līdzīgs, augsne aizņēma līdz 7 %, bet kritalas līdz 3 % no parauglaukuma seguma (3.22. attēls).

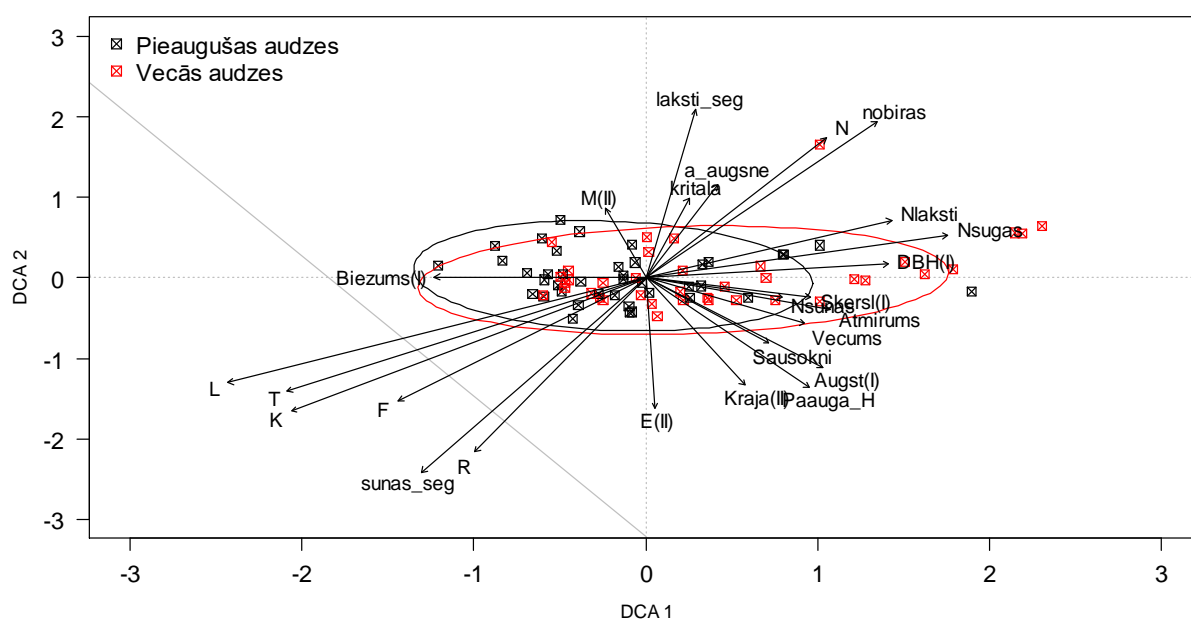


**3.22. attēls. Dažādu veģetācijas stāvu vidējais sugu segums parauglaukumā kontroles (pieaugušās) un vecās priežu audzēs**

Lai arī sugu līdzības analīzē abas audžu vecuma grupas pēc sugu sastāva ir līdzīgas, DCA analīze uzrāda atšķirīgu izkliedi to parauglaukumos. Lai noskaidrotu, kas ietekmē zemsedzes veģetācijas sugu sastāvu, atlasīti vides gradientu (Ellenbergas vērtību) un kokaudzes rādītāju faktori (3.23. attēls). Pirmo DCA asi vislabāk izskaidroja audzes pirmā stāva biezums un caurmērs (arī šķērslaukums), kā arī audzes vecums un atmirušās koksnes krāja. Analīzē iezīmējas sakarība: jo mazāks biezums, jo lielāks koku caurmērs, audzes vecums un atmirušās koksnes apjoms, jo lielāks kopējais (un atsevišķi arī sūnu) sugu skaits. Lai gan pētījumos parasti lakstaugu un sūnu sugu daudzveidība atšķirīgi reaģē uz kokaudzes vainagu slēgumu un biezumu (Chevaux et al., 2022),

mūsu pētījumā reakcijas bija līdzīgas. Audzes vecums mūsu pētījumā nav uzskatāms par būtiskāko veģētāciju nosakošo faktoru, bet tas iekļaujas faktoru kopumā pie citiem kokaudzes elementiem.

Otro DCA asi vislabāk izskaidroja egles īpatsvars II stāvā, kritalu krāja un atklātas augsnes segums parauglaukumā. Jo lielāks egles īpatsvars un atklātas augsnes segums, kā arī mazāka kritalu krāja, jo mazāks kopējais lakstaugu segums. No šiem faktoriem īpaši jāizceļ egļu īpatsvars, jo arī citos pētījumos secināts, ka tas, ierobežojot gaismas piekļuvi, būtiski samazina zemsedzes veģētāciju, un sugu skaits strauji samazinās, palielinoties egļu biezumam (Hedwall et al., 2019; Tonteri et al., 2016). Turklāt egles veido daudz nobiru, kas izmaina augsnes skābumu, kā arī veido lielu sakņu konkurenci (Lei et al., 2012). Piemēram, lielāks sūnu segums ir vietās, kur lielāks egles segums II stāvā un attiecīgi mazāks slāpekļa daudzums augsnē. Vides faktori DCA analīzē korelē ar abām asīm, norādot, ka līdzīgi ir ietekmēta gan kokaudze, gan zemsedze.



**3.23. attēls. DCA ordinācija visiem pieaugušu un vecu priežu audžu parauglaukumiem.** Uzrādīti tikai būtiskākie faktori (L – gaisma, F – mitrums, K-kontinentalitāte, N – slāpeklis, H – vidējais koku augstums, DBH – vidējais stumbra caurmērs krūšaugstumā. Elipses norāda audžu īpašvērtību standartnovirzes)

### Secinājumi

1. Zemsedzes veģētācija kontroles (pieaugušās) un vecās priežu audzēs ir līdzīga, jo gan kopējais, gan atsevišķi pa stāviem sugu skaits un segums būtiski neatšķiras. Sugām visbagātākais bija lakstaugu stāvs, kurā dominēja tipiskas meža sugas, bet lielākais segums bija sūnu stāvam ar boreālo mežu sugu dominanci.
2. Arī sugu daudzveidība (Šenona-Vīnera indekss) un sugu sastāvs (līdzības analīze) abās audžu vecuma grupās bija līdzīgs, norādot, ka pēc 70 gadu vecuma sasniegšanas damakšņa audzes ar dominējošo sugu priedi pēc zemsedzes veģētācijas rakstura ir pielīdzināmas vecām audzēm.
3. Galvenie veģētāciju nosakošie faktori (pēc DCA analīzes) pieaugušās un vecās damakšņa audzēs bija kokaudzes struktūra: I stāva biezums un koku caurmērs, egļu īpatsvars II stāvā, kā arī atmirušās koksnes daudzums. Iegūtie rezultāti konceptuāli neatšķiras no iepriekšējā pētījuma etapā vecās un pieaugušās egļu audzēs konstatētā, liecinot par sakarību universiālo raksturu. Pētījuma turpmākos etapos būtiski analizēt lapu koku audzes, kā arī

iegūtos rezultātus publicēt, nodrošinot references turpmākai rīcībpolitiku un mežsaimniecības prakses izstrādei.

4. Statistiski būtiskos mežaudzes rādītājus iespējams izmantot, lai sekmīgāk integrētu bioloģiskajai daudzveidībai nozīmīgus elementus saimnieciskajos mežos, radot ieguvumu gan bioloģiskajai daudzveidībai, gan bioekonomikai.

## Literatūra

1. Augusto, L., Dupouey, J. L., Ranger, J. (2003). Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science*, 60(8), 823-831.
2. Bäcklund, S., Jönsson, J M., Strengbom, J., Thor, G. (2015). Composition of functional groups of ground vegetation differ between planted stands of non-native *Pinus contorta* and native *Pinus sylvestris* and *Picea abies* in northern Sweden. *Silva Fennica*, 49.
3. Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67, 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>.
4. Chavez, V. and Macdonald, S.E. (2012). Partitioning vascular understory diversity in mixedwood boreal forests: The importance of mixed canopies for diversity conservation. *Forest Ecology and Management*, 271, 19–26.
5. Chevaux, L., Mårell, A., Baltzinger, C., Boulanger, V., Cadet, S. et al. (2022). Effects of stand structure and ungulates on understory vegetation in managed and unmanaged forests. *Ecological Applications*, 32(3), e2531.
6. Dahlberg, A., Thor, G., Allmér, J., Jonsell, M., Jonsson, M., & Ranius, T. (2011). Modelled impact of Norway spruce logging residue extraction on biodiversity in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 41(6), 1220-1232.
7. Ellenberg, H., Ruprecht, D., Volkmar, W., Willy, W., Dirk, P. (1992). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18, 258 S.
8. Felton, A. M., Wam, H. K., Stolter, C., Mathisen, K. M., Wallgren, M. (2018). The complexity of interacting nutritional drivers behind food selection, a review of northern cervids. *Ecosphere*, 9(5), e02230.
9. Felton, A., Knight, E., Wood, J., Zammit, C., Lindenmayer, D. (2010). A meta-analysis of fauna and flora species richness and abundance in plantations and pasture lands. *Biological conservation*, 143(3), 545-554.
10. Felton, A., Petersson, L., Nilsson, O., Witzell, J., Cleary, M., Felton et al. (2020). The tree species matters: Biodiversity and ecosystem service implications of replacing Scots pine production stands with Norway spruce. *Ambio*, 49(5), 1035-1049.
11. Halpern, C. B., and Spies, T. A. (1995). Plant species diversity in natural and managed forests of the Pacific Northwest. *Ecological Applications*, 5(4), 913-934.
12. Hart, S.A. and Chen, H.Y.H. (2006). Understory vegetation dynamics of North American boreal forests. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 25, 381–397.
13. Hedwall, P. O., Holmström, E., Lindbladh, M., Felton, A. (2019). Concealed by darkness: How stand density can override the biodiversity benefits of mixed forests. *Ecosphere*, 10(8), e02835.
14. Humphrey, J. W., Davey, S., Peace, A. J., Ferris, R., Harding, K. (2002). Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and deadwood. *Biological conservation*, 107(2), 165-180.
15. Kwiatkowska, A. J., Spalik, K., Michalak, E., Palińska, A., Panufnik, D. (1997). Influence of the size and density of *Carpinus betulus* on the spatial distribution and rate of deletion of forest-floor species in thermophilous oak forest. *Plant Ecology*, 129(1), 1-10.

16. Lei P., Scherer-Lorenzen M., Bauhus J. (2012). Belowground facilitation and competition in young tree species mixtures. *Forest Ecology and Management*, 265, 191-200.
17. Nilsson, M. C. and Wardle, D. A. (2005). Understory vegetation as a forest ecosystem driver: evidence from the northern Swedish boreal forest. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3(8), 421-428.
18. O'Brien, M.J., O'Hara, K.L., Erbilgin, N., Wood, D.L. (2007). Overstory and shrub effects on natural regeneration processes in native *Pinus radiata* stands. *Forest Ecology and Management*. 240, 178–185.
19. Oettel, J. and Lapin, K. (2021). Linking forest management and biodiversity indicators to strengthen sustainable forest management in Europe. *Ecological Indicators*, 122, 107275.
20. Oksanen J. et al. (2022). *\_vegan: Community Ecology Package\_*. R package version 2.6-4, <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>.
21. Petersson, L., Holmström, E., Lindblad, M., Felton, A. (2019). Tree species impact on understory vegetation: Vascular plant communities of Scots pine and Norway spruce managed stands in northern Europe. *Forest Ecology and Management*, 448, 330-345.
22. Pitkänen, S. (1998). The use of diversity indices to assess the diversity of vegetation in managed boreal forests. *Forest ecology and management*, 112(1-2), 121-137.
23. R Core Team (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
24. Schmiedinger A., Kreyling J., Steinbauer M.J., Macdonald, S.E., Jentsch A., Beierkuhnlein C. A (2012). Continental comparison indicates long-term effects of forest management on understory diversity in coniferous forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 42, 1239-1252.
25. Smith, G. F., Gittings, T., Wilson, M., French, L., Oxbrough, A., O'Donoghue, S., et al., (2007). Identifying practical indicators of biodiversity for stand-level management of plantation forests. In *Plantation Forests and Biodiversity: Oxymoron or Opportunity?* (pp. 67-91). Springer, Dordrecht.
26. Thomas, S.C., Halpern, C.B., Falk, D.A., Liguori, D.A., Austin, K.A. (1999). Plant diversity in managed forests: Understory responses to thinning and fertilization. *Ecological Applications*, 9, 864–879.
27. Tonteri, T., Salemaa M., Rautio P., Hallikainen V., Korpela L., Merila P. (2016). Forest management regulates temporal change in the cover of boreal plant species. *Forest Ecology and Management*, 381, 115–124.

### 3.3.2. Attālās izpētes metožu izmantošana veco audžu telpiskās struktūras novērtēšanai – metodikas aprobācija un pārbaude dabā 2 objektos

#### 3.3.2.1. Pamatojums, objekti un metodika

Attālās izpētes datu vai to kombinācijas ar lauka mērījumu datiem izmantošana potenciāli varētu radīt iespējas precīzāk raksturot veco audžu struktūru un tās dinamiskas izmaiņas, iegūstot atziņas gan bioloģiskās daudzveidības uzturēšanas, gan mežsaimniecības praksei. Tomēr nepieciešams izmantot konkrētam mērķim piemērotus datus un metodes, lai izvairītos no kļūdainu vai pilnīgi nepareizu secinājumu izdarīšanas. Par šādu risku liecina raksti augstākās zinātniskās ietekmes žurnālā *Nature*, kur Ceccherini et al. (2020) un Palahí et al. (2021), pamatojoties uz attālās izpēti datu analīzi, secina, ka Ziemeļeiropā veiktā mežsaimniecība ir ar pārāk augstu intensitāti (nav ilgtspējīga), kamēr dabā veikto (manuālo) mērījumu dati liecina par pretējo, jo ir pieaugusi nevis mežsaimniecības platība, bet gan attālās izpēti metožu precizitāte spējā konstatēt izstrādātās teritorijas (Breidenbach et al., 2022).

Dažādi attālās izpētes dati piemēroti atšķirīgu audžu parametru noteikšanai un to struktūru raksturojošo indeksu aprēķināšanai (3.11. tabula).

3.11. tabula

**Pārskats par tālīzpētes datu avotiem un to iespējamo pielietojumu audžu struktūras raksturošanai**

Attālās izpētes datu avots	Sensora veids	Precizitāte	Mežaudzes struktūras parametrs
Aerofotogrāfijas (Bezpilota lidaparāti)	Multispektrāls	<0.1 m	Koku augstums, koku caurmērs, koka vainaga diametrs, koku suga, koku skaits
Ortofotogrāfijas (Lidmašīnas)	Multispektrāls	< 0.5 m	Koku augstums, koku caurmērs, koka vainaga diametrs, koku suga, koku skaits
WorldView3 satelītattēli	Multispektrāls	1.24 - 1.38 m (0.31-0.34 panhromatiskā josla)	Koku augstums, koku caurmērs, koka vainaga diametrs, koku suga, koku skaits
Sentinel 2	Multispektrāls	10	Koka vainaga diametrs, koku suga, koku skaits
Landsat OLI	Multispektrāls	30 m, (15 m panhromatiskā josla)	Koka vainaga diametrs, koku suga, koku skaits
Sentinel 1	Sintezētās apertūras radars	5x5 m	Koku augstums, koka vainagu diametrs, koku skaits
Lidar (Lidmašīnas)	Lāzers	4 punkti/m <sup>2</sup>	Koku augstums, koku caurmērs, koka vainaga diametrs, koku skaits
Lidar (Bezpilota lidaparāti)	Lāzers	1000 punkti/m <sup>2</sup>	Koku augstums, koku caurmērs, koka vainaga diametrs, koku skaits

Gan ar pasīvajiem gan aktīvajiem sensoriem iegūto attālās izpētes datu analīze nodrošina iespējas izveidot pētāmā objekta trīsdimensionālo (3D) modeli, rezultātā iegūstot informāciju par objekta telpisko struktūru (šajā gadījumā – par mežaudzes telpisko struktūru). Aizvien biežāk pētījumi tiek veikti ar mērķi attīstīt bezpilota lidaparātu tehnoloģijas, kas var būt efektīvs līdzeklis meža struktūru raksturošanai, visbiežāk saistībā ar koku augstumu, krāju, biomasu un citiem audzes vertikālās struktūras parametriem. Datu analīze šo parametru iegūšanai tiek veikta ar fotogrammetrijas metodēm no blīviem punktu mākoņiem (Solvin et al., 2020). Izmantojot alometriskos vienādojumus, var aprēķināt koku biomasu, lapotnes tilpumu, oglekļa uzkrājumu un citus parametrus. Tāpat attālās izpētes metodes var pielietot koku fenoloģisko īpašību raksturošanai (van Laar & Akça 2007), audžu vitalitātes novērtēšanai (nepublicēti dati). Tomēr vietās ar blīvu lielāko koku vainaga slēgumu, kur lapotne aizsedz audzes zemākos kokus, fotogrammetrijas metožu pielietošana audzes vertikālās struktūras raksturošanai un 3D koku vainagu veidošanai ir apgrūtināta. Daļēji šo trūkumu spēj novērst LIDAR (*Light Detection And Ranging*, Daleponte u.c., 2008) sistēmu pielietošana, jo tām raksturīga dziļāka signāla ielaušanās audzes vainaga klājā, tādējādi detālāk attēlojot arī tās zemākos slāņus (Wallace u.c., 2014, Xiao u.c. 2019). Tomēr visbiežākais risinājums ir modeļu izveide, lai saistītu uz zemes veiktos lauka mērījumus ar datu kopām, kas iegūtas ar fotogrammetriju vai lāzerskenēšanu (Hollaus u.c., 2006, Naesset 2004).

Aerofotogrammetrijas datu izmantošana parasti nosedz nelielas teritorijas, kas galvenokārt saistāms ar lielo datu apjomu, kā arī to, ka plašu teritoriju kartēšana ir laikietilpīga un dārga. Lielu teritoriju kartēšanai var izmantot zemākas izšķirtspējas multispektrālos (piemēram, Red, Green, Blue un NIR spektra joslas) attēlus, kas iegūti no lidmašīnām vai satelītiem. Kombinējot šos multispektrālos attēlus ar LIDAR, var noteikt koku sugu un koku veselības stāvokli, kā arī koku

augstumu. Meža elementu izšķiršanai attālās izpētes datus viens no galvenajiem noteicošajiem faktoriem ir telpiskā izšķirtspēja. Attēlos, lai atpazītu aplveida objektu, piemēram, koka vainagu, šim objektam jābūt reprezentētam vismaz ar četriem pikseliem, kas nozīmē, ka kokiem ar 5 m plašiem vainagiem minimālā attēla telpiskā izšķirtspēja būs 2 m (Hengl, 2006), tomēr lielākoties pētījumu vainagu izdalīšanai izmanto attēlus ar 0.5- 0.7 m telpisko izšķirtspēju (Ke & Quackenbush, 2011). Tādējādi satelītattēlu (Landsat un Sentinel) izmantošana var sniegt vispārēju priekšstatu par meža resursiem, piemēram, Ohmann u.c., (2012), izmantojot radimetriski koriģētas Landsat ainas no dažādiem laika periodiem, identificēja vecas mežaudzes un raksturoja meža seguma izmaiņas ilgākā laika posmā. Tomēr ne Sentinel 2, ne Landsat ainu izmantošana nav piemērota individuālu koku identificēšanai (Gulbe, 2019).

Telpiskā statistika sniedz kvantitatīvu aprakstu par dabisko procesu mainību telpā un laikā. Telpiskās attiecības starp bioloģiskiem organismiem izriet no sarežģītu komponentu mijiedarbības, kas tās veido (Fortin and Dale 2005). Lielākā daļu šādu sistēmu nav homogēnas, un tās ietekmē dažādi ekoloģiskie procesi atšķirīgos telpiskos un laika mērogos, kā rezultātā veidojas specifiska sistēmas dinamika un saiknes starp procesiem un indivīdiem. Audzes struktūrai ir liela nozīme visu mežā dzīvojošo organismu (gan floras, gan faunas) dzīves cikla noteikšanā, veidojot dažādas telpiskās struktūras, kas piemērotas dažādiem organismiem. Jo sarežģītāka ir struktūra, jo lielāka ir bioloģiskā daudzveidība (Szmyt, 2014).

Attiecības starp blakus esošiem indivīdiem iespējams noteikt, analizējot attālumus diviem objektiem, piemēram, ar tuvākā kaimiņa distances metodi, Riplija-K funkciju, pāru korelāciju, kvadrāta variācijas metodi vai ģeostatistikas metodēm (Perry u.c. 2002). Informatīvākais datu kopu veids punktu modeļu analīzei ietver precīzas visu koku koordinātas, kas atrodas pētījuma apgabalā (Pemmerening, 2008). Tomēr šādu datu ieguve ir darbietilpīga un dārga. Visbiežāk mežsaimniecībā izplatīta prakse mērīt koku koordinātas no konkrētiem parauglaukumiem sistemātisku režģu centros (Illian u.c. 2008). Šādos gadījumos tālākiem aprēķiniem vispiemērotākās ir ģeostatistikas metodes, piemēram, variogrammas, korelogrammas, telpiskās autoregresijas modeļi, telpiskās prognozēšanas metodes (Szmyt, 2014). Turklāt, vienlaikus uzlabojoties datu apstrādes ātrumam, priekšplānā tiek izvirzīta jaunu datu apstrādes metožu attīstīšana, kā pamatā ir veco metožu integrēšana automātiskos rīkos, balstoties uz mašīnmācīšanās algoritmiem. Piemēram, McRoberts et. al. (2002) ieviesa k-tuvākā kaimiņa algoritmu (k-*nn*) - mašīnmācīšanās paņēmieni, kura pamatā ir daudzfaktoru līdzība starp pikseļu vērtībām meža inventarizācijas parauglaukumos un ārpus tiem. Jaunākie datu apstrādes rīki un algoritmi racionalizēja darbu izpildes secību, apvienojot parauglaukumu informāciju ar pikseliem un padarot attālās izpētes datus pieejamākus mašīnmācīšanās metodēm. Bezmaksas programmatūru izstrāde notiek R vidē, piemēram, telpiskās analīzes funkcijas (Bivand, 2013), attēlu analīze Python vidē (Cole R., 2022), kā arī maksas programmatūru pielāgošana darbam ar attālās izpētes datiem un mašīnmācīšanās algoritmiem (Ruefenacht, 2020).

Pētījuma etapa (pilotpētījuma) ietvaros izmantoti dati no šajā pašā pētījumā atkārtoti pārmērītām vecām parastās priedes audzēm. Šo audžu atlase veikta no Valsts meža dienesta meža inventarizācijas datu bāzes pēc sekojošiem kritērijiem: audzes vecums (> 160 gadi); valdošā suga (priede > 5 vienības); audzes platība vismaz 0.5 ha; novietojums ainavā; saimnieciskā darbība (nav veikta). Papildus veikta audžu apsekošana, pārbaudot mērķa sugas īpatsvaru audzes sugu sastāvā, audzes valdošās sugas vecumu (12 koku pieauguma urbūmi), agrākās mežizstrādes pazīmes (celmi, pārzāģēti krituši koki). Ja audze atbilda visiem kritērijiem, tajā ierīkoja 6 aplveida parauglaukumus ar platību 500 m<sup>2</sup>. Katrā parauglaukumā katram kokam noteikts azimuts un attālums līdz parauglaukuma centram. Visiem kokiem, kuru caurmērs krūšu augstumā (1.3 m) pārsniedza 6.0 cm izmērīja koka augstumu, caurmēru un noteica sugu. Tika raksturota arī atmirusi koksne, taču šī elementa dati nav izmantoti šī pētījuma uzdevuma rezultātu sadaļā.

### 3.3.2.2. Rezultāti

#### Izvēlēto indeksu apraksts

Mežaudžu struktūru primāri var raksturot ar koku agregāciju  $W_i$  (*tree aggregation*), sugu sajaukšanos  $M_i$  (*species mingling*) un izmēru (diametra, augstuma, vainaga projekcijas u.c.) diferenciācijas  $T_i$  (*size differentiation*) indeksiem (Bāders et al. 2021). Šo indeksu aprēķinam nepieciešama koku izvietojuma (telpiskā) informācija, kā arī dati par sugu un izmēru (absolūtā vai relatīvā skalā). Audzes struktūras raksturošanas metodiku izstrādājuši Gadow un Hui (2002) un pilnveidojuši Pommerenings un Stojans (2006, 2011) un citi pētnieki; tās pamatā ir tuvāko kaimiņu statistika (*Nearest neighbour statistic*, turpmāk tekstā NNS).

Telpiskās attiecības starp blakus esošo koku sugām iespējams izteikt kā sajaukšanās indeksu  $M_i$ . Indekss aprēķināms konkrētam kokam, novērtējot tā kaimiņu īpatsvaru, kas ir no dažādām sugām, pēc formulas:

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (1)$$

kur  $i$  ir atsauces (vērtētais, ietekmētais) koks;  $j$  ir koka  $i$  tuvākais kaimiņš;  $n$  ir analizē ņemto tuvāko kaimiņu skaits (šajā gadījumā 4);  $V_{ij} = 1$ , ja sugas  $i \neq$  sugas  $j$ , pretējā gadījumā  $V_{ij} = 0$ . Sajaukšanās indeksa rezultāts ir 0, ja visi 4 kaimiņi ir no tās pašas sugas kā atsauces koks, un 1, ja visi kaimiņi ir no dažādām sugām.

Konkurenci starp kokiem par augšanas telpu (gaismu, barības vielām) var novērtēt, raksturojot koku izmēru daudzveidību, kas aprēķināta, izmantojot telpisko izmēru diferenciācijas indeksu  $T_i$ . Indeksā izmanto koku caurmēru (vai citu to savstarpējās aizņemtās telpas atšķirību raksturojošu rādītāju), lai novērtētu tuvākā blakus esošā koka izmēru dažādību un koku izmēru telpisko sadalījumu; to aprēķina:

$$T_i^{(k)} = 1 - \sum_{j=1}^k \frac{\min(DBH_i, DBH_j)}{\max(DBH_i, DBH_j)}; \quad T_i \in [0, 1] \quad (2)$$

kur  $DBH$  = caurmērs krūšu augstumā (cm);  $i$  apzīmē atsauces koku;  $j$  ir šī koka  $i$  tuvākais kaimiņš; un  $k$  ir atsauces kokam tuvāko koku skaits. Izmēru diferenciācijas indeksa aprēķināšanai izmantojam  $k = 1$ .  $T_i$  vērtības, kas aprēķinātas, izmantojot šo formulu, svārstās diapazonā no 0 līdz 1. Pommerenings (2002) ieteiktā klasifikācija tika izmantota, lai aprakstītu  $DBH$  variāciju atsauces koka tuvumā:  $0 \leq T_i < 0,3$  ir vāja diferenciācija, kur mazākam kokam ir vismaz 70% no lielākā koka dimensijas;  $0,3 \leq T_i < 0,5$  ir vidēji vāja diferenciācija, kur mazākam kokam ir no 50% līdz 70% no lielākā koka dimensijas;  $0,5 \leq T_i < 0,7$  ir vidēji izteikta diferenciācija, kur mazākam kokam ir no 30% līdz 50% no lielākā koka dimensijas; un  $0,7 \leq T_i \leq 1,0$  norāda uz izteiktu diferenciāciju, kur mazākam kokam ir mazāk nekā 30% no lielākā koka dimensijas.

Agregācijas indekss  $W_i$  raksturo koku horizontālā telpiskā izkārtojuma regularitātes pakāpi. Indekss tiek definēts kā to leņķu ( $\alpha$ ) proporcija, kas ir mazāki par standarta leņķi  $\alpha_0$ . Paredzamais  $\alpha_0$  starp 2 kaimiņiem, izmantojot atsauces koku kā leņķa virsotni, ir vienāds ar  $360^\circ / (n + 1)$ , kur  $n$  ir atsauces kokam atlasīto tuvāko kaimiņu skaits.

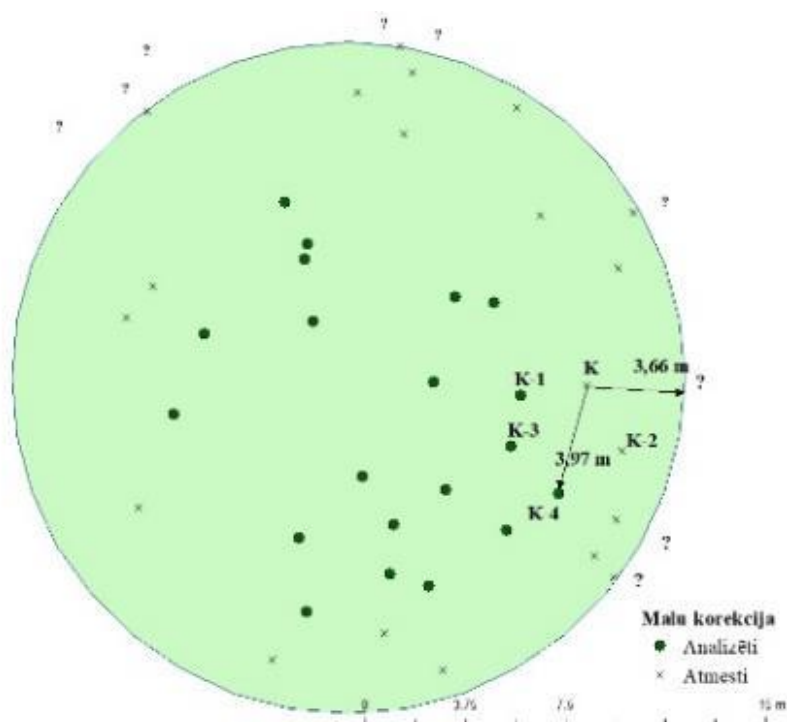
$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_{ij}, \quad (3)$$

kur  $i$  ir atsauces koks;  $j$  ir koka  $i$  tuvākais kaimiņš;  $V_{ij} = 1$ , ja  $\alpha_j < 72^\circ$  ( $\alpha_j$  = horizontālais leņķis starp analizēto kaimiņu koku pāri) un 0 pretējā gadījumā, un  $n$  = tuvāko kaimiņu skaits, kas ņemts vērā analizē (šajā gadījumā 4). Ar četriem kaimiņiem  $W_i$  var pieņemt piecas vērtības: 0,00; 0,25; 0,50; 0,75; un 1,00.  $W_i = 0,00$  norāda, ka koki atsauces koka tuvumā ir novietoti regulāri, savukārt  $W_i = 1,00$  norāda uz neregulāru vai kopīgu sadalījumu (Pommerenings, 2002).

Visu šo indeksu aprēķinos jāņem vērā, ka arī ārpus parauglaukuma (tāpat audzes vai citas telpiski definētas vienības) robežām ir koki, kas atstāj nezināmu ietekmi, jo nav tikuši uzmērīti.



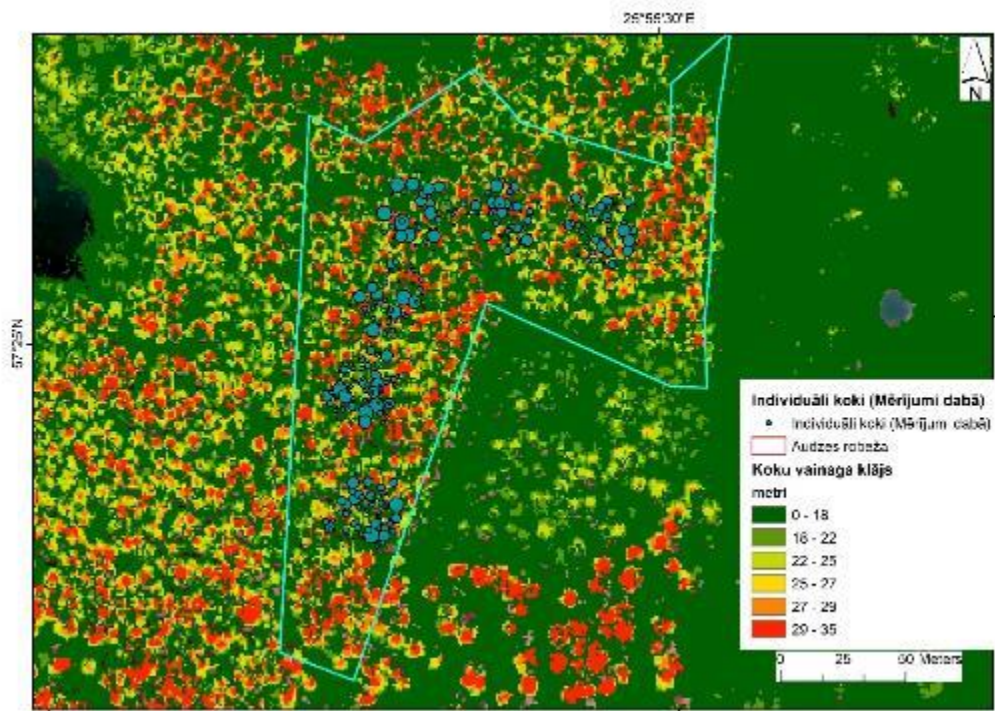
Iespējamās to ietekmes uz rezultātu (malu efektu) novēršanai izmanto NN1 malu korekcijas metodi. Sākotnēji katram kokam nosaka attālumu līdz četriem tuvākajiem kaimiņiem un attālumu līdz parauglaukuma malai: ja lielākais koku savstarpējais attālums ir mazāks nekā attālums līdz audzes malai, koku ietver analizē, ja nē – neietver. Metodiku grafiski raksturo parauglaukums 3.24. attēlā, kur K ir mērķa koks; K-1, K-2, K-3 un K-4 – tā tuvākie kaimiņi. Šajā piemērā redzams, ka mērķa koks tālākā indeksu aprēķinā netiks izmantots, jo attālums no tā (K) līdz parauglaukuma malai ir mazāka nekā attālums līdz tālākajam kaimiņam (K-4).



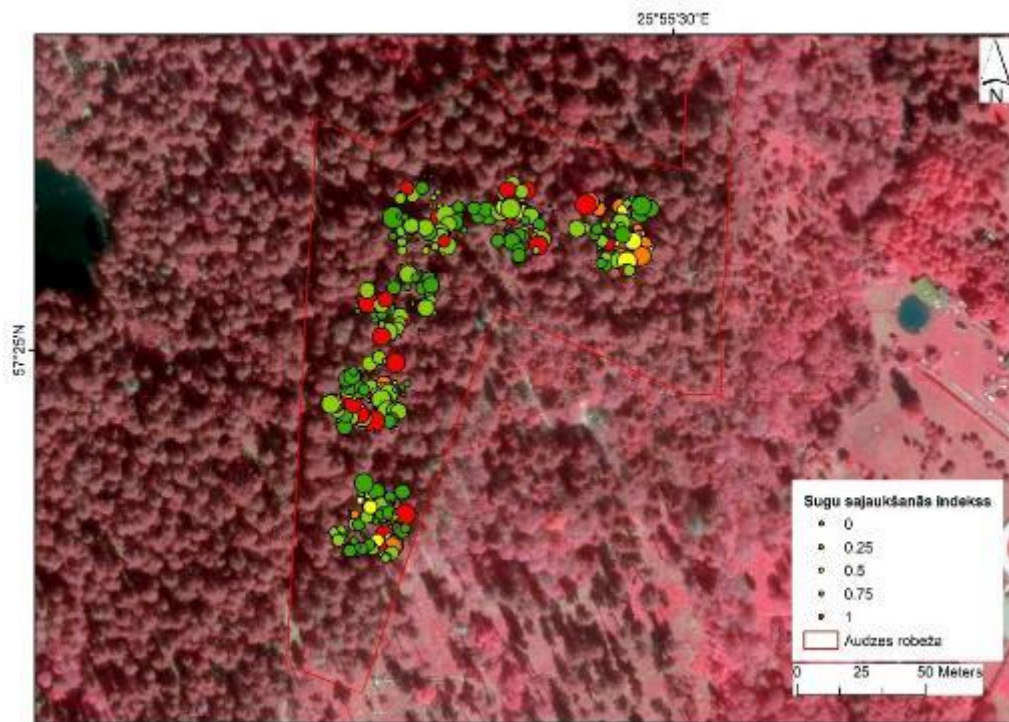
**3.24. attēls. Malu korekcijas metodes piemērs**

Minimālais koku skaits parauglaukumā NNS izmantošanai pēc malu korekciju ieviešanas ir 15 līdz 20 (Zenner & Peck, 2009). Tas jāņem vērā, izvēlotie analizējamās platības (parauglaukuma, audzes) minimālo lielumu.

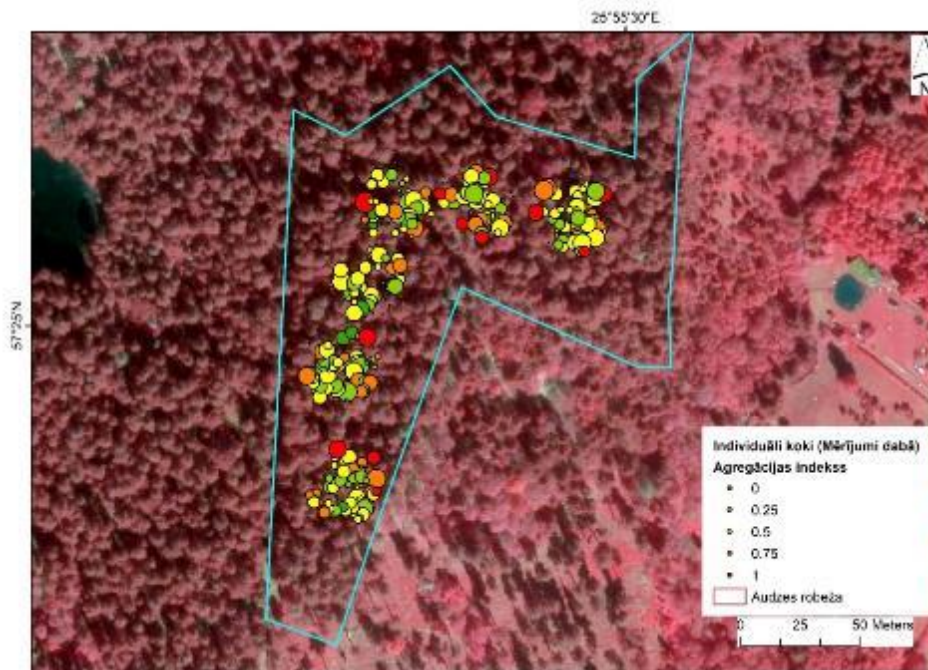
Pētījumā atbilstoši plānotajam vērtēti parauglaukumi divās vecajās audzēs un šo audžu struktūru raksturojošo indeksu vērtības no attālās izpētes (3.25.-3.27. attēlu fons) un faktiski uzņēmīto koku parauglaukumos (3.25.-3.27. attēli – punkti) datiem.



3.25. attēls. Koku vaināgu klājs: aerolāzerskenēšanas (LIDAR) un individuālu koku caurmēra mērijumu (punktu izmērs attēlo koka caurmēru) dati



3.26. attēls. Sugu sajaukšanās indekss  
(punktu izmērs atbilstošs to diferenciācijas pakāpei)



**3.27. attēls. Agregācijas indekss**  
(punktu izmērs atbilstošs to izmēra diferenciācijas pakāpei)

#### Secinājumi

1. Izmantojot ar bezpilota lidaparātu divās atkārtotās uzmērīšanas reizēs (lapu un bezlapu /ziemas/ stāvoklī) iegūtu attēlu analīzi, pilotpētījuma audzēs izdevās sasniegt tādas sugu sajaukšanās, izmēru diferenciācijas un agregācijas indeksa vērtības, kurām nevarēja konstatēt statistiski būtiskas atšķirības no uzmērīto koku (faktiskās situācijas) analīzē iegūtajām. Šie rezultāti apliecina iespēju izmantot attālās izpētēs metodes pētījumā izveidoto parauglaukumu tīkla monitoringā, līdz ar to veco audžu struktūras izmaiņu dinamikas raksturošanā. Šādi dati ir būtiski, gan veidojot izpratni par šo audžu lomu bioloģiskās daudzveidības uzturēšanā, gan par elementiem, kas veidojami un/vai saglabājami saimnieciskajos mežos (audzes vai meža masīva līmenī) atbilstoši klimata gudrās mežsaimniecības principiem un jauno Eiropas Savienības mēroga politiku nostādņām.
2. Šajā izpētes etapā neizdevās izstrādāt pieeju indeksu automātiskam aprēķinam visai ģenerālkopai (vecās audzes) no brīvi pieejamajiem attālās izpētes datiem. Šādas pieejas līdz šiem nav izstrādātas arī citu, ievērojami apjomīgāku pētījumu rezultātā citās mūsu reģiona valstīs (Somija, Norvēģija). Tādēļ rekomendējams izmantot esošo parauglaukumu tīklu un tā regulāru apsekojumu (inventarizāciju) ar bezpilota lidaparātu (dronu) rezultātus vispārīgāku secinājumu izdarīšanai par šādu audžu struktūras izmaiņu dinamiku.
3. Vienlaikus nākamajā etapā nepieciešams integrēt iegūtos indeksus sarežģītākos mašīnmācīšanās algoritmos, aizstājot salīdzinoši vienkāršos klasifikatorus, kas balstīti uz vairāku mainīgo tuvāko kaimiņa analīzi vai automatizētu klāsteru analīzi. Tāpat būtiski paplašināt parauglaukumu tīklu no jauna izveidotajās NATURA 2000 vai citās platībās, veidojot plašāku monitoringa bāzi detalizētāku secinājumu izdarīšanai.

#### Literatūra

1. Bāders, E., Jōgiste, K., Elferts, D. Vodde F., Kiviste A., Luguza S., Jansons Ā. (2021) Storm legacies shaping post-windthrow forest regeneration: learnings from spatial indices

- in unmanaged Norway spruce stands. *European Journal of Forest Research*, <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01368-x>
2. Bivand, R.S.; Pebesma, E.; Gómez-Rubio, V. 2013. *Applied Spatial Data Analysis with R*; Springer: New York, NY, USA.
  3. Breidenbach, J.; Ellison, D.; Petersson, H.; Korhonen, K.T.; Henttonen, H.M.; Wallerman, J.; Fridman, J.; Gobakken, T.; Astrup, R.; Næsset, E. 2022. Harvested area did not increase abruptly—how advancements in satellite-based mapping led to erroneous conclusions. *Annals of Forest Science* volume 79, Article number: 2, <https://doi.org/10.1186/s13595-022-01120-4>
  4. *Annals of Forest Science* volume 79, Article number: 2
  5. Ceccherini, G., Duveiller, G., Grassi, G. et al. 2020. Abrupt increase in harvested forest area over Europe after 2015. *Nature* 583, 72–77
  6. Cole, R. M. 2022. *satellite-image-deep-learning*. <https://github.com/robmarkcole/satellite-image-deep-learning> (Vietne apmeklēta 05.01.2023.)
  7. Dalponte M., Bruzzone L., and Gianelle D. 2008. Fusion of hyperspectral and lidar remote sensing data for classification of complex forest areas. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 46(5):1416–1427.
  8. Fortin M.J., Dale M.R.T. 2005. *Spatial analysis: a guide for ecologists*. Cambridge University Press, Cambridge. 365 p.
  9. Gadov, K. v; Hui, G. 2002. Characterizing forest spatial structure and diversity. In *Sustainable Forestry in Temperate Regions. Proceedings of the IUFRO International workshop Sustainable forestry in temperate regions*, Bjoerk, L. Ed; Lund, Sweden, pp. 20–30.
  10. Gulbe, L. 2019. Koku vainagu automatizēta kartēšana meža inventarizācijai, izmantojot tālizpētes datu kopīgu apstrādi. *Promocijas darbs, Latvijas Universitāte*, 119p.
  11. Hengl. T. 2006. Finding the right pixel size. *Computers & Geosciences*, 32(9):1283–1298.
  12. Hollaus, M.; Wagner, W.; Eberhöfer, C.; Karel, W. 2006. Accuracy of large-scale canopy heights derived from LiDAR data under operational constraints in a complex alpine environment. *Isprs J. Photogramm. Remote Sens.*, 60, 323–338.
  13. Hui, G.; Albert, M.; Gadov K.v.1998. The diameter dominance as a parameter for simulating forest structure. *Forstwiss. Centralbl.* 117, 258-266. (In German)
  14. Illian J., Penttinen A., Stoyan H., Stoyan D. 2008. *Statistical analysis and modeling of spatial point patterns*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. 534 p.
  15. Krisanski, S.; Taskhiri, M.S.; Gonzalez Aracil, S.; Herries, D.; Muneri, A.; Gurung, M.B.; Montgomery, J.; Turner, P. 2021. Forest Structural Complexity Tool—An Open Source, Fully-Automated Tool for Measuring Forest Point Clouds. *Remote Sens.*, 13, 4677.
  16. McRoberts, R.E.; Nelson, M.D.; Wendt, D.G. 2002. Stratified estimation of forest area using satellite imagery, inventory data, and the k-Nearest neighbor technique. *Remote Sens. Environ.*, 82, 457–468.
  17. Næsset, E. 2004. Practical large-scale forest stand inventory using a small-footprint airborne scanning laser. *Scand. J. For. Res.*, 19, 164–179.
  18. Ohmann, J.L.; Gregory, M.J.; Roberts, H.M.; Cohen, W.B.; Kennedy, R.E.; Yang, Z. 2012. Mapping change of older forest with nearest-neighbor imputation and Landsat time-series. *For. Ecol. Manag.*, 272, 13–25.
  19. Palahí, M.; Valbuena, R.; Senf, C.; Acil, N.; Pugh, T.A.M.; Sadler, J.; Seidl, R.; Potapov, P.; Gardiner, B.; Hetemäki, L.; Chirici, G.; Francini, S.; Hlásny, T.; Lerink, B.J.W.; Olsson, H.; González Olabarria, J.R.; Ascoli, D.; Asikainen, A.; Bauhus, J.; Berndes, G.;

- Donis, J.; Fridman, J.; Hanewinkel, M.; Jactel, H.; Lindner, M.; Marchetti, M.; Marušák, R.; Sheil, D.; Tomé, M.; Trasobares, A.; Verkerk, P.J.; Korhonen, M.; Nabuurs, G.-J. 2021. *Nature* 592, E15–E17
20. Perry J.N., Liebhold A.M., Rosenberg M.S., Dungan J., Miriti M., Jakomulska A., Citron-Prousty S. 2002. Illustrations and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial pattern in ecological data. *Ecography* 25: 578–600.
21. Pommerening, A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75(3), 305-324. DOI: 10.1093/forestry/75.3.305
22. Pommerening, A.; Gonçalves, A.C.; Rodríguez-Soalleiro, R. 2011. Species mingling and diameter differentiation as second-order characteristics. *German Journal of Forest Research*, 182, 115-129.
23. Pommerening, A.; Stoyan, D. 2006. Edge-correction needs in estimating indices of spatial forest structure. *Can. J. For. Res.*, 36, 1723–1739.
24. Ruefenacht, B., Liknes, G., Lister, A.J., Fisk, H., Wendt, D. 2008. Evaluation of open source data mining software packages. In Proceedings of the Forest Inventory and Analysis (FIA) Symposium 2008, RMRS-P-56CD, Park City, UT, USA, 21–23 October 2008.
25. Solvin, T.M.; Puliti, S.; Steffenrem, A., 2020 Use of UAV photogrammetric data in forest genetic trials: Measuring tree height, growth, and phenology in Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.). *Scand. J. For. Res.*, 1–12.
26. Szmyt J. 2014. Spatial statistics in ecological analysis: from indices to functions. *Silva Fennica* vol. 48 no. 1 article id 1008. 31 p.
27. Van Laar A., Akça A., 2007. Forest mensuration. Springer, Dordrecht, 376 p. DOI: 10.1007/978-1-4020-5991-9.
28. Wallace, L.; Musk, R.; Lucieer, A. 2014. An assessment of the repeatability of automatic forest inventory metrics derived from UAV-borne laser scanning data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 52, 7160–7169
29. Zenner, E.; Peck, J.E. 2009. Characterizing structural conditions in mature managed red pine: Spatial dependency of metrics and adequacy of plot size. *For. Ecol. and Manag.*, 257, 311-320.

## 4. Sociālekonomisko ekosistēmas pakalpojumu kvalitātes nodrošināšana

### 4.1. Meža augšanas apstākļu, meža ekosistēmas tipa, meteoroloģisko faktoru un meža apsaimniekošanas ietekme uz meža nekoksnes produktu ražas dinamiku

Latvijā nekoksnes resursiem bija un joprojām ir būtiska gan sociālekonomiskā loma, gan arī rekreācijas nozīme. Pēc jaunākajiem datiem (Lovriča et. al 2020), Latvijā ar ogošanu, sēņošanu, ārstniecības augu, dekoratīvo materiālu vākšanu jeb nekoksnes produktu ieguvī, nodarbojas vairāk kā 60 % mājsaimniecību. Latvijā ne vien ir viens no augstākajiem radītājiem starp Eiropas mājsaimniecībām, kas nodarbojas ar nekoksnes resursu ieguvī, bet arī 27,8% mājsaimniecību nekoksnes resursus arī pārdod. Ogu un citu nekoksnes resursu izmantošana un pārdošana nodrošina papildu ienākumus daudzām mājsaimniecībām tieši lauku apvidos. LVMI Silava pētījumi rāda, ka 2019. gadā 88% no iedzīvotājiem pēdējā gada laikā ir ieguvuši kaut vienu no meža nekoksnes produktiem, bet ~9% tas ir bijis arī būtisks ienākumu avots (Donis, 2020).

Latvijā visbiežāk sastopamās un ekonomiski nozīmīgākās savvaļas ogas ir mellenes un brūklenes. Līdzīgi kā citur Ziemeļeiropā, tieši to resursiem pievēršama vislielākā uzmanība, lai noskaidrotu ikgadējos ražas apjomus. Piemēram, M. Vaara et al. (2013) raksta, ka 2011. gadā Somijā 54% no mājsaimniecībām nodarbojās ar ogu lasīšanu, ievācot kopsummā 34,9 miljonus kg ogu, respektīvi, 14,3 miljonus kg melleņu un 16,1 miljonus kg brūkleņu. M. Turtiainen et al. (2011) apkopotā informācijā par Somijas ogu ražu laika periodā par 1997 – 2008 gadu liecina, ka kopējā melleņu raža ik gadu variēja no 92 līdz 312 miljoniem kg, bet brūkleņu raža – no 129 līdz 386 miljoniem kg. Rezultāti rāda, ka ogu ikgadējie apjomi ir atkarīgi no ogu bioloģisko ražas svārstībām, ko ietekmē ikgadējie klimatiskie faktori.

Pētījumā par ogu ražu Norvēģijā, pierādīts, ka melleņu ogu ražu būtiski ietekmē maksimālā gaisa temperatūra jūnijā, vidējā augusta un septembra temperatūra iepriekšējā gadā pirms ogu ražas, minimālā temperatūra maijā, kā arī maksimālais sniega kārtas dziļums aprīlī un nokrišņu daudzuma un temperatūras attiecība jūnijā un jūlijā (Selås et al. 2015). Lee et al. (2012) pētījumā novērota negatīva saistība starp gada ogu ražu un iepriekšējā gada vidējo temperatūru augusta un septembra mēnešos, kas visticamāk ir saistīts ar to, ka zemo rudens temperatūru dēļ ir paaugstināts šķīstošo cukuru un cietes saturs, un nākamajā pavasarī šie resursi var tikt izmantoti, lai augtu un veidotu ogas. Savukārt neliels sniega segas biežums var aizkavēt melleņu augšanu un ziedu attīstību. Zviedrijā veiktā 15 gadus ilgā pētījumā konstatēts, ka “bezogu” gados vai gados, kad novērota neliela ogu raža, vienmēr ir bijušas pavasara salnas ogulāju ziedēšanas laikā (Kardell, Eriksson 1990 cit. pēc Selås et al. 2015). Brūklenēm viens no svarīgākajiem faktoriem, kas ietekmē ogu skaitu būtiski pozitīvi, ir maija nokrišņu daudzums konkrētajā gadā, kā arī divos iepriekšējos gados pirms ražas ievākšanas. Turklāt būtiskāka ietekme bija tieši diviem iepriekšējiem gadiem nevis konkrētā gada nokrišņu daudzumam (Krebs et al. 2009).

Lai prognozētu ogu ražu, Ziemeļvalstīs izstrādāti vairāki modeļi brūkleņu un melleņu ogu ražas novērtēšanai. Piemēram, M. Ihalainen u.c. (2002) melleņu un brūkleņu ražas prognozēšanai izmantoja regresijas analīzi, kuras rezultātā iegūtās funkcijas neprognozē kvantitatīvu ogu ražu (kg/ha), tas ir, nesniedz absolūtās vērtības, bet gan relatīvās vērtības melleņu un brūkleņu ražībai. Šajā modelī tāpat kā vairumā izveidoto modeļu tika iekļauti tādi faktori kā mežaudzes šķērslaukums (m<sup>2</sup>/ha, jaunām audzēm – koku skaits uz ha), vidējais koku vecums, valdošais audzes augstums, valdošā suga, augsnes auglība u.c. Somijā par vienu no pamatmodeļiem uzskata J. Miina u.c. (2009) izstrādāto modeli, kas izstrādāts, lai aprēķinātu melleņu sastopamību, segumu un ogu ražu sausieņu un slapjajņu mežos, izmantojot vispārināto jaukta tipa lineāro modeli (GLMM). Modelī uzskatāmi redzams, ka pēc kopšanas cirtēm ogulāju segums sākotnēji mazliet samazinās, bet tad pieaug, pārsniedzot vērtības pirms kopšanas.

Latvijā meža ogas nav plaši pētītas. Nekoksnes resursu pētījumi, precīzāk, apkopojoša informācija par savvaļas ogu resursu (ogulāju) izplatību valstī, veikti 20. gs. 60. gados. LU

Bioloģijas institūts 1953. un 1954. gadā veica uzskaiti biežāk sastopamajām savvaļas sugām valstī, visās mežsaimniecībās novērtējot ogulāju sastopamību un platību, kā arī piecās mežsaimniecībās nosakot ogu produktivitāti. Novērtēts, ka 1954. gadā, kad esot bijusi maza melleņu raža, maksimālā raža bija 200 – 400 kg ha<sup>-1</sup>. Savukārt maksimālā brūklenju raža, pēc 1953. un 1954. gada datiem, bija 430 – 450 kg ha<sup>-1</sup> (Pētersons 1961)

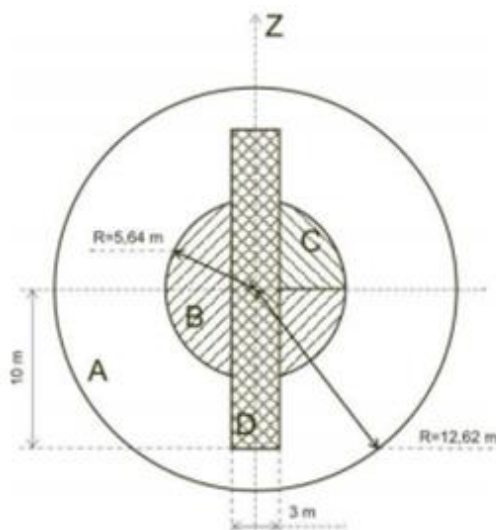
Pieaugošā interese par nekoksnes produktu izmantošanu un daudzmrķu mežsaimniecību aktualizē nepieciešamību arī Latvijā veikt pētījumus par ogulāju sastopamību, projektīvo segumu un ogulāju ražību dažādos meža tipos, kā arī to ogulāju atjaunošanās spēju mežaudzē pēc kopšanas cirtēm un vienlaidus atjaunošanas cirtēm. Katru gadu ogu raža ir mainīga, bet kopējā tendence nemainās – mainoties konkrētām meža tipu platībām, kur sastopami mellenāji un brūklenāji, pakāpeniski mainās arī kopēja raža valstī. Pētījumā Somijā, aplūkojot izmaiņas veģetācijā boreālo mežu zemsedzē septiņus gadus pēc vienlaidu atjaunošanas cirtes, novērojams, ka *Vaccinium* ģints sīkkrūmu biomasa pirmajos gados pēc saimnieciskās darbības samazinās, salīdzinot ar gadu pirms mežizstrādes, bet septiņu gadu laikā atgriežas sākotnējā līmenī (Palviainen et al. 2005).

Šajā pētījumu programmas etapā tiek turpinātas meža nekoksnes produktu uzskaites gan Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumos, gan arī papildināta datu rinda par kopšanas ietekmi uz meža nekoksnes produktu novērtējumu.

#### 4.1.1. Ogulāju projektīvā seguma novērtējums MSI parauglaukumos

##### 4.1.1.1. Objekti un metodika

Lai iegūtu reprezentatīvu informāciju par nekoksnes resursiem Latvijā - ogulāju, dekoratīvo materiālu un nektāraugu sastopamību un segumu dažādos meža tipos, kā arī prognozētu iespējamo potenciālo ražu dažādos meža tipos Latvijā, pastāvīgajos Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumos kopš 2008. gada sistemātiski tiek ievākti dati un apkopota informācija par nekoksnes resursiem. Pārskatā datu analīzei izmantoti 2022. gada novērtējuma dati, tas ir, 3. cikla 5. gads. MSI parauglaukuma C uzskaites laukumā (ja vien tas netiek dalīts sektoros), ierīkots viens 9 m<sup>2</sup> liels kvadrātveida (3x3 m) uzskaites laukums, kur veikts ogulāju novērtējums (4.1. attēls).



**4.1. attēls. MSI parauglaukumu shēma (A – 500 m<sup>2</sup> parauglaukums, B – 100 m<sup>2</sup> parauglaukums, C – 25 m<sup>2</sup> parauglaukums, D – pameža un paaugas uzskaites laukums)**

Katrā no MSI parauglaukumiem novērtēts sekojošu nekoksnes resursu projektīvais segums un un produktivitāte (ziedu vai ogu/kauleņu/kopaugļu esamība): brūklenes (*Vaccinium vitis-idaea*), mellenes (*Vaccinium myrtillus*), zilenes (*Vaccinium uliginosum*), dzērvenes (*Oxycoccus*

*palustris*, *O. microcarpus*), miltenes (*Arctostaphylos uva-ursi*), lācenes (*Rubus chamaemorus*), meža avenes (*Rubus idaeus*), klinšu kaulenes (*Rubus saxatilis*), kazes (*Rubus caesius*), melnās cūcenes (*Rubus nessensis*), krokainās cūcenes (*Rubus plicatus*), smaržīgās avenes (*Rubus odoratus*), meža zemenes (*Fragaria vesca*), spradzenes (*Fragaria viridis*), melnās vistenes (*Empetrum nigrum*). Viršiem (*Calluna vulgaris*) un ķērpjiem (*Cladina sp.*, *Cetraria sp.*) vērtēts tikai projektīvais segums. Ja suga ir sastopama uzskaites laukumā, bet augs nav bijis lapotā stāvoklī (novērtēts pavasarī vai rudenī), auga projektīvais segums netika vērtēts. Tāpēc avenu, lāceņu, zemeņu, kazeņu, cūceņu un kaulēņu projektīvais segums novērtēts tikai lapotā stāvoklī.

Vidējais augstums novērtēts kā projektīvā seguma modālais (biežāk sastopamais) augstums. Uz ciņiem augošu ogulāju gadījumā augstums noteikts no ciņa virsotnes. Augstums noteikts ar 0.05 m precizitāti.

Ogulājiem, tos uzmērot, atkarībā no sezonas piefiksēta informācija par ziedu un "ogu" esamību (arī vai ir bijušas "ogas"). Precizējot, iepriekš minētajiem augiem augļi ir gan ogas (mellenēm, zilenēm, brūklenēm, dzērvenēm, miltenēm), gan kaulēni (vistenēm), gan kaulēņu kopaugļi (avenēm, kaulenēm, kazenēm, cūcenēm), gan sulīgie riekstiņu kopaugļi (zemenēm, spradzenēm), savukārt viršiem augļi ir pogaļas. Tekstā vienkāršības dēļ lietots apzīmējums "ogas". "Ogu" vai to pazīmju esamība kodēta grupās (4.1.tabula)

4.1. tabula

#### Grupas ogu esamības vērtējumam

Kods	Grupa	Skaidrojums
1	ir ziedi	konstatēti ziedi vai ziedaizmetņi
2	ir ogas	ir ogas vai ir redzams, ka bijušas ogas šajā sezonā
3	nav ogu	nav nedz ziedaizmetņu, nedz ziedu, nedz ogu un nav pazīmju, kas liecinātu, ka ogas šajā sezonā ir bijušas
99	nav vērtēts	sezonas sākumā pirms ziedaizmetņu veidošanās vai sezonas beigās, kad nobirušas lapas

Datu analīzē par ogulāju ziedēšanu vai ogām iekļauti dati, kuros ir vērtēts sugas segums. MSI laukumos, kur uzmērīšana nav notikusi veģetācijas sezonas laikā, dati ir reprezentatīvi, sniedzot tikai informāciju par konkrētās sugas sastopamību noteiktā meža tipā.

#### 4.1.1.2. Rezultāti

Ogulāju, dekoratīvo materiālu un nektāraugu sastopamības novērtēšanai izmantoti 2022. gada sezonas dati no 1234 MSI parauglaukumiem, kas pēc zemes lietošanas veida atbilst mežam, izcirtumam, vējgāzei vai mežam lauksaimniecības zemēs. Visbiežāk konstatētie ogulāji MSI uzskaites laukumos ir mellenāji – tie sastopami vairāk nekā 1/3 (37%) no apsekotajiem MSI uzskaites laukumiem, brūklenāji novēroti gandrīz tikpat bieži - 33% no 2022. gadā apsekotajiem laukumiem, bet meža avenes sastopamas 18% parauglaukumu. Savukārt zema sastopamība novērota miltenei, cūcenei, kazenei.

Viena gada rezultātos apkopotā informācija par nekoksnes resursiem MSI uzskaites laukumos nesniedz pilnīgu ieskatu par visiem meža tipiem, jo, piemēram, no visiem uzskaites laukumiem Lk un Grs šogad ierīkoti tikai trīs parauglaukumi, bet Gs – neviens. (4.2. tabula). Uzskaites laukumu sadalījums ir proporcionāls meža tipu sadalījumam Latvijā, līdz ar to ik gadu iegūtie rezultāti par katru no meža tipiem atspoguļo katras sugas tendences noteiktā meža tipā, ne absolūtās skaitliskās vērtības.

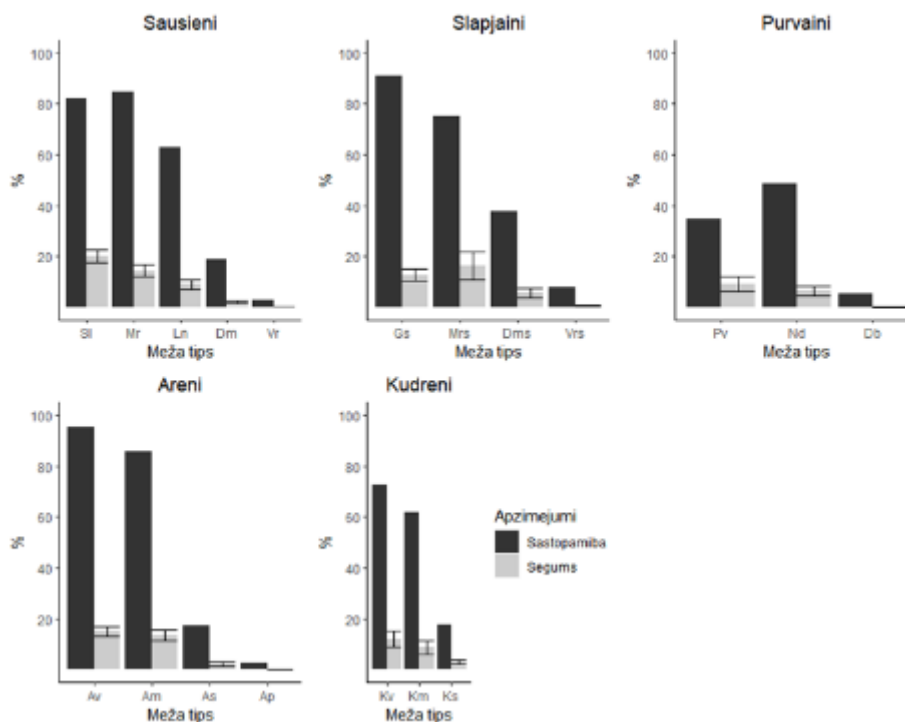


**Parauglaukumu skaits pa meža tipiem un ogulāju sastopamība (procentuālais parauglaukumu skaits meža tipa ietvaros, kurā konstatēti attiecīgie nekoksnes produkti)**

MT	Brūklene	Mellene	Avene	Zilene	Lācene	Dzērvene	Vistene	Miltene	Zemene	Kaulene	Kazene	Cūcene	Virsis	Ķērpji	Parauglaukumu skaits
Sl	80	53,33	0	0	0	0	6,67	0	0	6,67	0	0	66,67	33,33	15
Mr	84,85	51,52	0	9,09	0	0	3,03	3,03	0	0	0	0	54,55	36,36	33
Ln	62,79	74,42	9,30	9,30	0	0	2,33	0	6,98	2,33	0	0	30,23	9,3	43
Dm	18,61	42,42	25,54	0,43	0	0	0	0	22,08	5,63	2,16	0,43	1,73	0,43	231
Vr	2,95	8,12	20,66	0	0	0	0	0	19,93	5,17	1,48	1,48	0	0	271
Gr	0	0	24	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	25
Mrs	75	91,67	0	66,67	0	8,33	0	0	0	0	0	0	16,67	0	12
Dms	37,88	45,45	27,27	1,52	0	0	0	0	9,09	3,03	0	0	6,06	0	66
Vrs	7,84	15,69	15,69	0	0	0	0	0	5,88	1,96	0	0	0	0	51
Grs	0	0	0	0	0	0	0	0	33,33	0	0	0	0	0	3
Pv	34,88	44,19	0	37,21	25,58	67,44	30,23	0	0	0	0	0	53,49	0	43
Nd	48,84	55,81	11,63	9,30	0	18,60	2,33	0	9,30	6,98	0	0	13,95	2,33	43
Db	5,26	15,79	34,21	0	0	0	0	0	2,63	10,53	2,63	0	0	0	38
Lk	0	0	33,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Am	61,90	71,43	9,52	14,29	0	0	0	0	4,76	0	0	0	14,29	0	21
As	17,12	31,51	26,71	0,68	0	0	0	0	8,90	4,11	0	0	2,05	0	146
Ap	2,56	7,69	33,33	0	0	0	0	0	10,26	7,69	0	0	0	0	39
Kv	80	80	0	40	40	40	20	0	0	0	0	0	60	0	5
Km	62,07	68,97	17,24	10,34	3,45	3,45	10,34	0	0	0	6,90	0	10,34	0	29
Ks	17,65	28,24	38,82	0	0	0	0	0	7,06	4,71	3,53	0	1,18	0	85
Kp	0	0	40,63	0	0	0	0	0	3,13	3,13	0	0	0	0	32
<b>Kopā</b>	<b>33,34</b>	<b>37,44</b>	<b>17,52</b>	<b>9,47</b>	<b>3,29</b>	<b>6,56</b>	<b>3,57</b>	<b>0,14</b>	<b>7,40</b>	<b>2,95</b>	<b>0,80</b>	<b>0,09</b>	<b>15,77</b>	<b>3,89</b>	<b>1234</b>

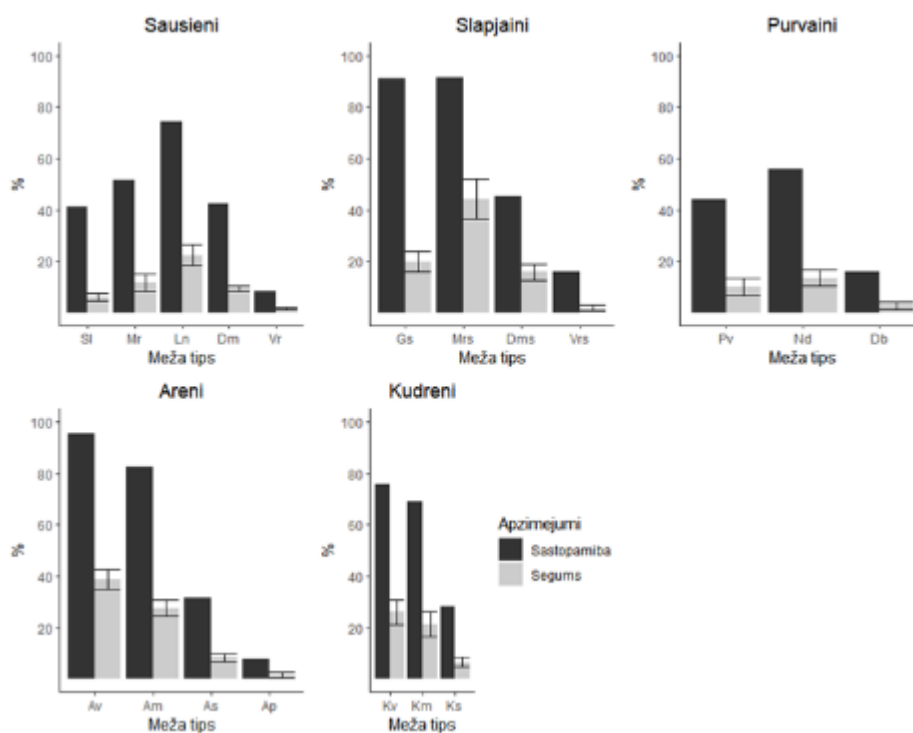
Datu grafiskajam atspoguļojumam par segumu un sastopamību par *Vaccinium* ģints sugām, izmantoti arī dati no 4.1.2. nodaļas.

Brūklenes un mellenes sastopamība konkrētā meža tipā ir saistīta ar sugas ekoloģiju. Brūklenes biežāk sastopamas nabadzīgākos augšanas apstākļos, bet mellenes - auglīgākos. Rezultāti no 2022. gada sezonas par potenciālo brūkleņu sastopamību dažādos meža tipos apstiprina saistību – Mr, Gs, Mrs, Av, Am, Kv un Km vērojama vislielākā sugas sastopamība (>75%) kā arī augstākās projektīvā seguma vērtības (4.2 attēls).



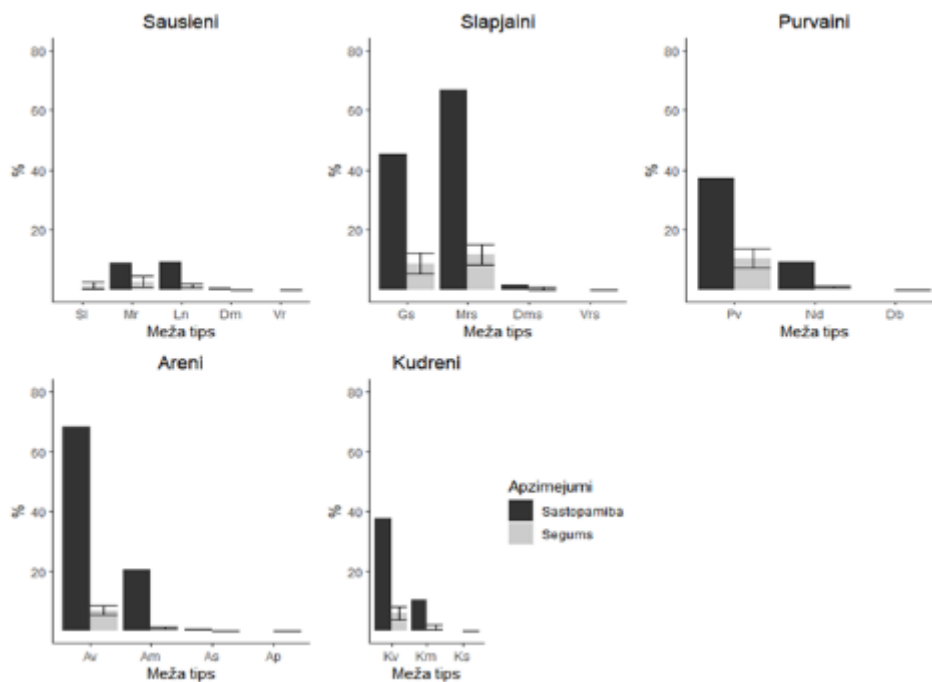
**4.2. attēls. Brūklenes sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos**

Rezultāti no 2022. gada sezonas par potenciālo melleņu sastopamību dažādos meža tipos norāda, ka mellenes visbiežāk konstatētas Ln, Gs, Mrs, Av, Am, Kv un Km, kur sastopamas vairāk nekā 75% no visiem laukumiem, kā arī šajos meža tipos novērotas augstākās projektīvā seguma vērtības (4.3 attēls).



4.3. attēls. Mellenes sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos

Zilenes 2022. gadā apsektajos parauglaukumos konstatētas 9,5% parauglaukumu. Visbiežāk šī suga satopama Mrs un Av meža tipos (>60%), savukārt kopējais vidējais projektīvais segums sugai ir diezgan zems (<20%) (4.4. attēls)



4.4. attēls. Zilenes sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos

#### 4.1.2. Ogulāju projektīvā seguma novērtējums retāk sastopamajos meža tipos

##### 4.1.2.1. Objekti un metodika

Lai iegūtu reprezentatīvus un pilnīgākus datus par ogulāju sastopamību, projektīvo segumu un produktivitāti retāk sastopamajos meža tipos Latvijā, papildus MSI parauglaukumiem 2022. gada septembrī pēc identiskas metodikas ierīkoti 9 m<sup>2</sup> lieli kvadrātveida uzskaites laukumi sekojošos meža tipos: Sl, Gs, Av, Am, Kv (4.3. tabula). Nogabali atlasīti daļēji randamizēti: viena meža tipa parauglaukumi izvietoti blakus vai savstarpēji tuvos nogabalu blokos, kur nogabali pārstāv dažādas vecumgrupas. Katrā no nogabaliem atkarībā no platības izvietoti 3-4 parauglaukumi. Šogad ierīkoti 202 parauglaukumi.

4.3. tabula

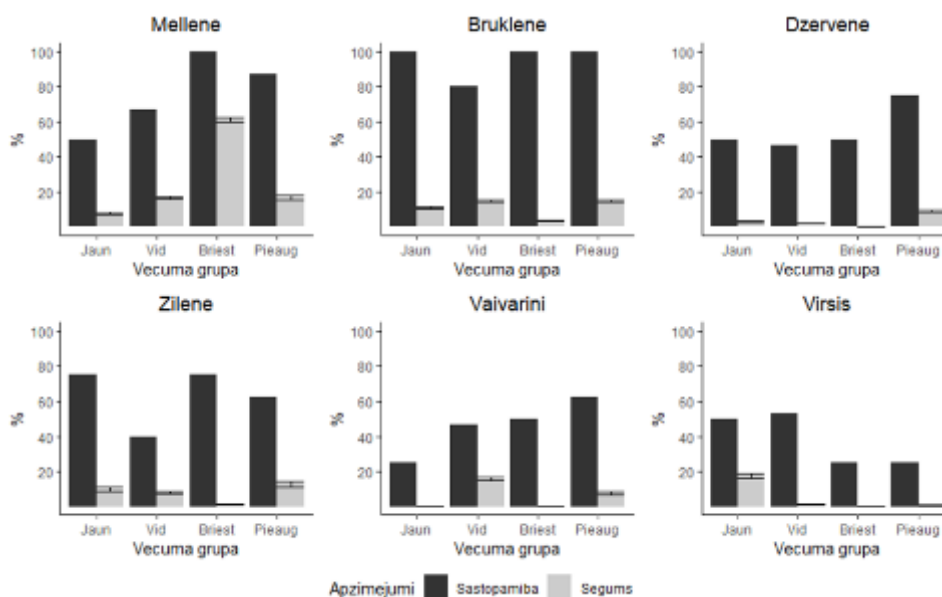
**2022. gadā ierīkotie parauglaukumi retāk sastopamajos meža tipos**

MT	Vecumgrupa	Bonitāte	PL skaits	Kopā
Sl	Jaunaudze	4	9	49
	Vid.vec.audze	3	12	
		2	4	
	Briestaudze	2	12	
	Pieaugusi audze	4	4	
		2	4	
Gs	Pāraugusi audze	4	4	35
	Jaunaudze	5	8	
	Vid.vec.audze	4	8	
		3	7	
	Briestaudze	3	4	
Pāraugusi audze	5	8		
Av	Jaunaudze	4	4	44
		3	4	
	Vid.vec.audze	4	8	
		3	4	
	Briestaudze	1	4	
	Pieaugusi audze	2	8	
		5	4	
Pāraugusi audze	5	4		
Am	Jaunaudze	2	4	42
		3	4	
	Vid.vec.audze	2	4	
		1	8	
	Briestaudze	2	6	
	Pieaugusi audze	2	4	
		1	4	
	Pāraugusi audze	4	4	
2		4		
Kv	Jaunaudze	3	4	32
	Vid.vec.audze	5	4	
		4	12	
	Briestaudze	3	4	
		3	4	
Pieaugusi audze	3	4		

#### 4.1.2.2. Rezultāti

Dati par nekoksnes resursu sastopamību, projektīvo segumu un produktivitāti retāk sastopamajos meža tipos Latvijā tiks izmatoti modelī par ogulāju sastopamību un segumu saistībā ar meža tipu, kokaudzes vecumu, biežības un valdošās sugas ietekmi uz mellenes un brūklenes potenciālo ražu. Spilgts piemērs ir Gs meža tips, kas MSI parauglaukumos ir reti apsekots, līdz ar to datu apjoms līdz šim nav bijis pietiekams, lai varētu veikt statistiskos aprēķinus.

Rezultāti liecina, ka visbiežāk sastopamā ogu suga visās Gs vecumgrupās ir brūklene, bet ar zemām seguma vērtībām (<20). Savukārt mellenes visbiežāk sastopamas Gs briestaudzēs un tur arī ir ar vislielāko projektīvo segumu. Jāatzīmē, ka gandrīz 50% no visiem apsekotajiem Gs bija sastopamas dzērvenes (4.5. attēls).

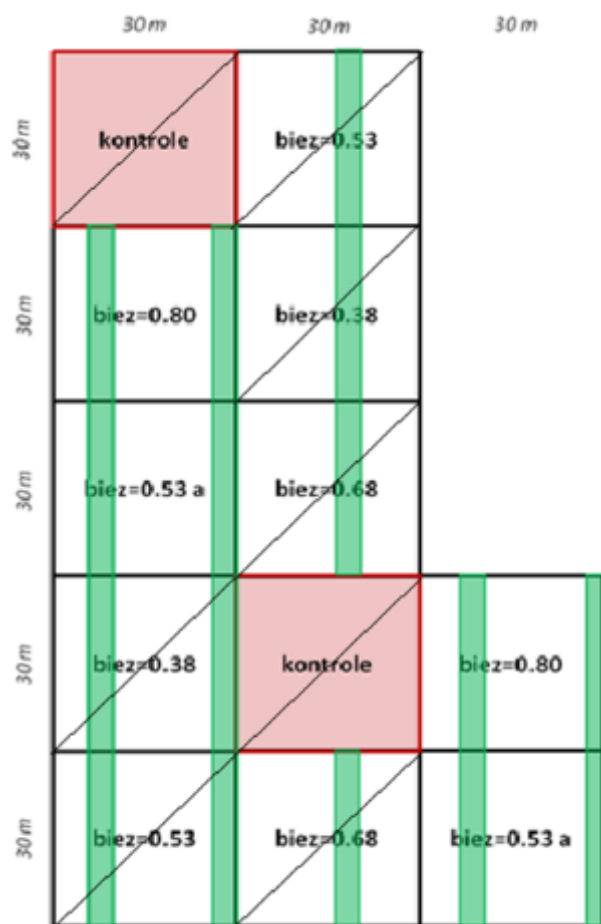


**4.5. attēls. Biežāk sastopamo nekoksnes produktu sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartkļūda Gs meža tipā dažādās vecumgrupās**

#### 4.1.3. Ogu ražas novērtējums kopšanas ciršu parauglaukumos

##### 4.1.3.1. Objekti un metodika

Lai noskaidrotu, kā jaunaudžu un vidēja vecuma audžu dažādas intensitātes kopšana ietekmē nekoksnes resursus, t.i., ogulāju sastopamību, projektīvā seguma un potenciālās bioloģiskās ražas (mellenes, brūklenes) izmaiņu tendences, krājas kopšanas teritorijās kopš 2017. gada oerīkoti parauglaukumi šo jautājumu izpētei. Pētījums atbilst BACI tipa eksperimenta dizainam (*Before-After-Control-Impact*). Tas nozīmē, ka pastāvīgos parauglaukumus ierīko pirms krājas kopšanas cirtes, kuros pēc krājas kopšanas cirtes atstāj noteiktas, konstantas biežības (~0,38, ~0,53, ~0,68 un kontrole) parauglaukumus divos atkārtojumos, līdz ar to nodrošinot iespēju iegūt datus gan ogulāju, gan citu nekoksnes resursu projektīvā seguma, augstuma un ogulāju ogu bioloģiskās ražas izmaiņu noteikšanai pirms un pēc mežsaimnieciskās darbības. Katrā no objektiem dažādas biežības parauglaukumos apsekojumi noris katru gadu, ogu ražas laikā, ierīkojot 42 m garas R – A diagonāles transektes, uz kā vienmērīgi izvietoti 36 uzskaites laukumi (0,25m<sup>2</sup>), kur tiek novērtēts nekoksnes resursu projektīvais segums, vidējais augstums un “ogu” esamība (4.6. attēls un 4.7. attēls).



4.6. attēls. Kopšanas ciršu shēma ar transektām parauglaukumos



4.7. attēls. Krājas kopšanas ciršu parauglaukumi nekoksnes produktu vērtējumam

Katrā no krājas kopšanas ciršu uzskaites laukumiem identiski kā MSI laukumos novērtēti visi nekoksnes resursu projektīvie segumi. 2022. gadā datu analizē iekļautas divas *Vaccinium* ģints sugas – mellenē un brūklene.

Ogulājiem piefiksēta informācija par ziediem un ogām. Savukārt bioloģiskās ražas novērtēšanai brūklenēm un mellenēm uzskaites laukumiņos ( $0,25\text{m}^2$  ar lielāko mētru projektīvo segumu), kur attiecīgajai sugai konstatētas ogas, noteikts ogu skaits (gan gatavas, gan negatavas).

Ogu bioloģiskās ražas noteikšanai nepieciešamais ogu svars iegūts, nolasot visas ogas vismaz piecos uzskaites laukumos ar lielāko mētru projektīvo segumu un 100 gatavās ogas nosverot. Rezultātā katru gadu tiek aprēķināta potenciālā bioloģiskā ogu raža katrā no parauglaukumiem un objektiem. Ja ogu skaits parauglaukumos bijis nepietiekams (viena līdz desmit ogas), tad ogas ievāktas ārpus uzskaites laukumu robežām.

Lai noskaidrotu, vai sākotnēji starp dažādas biežības parauglaukumiem un kontroli nepastāv statistiski būtiskas ogulāju projektīvā seguma atšķirības, izmantots jaukta tipa lineārais modelis, salīdzinot ierīkošanas gada dažādas biežības parauglaukumus atbilstošajam gadam, ogu sugai, meža tipam, vecumgrupai un valdošajai kokaudzes sugai.

Jaukta tipa lineārais modelis izmantots arī, lai savā starpā salīdzinātu sīkrūmu projektīvā seguma izmaiņas starp gadiem konkrētā meža tipā un vecumgrupā, nosakot starpības indeksu. Starpības indekss (pozitīvs vai negatīvs) atspoguļo izmaiņas konkrētajā biežības grupā konkrētajā gadā.

#### 4.1.3.2. Rezultāti

2022. gada vasaras sezonā, jūlijā, pārmērīti 33 krājas kopšanas cirtes objekti (4.4. tabula) ar pastāvīgajiem parauglaukumiem, kas ierīkoti 2017., 2018. un 2019. gadā Ziemeļkurzemes, Vidusdaugavas un Austrumvidzemes mežsaimniecības Sl, Mr, Ln, Dm, Mrs, Am, As, Km, Ks priežu, egļu un bērzu jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs

4.4. tabula

#### 2017., 2018., 2019. gada krājas kopšanas cirtēs ierīkoti un 2022. gadā pārmērītie objekti dažādos meža tipos un vecumgrupās

Nr.p.k.	Kv. Apg.	Kv.	Nog.	MT	Valdošā suga	Vecgrupa	Ierīkošanas gads
1	101	425	13	Mr	Priede	Vid.vec.audze	2017
2	104	391	15	As	Egle	Vid.vec.audze	2017
3	109	212	9	Km	Priede	Vid.vec.audze	2017
4	109	402	7	Ln	Priede	Vid.vec.audze	2017
5	110	74	1	Sl/Ks	Priede	Vid.vec.audze	2017
6	201	473	25	Ln	Priede	Jaunaudze	2017
7	202	198	10	Mrs	Priede	Vid.vec.audze	2017
8	202	415	13	Am/As	Priede	Jaunaudze	2017
9	206	12	9	Dm	Priede	Vid.vec.audze	2017
10	504	40	7	Dm	Priede	Jaunaudze	2017
11	505	92	1	Mr/Mrs	Priede	Vid.vec.audze	2017
12	505	176	13	Mr	Priede	Jaunaudze	2017
13	703	407	7	Sl	Priede	Jaunaudze	2017
14	710	291	22	Mr	Priede	Vid.vec.audze	2017
15	710	291	26	Ln	Priede	Vid.vec.audze	2017
16	711	15	3	As	Egle	Jaunaudze	2017
17	713	209	2	Ln	Priede	Vid.vec.audze	2017
18	103	310	17	Mr	Priede	Jaunaudze	2018
19	105	142	8	Sl	Priede	Vid.vec.audze	2018

Nr.p.k.	Kv. Apg.	Kv.	Nog.	MT	Valdošā suga	Vecgrupa	Ierīkošanas gads
20	105	142	9	Sl	Priede	Vid.vec.audze	2018
21	203	160	7	Sl	Priede	Vid.vec.audze	2018
22	703	276	5	Mr	Priede	Vid.vec.audze	2018
23	703	276	10	Mr	Priede	Vid.vec.audze	2018
24	103	134	1	Sl	Priede	Vid.vec.audze	2019
25	109	45	5	As	Bērzs	Vid.vec.audze	2019
26	201	53	11	Ln	Priede	Jaunaudze	2019
27	208	4	4	As	Egle	Vid.vec.audze	2019
28	501	383	13	Vr	Bērzs	Jaunaudze	2019
29	503	226	3	Ap	Egle	Jaunaudze	2019
30	503	345	1	Vr	Bērzs	Jaunaudze	2019
31	702	106	16	Sl	Priede	Vid.vec.audze	2019
32	703	14	17	Ln	Priede	Jaunaudze	2019
33	707	202	33	As	Bērzs	Vid.vec.audze	2019

Aplūkojot, vai un kā mainās ogulāju mētru sastopamība un produktivitāte audzēs pēc mežizstrādes, pētījumā pēc sestā gada rezultātiem iespējams prognozēt, cik strauji un kā (samazināsies/palielināsies) mainīsies ogulāju projektīvais segums noteiktā meža tipā.

Tā kā metode balstīta uz BACI tipa eksperimenta dizainu, tad sākotnēji ar jaukta tipa lineāro modeli savstarpēji salīdzināti visi vienas vecuma un meža tipu grupas parauglaukumi ar parauglaukumiem, kas paredzēti kontrolei. Salīdzinājums veikts, lai noskaidrotu, vai pastāv statistiski būtiskas ogulāju seguma atšķirības pirms kopšanas. 2017. gadā ierīkotajos objektos pirms kopšanas konstatēta būtiska negatīva brūkleņu seguma atšķirība ( $p < 0,05$ ) starp kontroles laukumiem Ln jaunaudžu grupā un 0,38 ( $p = 0,02$ ), 0,53 ( $p = 0,04$ ), 0,68 ( $p = 0,03$ ) biežības parauglaukumiem, kā arī Ln vidēja vecuma audžu grupā starp kontroles parauglaukumiem un 0,38 ( $p = 0,02$ ) biežības parauglaukumiem. Savukārt 2018. gadā ierīkotajos objektos Mr priežu jaunaudzēs konstatēta statistiski būtiska negatīva atšķirība starp kontrole un 0,38 ( $p = 2,1 \cdot 10^{-6}$ ), 0,53 ( $p = 0,004$ ), un 0,68 ( $p = 1,1 \cdot 10^{-9}$ ) biežības parauglaukumiem. Savukārt salīdzinot 2019. gadā ierīkoto kontroles parauglaukumu brūklenāju segumu vērtības ar dažādu biežību parauglaukumiem (kopšana veikta jau pirms laukumu parauglaukumu uzmērīšanas), secināts, ka starp grupām nepastāv statistiski būtiskas atšķirības.

Salīdzinot mellenāju projektīvā seguma atšķirības, konstatēts, ka pastāv statistiski būtiska atšķirība starp 2017. gadā ierīkotajiem kontroles parauglaukumiem As jaunaudžu grupā ar 0,53 biežības parauglaukumiem ( $p = 0,03$ ), kā arī Km vidēja vecuma audžu grupā starp kontroles parauglaukumiem un 0,68 biežības parauglaukumiem ( $p = 0,04$ ). 2018. gadā ierīkotajos parauglaukumos konstatētas būtiskas kontroles atšķirības Mr jaunaudžu grupā no 0,38 ( $p = 0,007$ ) un 0,53 ( $p = 0,03$ ) biežības parauglaukumiem. 2019. gadā ierīkotajos parauglaukumos starp kontroli un izkoptajiem laukumiem statistiski būtiskas atšķirības pirms kopšanas netika konstatētas ne mellenes, ne brūklenes projektīvajam segumam.

Ar jaukta tipa lineāro modeli vērtēts, vai pastāv statistiski būtiskas projektīvā seguma izmaiņas starp četriem un pieciem gadiem, tas ir, salīdzināts 2017.gads ar 2021. un 2022. gadu. Iegūtie rezultāti liecina, ka brūkleņu projektīvais segums pēc krājas kopšanas cirtes nav samazinājies (gan sastopamība, gan vidējais mētru projektīvais segums), bet gan pretēji – palielinājies (4.5. tabula). Piecus gadus pēc kopšanas cirtēm mainās arī mētru produktivitāte:



mētras ar ogām sastopamas daudz biežāk nekā pirms mežizstrādes. Toties Ln vidēja vecuma kontroles audzē 2021. un 2022. gadā novērojams mētru samazinājums.

Brūklenēm, kas ir gaismas prasīga suga, kontroles biežība konkrētos meža tipos varētu būt limitējošais faktors. Lai gan brūklenes ir ar plašu ekoloģisko diapazonu, optimālie apstākļi to augšanai ir atklātas vietas (purvs vai purvainā meža platības un retas mežaudzes ar vainaga segumu 0,1-0,3), kā arī priežu, egļu, bērzu vai apšu meži, kur vainaga segums variē no 0,4 līdz 0,6 (Timoshok 2000). Mellenājiem piektajā gadā pēc krājas kopšanas cirtes nav konstatētas statistiski būtiskas seguma samazinājums nevienā objektu grupā. Statistiski būtiskas pozitīvas mellenāju seguma izmaiņas novērotas gandrīz visās biežībās sausieņu meža tipos, kur valdošā suga ir priede (4.6. tabula).

Pēdējos divu gadu laikā – 2021. un 2022. gadā – objektos nav konstatētas straujas seguma procentuālo vērtību izmaiņas ne mellenājiem, ne brūklenājiem.

4.5. tabula

**Brūkleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2017. gadā ierīkotajos parauglaukumos. Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas statistiski būtiski atšķiras starp gadiem, pelēkā krāsā - negatīvas ( $p < 0,05$ ), brūnā - pozitīvas izmaiņas mētru produktivitātē.**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes vidējais segums, %			Brūklenes īpatsvars, kur konstatētas ogas/ziedi		
				2017	2021	2022	2017	2021	2022
Priede	Sl	Jaunaudze	0.38	0	0	0			
			0.53	0	0,11	0,09	0	0	0
		kontrole	0.04	0,03	0,01	0	0	0	
		Vid.vec.audze	0.53	6,46	12,53	13,86	14,62	69,62	17,03
		Jaunaudze	0.38	2,85	12,75	12,05	0	23,35	23,28
			0.53	2,31	5,83	6,68	4,24	26,61	18,00
	Mr	Jaunaudze	0.68	0,39	2,21	2,60	0	0	0
			kontrole	3,54	6,49	7,96	2,53	4,37	0
		Vid.vec.audze	0.38	3,97	8,39	8,78	3,04	7,59	4,52
			0.53	3,23	5,28	6,44	2,44	8,97	8,41
		0.68	3,74	6,88	8,04	0	15,53	4,38	
		kontrole	3,15	5,49	5,74	2,86	6,12	2,14	
Ln	Jaunaudze	0.38	0,44	3,95	4,99	0	12,09	1,68	
		0.53	0,59	4,33	3,97	0	0	0	
	0.68	0,53	4,26	4,47	0	2,61	4,68		
	kontrole	1,22	3,54	3,38	0	0	3,52		
	Vid.vec.audze	0.38	5,49	9,42	10,64	16,57	38,36	25,33	
		0.53	3,47	4,71	6,38	1,68	13,4	3,79	
0.68	3,43	3,90	5,03	7,9	11,3	7,04			
kontrole	5,74	3,24	3,98	9,19	1,91	0,93			
Dm	Jaunaudze	0.38	0,29	0,65	0,61	0	0	0	
		0.53	0,37	0,65	0,65	0	6,67	2,22	
		0.68	0,79	0,88	1,40	0	0	0	
		kontrole	1,24	1,95	2,57	0	0	0	

			0.38	1.24	7,81	6.81	0	9.08	0	
		Vid.vec.audze	0.53	0.16	2,11	2.21	0	0	5.32	
			0.68	0.08	1,94	1.69	0	0	2.60	
		kontrole	0.12	1,54	1.22	0	0	0	0	
Mrs	Vid.vec.audze		0.38	0.16	4,43	4.77	0	43.03	12.60	
			0.53	1.4	8,86	10.77	0	49.56	27.98	
			0.68	4.22	4,65	4.76	2.7	0	1.51	
		kontrole	0.15	3,86	3.82	0	10.77	7.89		
Am	Jaunaudze		0.38	7.26	17,92	16.85	5.96	47.85	11.21	
			0.53	3.86	12,24	15.08	0	0	0.92	
			0.68	3.22	6,10	11.08	0	5.47	0	
		kontrole	2.13	2,56	3.01	0	0	0		
As	Jaunaudze		0.68	0.11	0,28	0.44	0	0	0	
		kontrole	0.52	1,79	1.88	0	0	0		
Km	Vid.vec.audze		0.38	1.76	7,27	10.71	7.14	71.8	57.40	
			0.53	1.76	5,00	7.82	8.93	67.05	43.45	
			0.68	3.14	6,86	10.19	0	37.85	36.46	
		kontrole	2.4	8,59	8.83	0	17.99	2.51		
Ks	Vid.vec.audze		0.38	4.03	4,49	5.46	17.23	31.35	6.25	
			0.68	3.08	6,04	5.96	4.51	14.29	0	
		kontrole	7.46	7,97	7.99	13.16	14.76	12.92		
Egle	As	Jaunaudze		0.38	0	0,07	0.10		0	0
				0.53	0	0	0			
				0.68	0	0	0.01			0
			kontrole	0	0	0				
	Vid.vec.audze		0.38	0	0	0				
			0.53	0.08	0,13	0.38	0	0	0	
			0.68	0	0,44	0.03		0	0	
		kontrole	0.15	0,37	0.34	0	0	0		

4.6. tabula

**Melleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2017. gadā ierīkotajos parauglaukumos. Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas statistiski būtiski atšķiras starp gadiem, pelēkā krāsā - negatīvas ( $p < 0,05$ ), brūnā - pozitīvas izmaiņas mēru produktivitātē**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Mellenes vidējais segums, %			Mellenes īpatsvars, kur konstatētas ogas/ziedi			
				2017	2021	2022	2017	2021	2022	
Priede	Sl	Jaunaudze	0.38	0	0.01	0.12		0	0	
			0.53	0.01	0.05	0.04	0	0	0	
		kontrole	0.02	0.03	0.90	0	0	0		
		Vid.vec.audze	0.53	3.10	3.21	0.76	65.32	76,79	69.48	
	Mr	Jaunaudze		0.38	0	0.03	0.06		0	0
				0.53	0	0.19	0.34	0	36,36	61.22
				0.68	0.09	0.27	0.44	0	15,05	96.67
			kontrole	0.11	0.84	1.65	0	26,19	47.03	

	Vid.vec.audze	0.38	14.73	17.96	22.17	71.38	82,20	93.74	
		0.53	13.37	16.80	19.14	77.33	84,60	89.95	
		0.68	9.27	12.02	15.86	67.27	79,41	91.43	
		kontrolē	11.50	15.26	19.73	57.11	69,32	83.02	
	Ln	Jaunaudze	0.38	0.94	3.32	6.22	8.81	35,05	42.19
			0.53	0.94	3.95	8.30	0	41,29	72.95
			0.68	2.61	7.47	13.59	0	30,14	79.04
			kontrolē	3.47	6.19	9.74	1.63	33,69	46.32
		Vid.vec.audze	0.38	10.33	16.55	24.98	29.31	63,26	92.01
			0.53	11.78	16.56	23.83	65.17	74,04	84.79
			0.68	19.73	22.27	24.97	60.52	73,91	76.76
			kontrolē	8.71	11.98	17.46	54.83	54,26	66.95
	Dm	Jaunaudze	0.38	6.94	11.47	17.81	13.22	45,44	74.85
			0.53	14.75	18.28	20.89	25.44	56,03	76.91
			0.68	6.52	10.84	13.47	23.43	57,00	72.07
			kontrolē	11.22	12.39	16.32	15.87	42,20	70.93
		Vid.vec.audze	0.38	7.86	22.77	39.44	47.35	73,38	96.57
			0.53	8.90	24.99	46.03	11.47	52,18	98.83
			0.68	6.47	21.39	40.22	15.07	54,24	92.64
			kontrolē	7.81	17.26	26.45	3.50	26,97	50.18
	Mrs	Vid.vec.audze	0.38	10.58	18.71	26.15	77.05	86,40	86.89
			0.53	11.00	11.03	16.31	81.56	71,46	86.07
			0.68	8.75	26.76	31.57	69.54	89,83	94.08
			kontrolē	22.91	20.28	22.35	91.94	73,52	88.69
	Am	Jaunaudze	0.38	5.25	8.38	18.59	86.72	80,69	87.69
			0.53	2.56	7.02	12.15	70.02	76,97	91.86
			0.68	8.03	12.57	22.83	71.71	77,50	93.92
			kontrolē	6.74	10.99	11.39	69.28	63,17	73.54
As	Jaunaudze	0.68	1.60	2.67	2	0	0	28	
		kontrolē	0.56	1.47	3.36	49.38	24,69	8.26	
Km	Vid.vec.audze	0.38	6.59	5.77	6.57	55.60	71,08	85.40	
		0.53	5.82	5.86	8.26	80.65	81,28	90.84	
		0.68	5.51	5.84	7.13	50.83	65,70	94.98	
		kontrolē	11.31	11.63	12.04	85.41	86,70	85.54	
Ks	Vid.vec.audze	0.38	2.59	2.87	4.31	66.41	61,26	49.43	
		0.68	3.24	4.00	6.22	61.80	72,30	91.52	
		kontrolē	1.48	1.98	2.41	43.39	41,23	38.62	
Egle	As	Jaunaudze	0.38	0.08	0.27	0.80	0	30.30	0
			0.53	0.09	0.17	0.22	0	0	0
			0.68	0	0	0			
			kontrolē	0.03	0.05	0.11	0	0	0
	Vid.vec.audze	0.38	0.66	2.61	4.45	16.93	8.47	24.07	
		0.53	1.07	2.96	6.94	11.11	12.05	39.02	
		0.68	0.01	0.06	0.14	0	0	0	
		kontrolē	4.65	7.18	4.81	34.38	21.48	10.64	

Objektiem, kas ierīkoti 2018. gadā, brūkleņu projektīvais segums četrus gadus laikā pēc kopšanas circes ir būtiski palielinājies (izņēmums – Mr jaunaudzes kontrole un Sl parauglaukumi ar biežību 0,38, kur izmaiņas nav statistiski būtiskas) (4.7. tabula). Savukārt melleņu segums statistiski būtiski palielinājies Sl un Mr jaunaudzē visu biežību parauglaukumos (4.8. tabula).

Neatkarīgi no tā, cik gadi pagājuši kopš krājas kopšanas cirtes un nesaistīti ar parauglaukumu ierīkošanas kalendāro gadu, 2022. gadā novērojams lielāks īpatsvars ar tādiem mellenājiem un brūklenājiem, kur sastopamas ogas.

4.7. tabula

**Brūkleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2018. gadā ierīkotajos parauglaukumos. Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas statistiski būtiski atšķiras starp gadiem, pelēkā krāsā- negatīvas ( $p<0,05$ ), brūnā - pozitīvas izmaiņas mētru produktivitātē.**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes vid. projektīvais segums, %			Brūklenes īpatsvars, kur konstatētas ogas/ziedi		
				2018	2021	2022	2018	2021	2022
Priede	Sl	Vid.vec.audze	0.38	5.52	7.48	6.06	21.8	48.74	17.40
			0.53	8.84	11.93	15.80	20.92	63.48	51.76
			0.68	2.63	3.95	6.02	0	17.2	8.4
			kontrolē	7.19	10.52	11.94	15.18	34.23	24.51
	Mr	Jaunaudze	0.38	2.03	10.08	10.38	0	68.88	53.87
			0.53	3.8	12.7	12.31	0	68.20	48.96
			0.68	0.88	5.69	5.86	0	25.75	11.31
			kontrolē	5.65	11.12	9.74	2.95	66.26	32.06
		Vid.vec.audze	0.38	10.55	18.68	19.22	13.55	39.68	43.73
			0.53	6.95	12.31	13.00	1.38	15.44	16.39
			kontrolē	10.7	13.98	14	2.56	9.74	10.36

4.8. tabula

**Melleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2018. gadā ierīkotajos parauglaukumos. Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas statistiski būtiski atšķiras starp gadiem, pelēkā krāsā- negatīvas ( $p<0,05$ ), brūnā - pozitīvas izmaiņas mētru produktivitātē.**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Mellenes vid. projektīvais segums, %			Mellenes īpatsvars, kur konstatētas ogas/ziedi		
				2018	2021	2022	2018	2021	2022
Priede	Sl	Vid.vec.audze	0.38	4.49	6.67	3.87	73.76	63.93	32.77
			0.53	5.91	5.65	7.13	65.25	81.24	87.94
			0.68	3.54	4.26	3.10	18.67	80.39	44.88
			kontrolē	3.46	7.02	6.25	54.2	56.96	64.59
	Mr	Jaunaudze	0.38	0.03	0.28	0.15	0	26.67	0
			0.53	0.38	0.97	0.85	0	69.43	8.91
			0.68	0.42	2.54	2.57	0	55.52	33.74
			kontrolē	1.08	3.87	4.01	0	91.18	61.41
		Vid.vec.audze	0.38	2.12	3.55	3.67	43.09	67.40	70.15
			0.53	5.11	9.66	10.29	51.28	77.82	84.96
			kontrolē	2.97	6.33	5.95	67.18	86.34	78.47

Ar jaukta tipa lineāro modeli savā starpā salīdzinot brūkleņu projektīvo segumu indeksus starp 2019. gadu un 2021. un 2022. gadu, statistiski būtisks pozitīvs starpības indekss trīs gadus pēc kopšanas konstatēts priežu audzēs: Sl ar biežību 0,38 un 0,53, kā arī Ln jaunaudžu parauglaukumos, izņemot kontroli. Parauglaukumos, kas ierīkoti egļu audzēs, pozitīvas statistiski būtiskas izmaiņas novērotas tikai sasitībā ar brūklenāju produktivitāti. (4.9. tabula).

4. 9. tabula

**Brūkleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2019. gadā ierīkotajos parauglaukumos. Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas statistiski būtiski atšķiras starp gadiem, pelēkā krāsā- negatīvas ( $p < 0,05$ ), brūnā - pozitīvas izmaiņas mētru produktivitātē.**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes vid. projektīvais segums, %			Brūklenes īpatsvars, kur konstatētas ogas/ziedi		
				2019	2021	2022	2019	2021	2022
Priede	Sl	Vid.vec.audze	0.38	3.05	4.49	4.79	8.14	48.51	31.61
			0.53	5.06	6.44	6.80	12.09	34.88	30.08
			kontrolē	5.45	4.59	4.30	36.7	36.72	23.16
	Ln	Jaunaudze	0.38	0.22	0.92	0.97	0	49.44	3
			0.53	0.8	1.78	2.58	3.44	31.66	25.16
			0.68	0.86	2.37	3.04	0	28.75	4.09
kontrolē	0.14	0.29	0.36	0	0	0			
Egle	As	Vid.vec.audze	0.38	0.26	0.51	0.98	0	0	0
			0.53	0.32	0.35	0.60	0	0	0
			0.68	0.27	0.33	0.38	0	0	0
			kontrolē	0.42	0.5	0.65	0	0	0
	Ap	Jaunaudze	0.38	0	0	0.78			0
			0.53	0	0	0			
			0.68	0	0	0			
kontrolē	0	0	0						
Bērzs	Vr	Jaunaudze	0.38	0.15	0.10	0.31	0	0	0
			0.53	0.13	0.40	0.56	0	0	0
			0.68	0.09	0.38	0.39	0	0	0
			kontrolē	0.07	0.03	0.03	0	0	0
	As	Vid.vec.audze	0.38	0	0	0			
			0.53	0.41	0.48	0.58	0	9.84	0
			0.68	0.42	0.53	0.67	0	9.21	0
kontrolē	0.07	0.08	0.10	0	0	0			

Melleņu projektīvā seguma statistiski būtisks palielinājums vērojams gandrīz visos meža tipos dažādās biežībās (4.10. tabula), turklāt ir palielinājies arī meža tipu skaits, kur novēroti mellenāji ar ogām.

Jāatzīmē, ka 2022. gadā, neatkarīgi no parauglaukumu ierīkošanas kalendārā gada, ogulāju īpatsvars, kur novērotas ogas, bija visaugstākais.

4.10. tabula

**Melleņu projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes 2019. gadā ierīkotajos parauglaukumos. Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas statistiski būtiski atšķiras starp gadiem, pelēkā krāsā - negatīvas ( $p < 0,05$ ), brūnā - pozitīvas izmaiņas mēru produktivitātē**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Mellenes vid. projektīvais segums, %			Mellenes īpatsvars, kur konstatētas ogas/ziedi		
				2019	2021	2022	2019	2021	2022
Priede	Sl	Vid.vec.audze	0.38	0.28	0.90	0.72	0	84.52	74.41
			0.53	0.21	0.42	0.42	0	43.58	39.20
			kontrolē	0.02	0.09	0.13	0	56	0
	Ln	Jaunaudze	0.38	4.89	9.09	11.14	10.99	59.66	39.65
			0.53	4.19	7.07	7.83	27.89	83.48	87.30
			0.68	3.24	8.72	10.38	31.22	69.12	79.47
	kontrolē	2.99	5.21	4.96	20.24	52.90	26.18		
Egle	As	Vid.vec.audze	0.38	3.99	6.02	8.83	0	24.24	47.57
			0.53	2.56	7.86	10.51	0	21.90	55.56
			0.68	10.99	9.82	11.34	0	54.57	70.41
			kontrolē	5.12	4.31	5.58	2.75	35.91	23.82
	Ap	Jaunaudze	0.38	0	0.21	0.33		0	0
			0.53	0.13	0.39	0.74	0	0	11.32
			0.68	0.09	0.25	0.47	0	0	0
			kontrolē	0.24	0.41	0.56	0	0	0
Bērzs	Vr	Jaunaudze	0.38	0.37	1.40	2.01	0	2.99	0
			0.53	0.79	1.90	1.98	0	0	0
			0.68	0.41	4.99	4.69	0	0.35	0
			kontrolē	1.67	2.09	2.65	0	0	0
	As	Vid.vec.audze	0.38	0.17	0.32	0.40	0	0	0
			0.53	2.12	1.91	4	0	18.31	37.04
			0.68	1.19	1.81	2	0	21.82	29.27
			kontrolē	1.05	1.47	1.57	0	11.30	34.09

Pašlaik iegūtie rezultāti par dažādas intensitātes kopšanas ietekmi uz brūkleņu un melleņu projektīvo segumu un ražu ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) attiecināmi uz ietekmi, kas vērojama četrus līdz sešus gadus pēc mežizstrādes.

Krājas kopšanas ciršu parauglaukumos iegūti rezultāti par sešu gadu potenciālo brūkleņu (4.11. tabula) un melleņu (4.12. tabula) ogu ražu  $\text{kg ha}^{-1}$  dažādos meža tipos un dažādās vecumgrupās pie 100% projektīvā seguma. Pirmajos gados pēc krājas kopšanas cirtes nav novērots straujš potenciālās ogu ražas kritums vai kāpums (ogu raža vērtēta gan ietekmētajos, gan kontroles laukumos), bet 2020. gadā gan brūklenēm, gan mellenēm ražas apjoms ir palielinājies vairākas reizes (piemēram, brūklenēm Sl vidēja vecuma audzē). Salīdzinot 2022. gada iegūtos potenciālās ražas datus ar iepriekšējo gadu datiem par potenciālo ražu, redzams, ka mellenēm, līdzīgi kā brūklenēm, šī/iepriekšējā gada klimatiskie faktori šogad nav bijuši labvēlīgi lielai ogu ražai. Piemēram, vidēja vecuma Ln melleņu potenciālā ogu raža 2020. gadā sasniedza  $298,2 \pm 61,8 \text{ kg ha}^{-1}$ , 2021. gadā  $28,62 \pm 7 \text{ kg ha}^{-1}$ , bet šogad tikai  $57,70 \pm 15,11 \text{ kg ha}^{-1}$ . Pēdējos divus gadus augstākās vērtības melleņu potenciālajai ražai novērojamas vidēja vecuma Dm audzēs.

Brūkleņu potenciālā ogu raža kg ha<sup>-1</sup> no 2017. līdz 2022. gadam dažādos meža tipos un vecumgrupās. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg ha <sup>-1</sup>											
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE	2022	SE
Priede	Sl	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
		Vid.vec.audze	8.55	8.55	18.16	6.87	24.16	9.89	<b>135.67</b>	47.63	0.98	0.29	<b>10.88</b>	3.11
	Mr	Jaunaudze	1.16	0.64	1.47	0.45	4.8	2.19	30.63	7.59	1.01	0.4	5.40	2.16
		Vid.vec.audze	2.11	0.51	4.18	2.28	17.19	5.95	45.79	13.54	0.41	0.14	2.82	0.69
	Ln	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		1.62	0.5	21.92	17.21	0.24	0.12	4.42	3.81
		Vid.vec.audze	<b>16.67</b>	7.15	<b>23.84</b>	16.33	<b>46.69</b>	26.47	41.37	18.51	0.36	0.19	3.14	1.54
	Dm	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		0.56	0.3	1.06	1.06	nav ogu			
		Vid.vec.audze	nav ogu		nav ogu		3.59	2.56	4.61	2.29	0.11		0.17	0.06
	Mrs	Vid.vec.audze	2.11	0.65	0.3	0.3	2.72	0.9	15.88	5.81	0.46	0.14	3.25	1.18
	Am	Jaunaudze	0.52	0.52	2.35	1.26	20.92	8.15	18.53	8.32	0.29	0.15	0.37	0.14
	As	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu			
Km	Vid.vec.audze	1.64	0.35	4.88	2.7	3.24	1.56	32.81	9.42	<b>1.03</b>	0.25	8.63	2.98	
Ks	Vid.vec.audze	3.69	1.35	4.65	4.65	7.51	3.78	20.53	13.04	0.11	0.03	0.92	0.47	
Egle	As	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
		Vid.vec.audze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
	Ap	Jaunaudze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
Bērzs	Vr	Jaunaudze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
	As	Vid.vec.audze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		1.48	0.15	0.09	0.07		

Melleņu potenciālā ogu raža kg·ha<sup>-1</sup> no 2017. līdz 2022. gadam dažādos meža tipos un vecumgrupās. SE-standartklūda.

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha											
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE	2022	SE
Priede	Sl	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
		Vid.vec.audze	11.77	11.77	<b>172.47</b>	137.92	8.89	2.32	85.42	13.71	14.04	3.19	36.02	10.37
	Mr	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		1.31	0.96	7.69	2.78	2.49	0.73	1.84	0.65
		Vid.vec.audze	24.79	4.35	34.08	10.75	25.83	4.74	141.05	25.86	23.17	4.35	31.99	5.26
	Ln	Jaunaudze	0.93	0.56	nav ogu		8.63	2.87	73.83	26.37	18.78	5.88	12.74	4.99
		Vid.vec.audze	20.5	9.22	18.97	5.16	29.34	4.48	<b>298.27</b>	61.83	28.62	7	57.70	15.11
	Dm	Jaunaudze	3.62	1.08	2.13	1.28	4.24	1.55	37.42	10.02	10.29	10.29	13.80	
		Vid.vec.audze	2.84	1.02	42.17	18.06	61.92	18.94	261	57.45	<b>91.21</b>	91.21	<b>77.58</b>	15.33
	Mrs	Vid.vec.audze	<b>33.16</b>	7.63	54.71	16.4	<b>173.78</b>	52.59	217.03	62.32	29.07	7.3	54.26	15.26
	Am	Jaunaudze	12.23	2.92	5.62	1.74	30.3	4.8	37	4.79	11.22	3.2	21.66	3.84
	As	Jaunaudze	0.88	0.88	nav ogu		4.53	4.16	2.8	1.39	nav ogu		0.13	
Km	Vid.vec.audze	27.19	8.35	41.63	7.08	19.13	8.33	85.44	22.04	46.46	18.48	45.16	7.92	
Ks	Vid.vec.audze	10.05	6.62	7.73	3	8.58	2.36	38.35	12.63	8.96	4	12.27	4.47	
Egle	As	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		0.17	0.17	nav ogu	
		Vid.vec.audze	1.42	0.91	nav ogu		0.49	0.14	1.76	0.54	1.34	0.29	3.63	1
Bērzs	Ap	Jaunaudze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		nav ogu		nav ogu		0.18	
	Vr	Jaunaudze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		1.39		0.19	0.19	nav ogu	
	As	Vid.vec.audze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		6.63		2.76	1.34	9.17	4.73



Sākotnējie monitoringa rezultāti (sešu gadu dati) liecina, ka projektīvais segums ogulājiem statistiski būtiski palielinās pēc krājas kopšanas cirtes, bet ogu raža, kas ir primāri atkarīga no klimatiskajiem faktoriem, variē no gada uz gadu. Vienu no skaidrojumiem esošajiem rezultātiem varētu būt arī ogu intensīva nolasīšana no vieniem un tiem pašiem parauglaukumiem pat sešus gadus pēc kārtas. Somijā veikta pētījuma rezultāti liecina, ka intensīva ogu nolasīšana trīs gadu laikā vienā un tajā pašā vietā nevis negatīvi ietekmē ogulāju segumu un produktivitāti, bet gan veicina pretēju efektu – palielina segumu un ogu ražu (Manninen, Peltola, 2019). Tas varētu izskaidrot arī rezultātus kopšanas laukumos, kur ik gadu palielinās parauglaukumu skaits, kur konstatētas ogas vai ziedi. Ogošana, kas ir sava veida traucējums, iespējams, pat paātrinājusi melleņu ramentu atjaunošanās procesu. Gan somu pētnieku, gan mūsu rezultāti norāda uz to, ka intensīva ogošana vienā un tajā pašā vietā negatīvi neietekmē potenciālo ogu ražu.

#### 4.1.4. Meteoroloģisko faktoru ietekmes uz ogu ražu novērtējuma modeļa izstrāde

##### 4.1.4.1. Melleņu un brūkleņu ziedēšana

Melleņu ziedpumpuru aizmešanās notiek jūnijā. Septembrī notiek ziedpumpuru nobriešana (dormancy). Augi zied nākamā gada maijā, jūnijā. Ogas nogatavojas jūlija beigās, augustā.

Brūkleņu ziedpumpuru aizmešanās sākas jūnija vidū, jūlija sākumā un var turpināties līdz pat veģetācijas perioda beigām. Ziedēšana sākas nākamā gada maija beigās vai jūnija sākumā un ilgst līdz pat jūnija beigām. Ogas nogatavojas augustā, septembrī. Dažkārt uz augiem vienā ziedkopā vienlaicīgi ir sastopami gan ziedi, gan gatavas ogas.

##### 4.1.4.2. Materiāls un metodika

No 2017.-2021.g. sezonā apsekoto meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumu datu kopas atlasīti tie parauglaukumi, kuros meža (kods 10) un izcirtumu (kods 14) platība lielāka par 250m<sup>2</sup> un kuros ogulāju projektīvā seguma novērtējumā konstatētas melleņu un / vai brūkleņu mētras vismaz 20%. No šīs paraugkopas atlasīti parauglaukumi, kuri apsekoti jūnijā vai vēlāk. Ja mētrām konstatēti ziedi, ogas (kods 1), tad tās uzskatītas par sekmīgām, pretējā gadījumā tās vērtētas kā nesekmīgas (kods 0).

Potenciālie meteoroloģiskie faktori, kas var ietekmēt ogu ražotspēju, pēc literatūras datiem (Selas et al., 2015) ir: iepriekšējās sezonas (sezona pirms ražas novērtējuma gada) vidējā gaisa temperatūra augustā un septembrī, novērtējuma gada minimālā temperatūra maijā, maksimālā temperatūra jūnijā. Papildus šiem rādītājiem pārbaudīti: vidējais augsnes mitruma anomālijas indekss iepriekšējās sezonas augustā, un novērtējuma sezonas maijā, jūnijā.

Vidējās, maksimālās un minimālās gaisa temperatūras aprēķinātas, balstoties uz vienotā pētniecības centra agrometeoroloģisko datu kopu<sup>3</sup>. Datu kopa sevī ietver aprēķinātās meteoroloģisko datu vērtības 25x25km tīklā visai Eiropas Savienībai. No datu bāzes lejuplādēta Latvijas teritorijai atbilstošo punktu kopa laika periodam no 2016.g.1. janvāra līdz 2021.g. 31.decembrim. No augstāk minētajiem ikdienas datiem aprēķināti mēnešu vidējie / maksimālie un minimālie rādītāji. Papildus tam maija mēneša vidējās gaisa temperatūras sadalītas bināri – 1, ja kaut vienu dienu temperatūra ir bijusi zemāka par 0, 0 – ja sala/salnu nav bijis.

---

<sup>3</sup> [Agri4Cast Data \(europa.eu\)](http://Agri4Cast Data (europa.eu))

Augsnes mitruma anomālijas indekss (soil moisture anomaly index (SMAI))<sup>4</sup>. Augsnes mitruma anomālijas indekss<sup>5</sup> ir tekošās dekādes (10 dienu) augsnes mitruma indeksa standartnovirze salīdzinājumā ar ilggadējo vidējo atbilstošā perioda mitruma indeksu. No datu bāzes lejuplādēti 2016.g. -2021.g. dati. Mēneša SMAI vērtība aprēķināta kā vidējā no kalendārā mēneša 3 dekāžu vērtībām.

Datu analīzē izmantota binārā loģistiskā regresija, backward stepwise (LR). Aprēķini veikti SPSS 22.

### Mellenes

```
LOGISTIC REGRESSION VARIABLES mell_ir_ziedi
  /METHOD=BSTEP(LR) SMA_yr1AUG SMA_YR_MAY SMA_YR_JUN TmaxJUN TmeanYR1SEP
TmeanYR1AUG TminMAY T_min_MAYbin
  /CONTRAST (T_min_MAYbin)=Indicator
  /CRITERIA=PIN(0.05) POUT(0.10) ITERATE(20) CUT(0.5) .
```

### Brūklenes

```
LOGISTIC REGRESSION VARIABLES brukl_ir_ziedi
  /METHOD=BSTEP(LR) SMA_yr1AUG SMA_YR_MAY SMA_YR_JUN TmaxJUN TmeanYR1SEP
TmeanYR1AUG TminMAY T_min_MAYbin
  /CONTRAST (T_min_MAYbin)=Indicator
  /CRITERIA=PIN(0.05) POUT(0.10) ITERATE(20) CUT(0.5) .
```

#### 4.1.4.3. Rezultāti

### Mellenes

Binārās loģistiskās regresijas vienādojums izskaidro 37% no datu izkliedes (Nagelkerke's  $R^2$  ir 0,366). Kā statistiski būtiski rādītāji ir iepriekšējās sezonas augusta vidējā augsnes mitruma anomālijas indekss (SMA\_yr1AUG), novērtējuma sezonas maija un jūnija augsnes mitruma anomālijas indekss (SMA\_YR\_MAY, SMA\_JUN), maksimālā gaisa temperatūra jūnijā (Tmax JUN), minimālā gaisa temperatūra maijā, un negatīvas gaisa temperatūras maijā (Tmin MAY bin). Nozīmīgākie rādītāji ir negatīvu gaisa temperatūru neesamība maijā – ja maijā nav bijušas negatīvas gaisa temperatūras, tad ogu ražas iespējamība ir 9 reizes lielāka nekā salnas gadījumā. Savukārt relatīvi sausāks jūnijs paaugstina iespējamību, ka būs ogas. Iepriekšējā gada augusta un septembra vidējās temperatūras, t.i., laikā, kad notiek ziedpumpuru aizmešanās, nav statistiski būtiski saistīt ar tekošā gada mētru ogu ražotspēju. No 684 analizētajiem parauglaukumiem vienādojums pareizi ir klasificējis 74,9% parauglaukumu, t.sk. 67,3% ar ziediem un ogām un 80%, kuros ziedi/ogas nav konstatētas (4.13.-4.15.tabula).

<sup>4</sup> European Centre for Medium-Range Weather Forecast, ECMWF; European Flood Awareness System, EFAS; European and Global Drought Observatories, EDO (2021): EDO Soil Moisture Anomaly (SMA) (version 2.1.1). European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset]  
PID: <http://data.europa.eu/89h/882501f9-b783-4b6e-8aca-1875a7c0b372>

<sup>5</sup> [Agri4Cast Data \(europa.eu\)](http://agri4cast.eu)

**Modeļa kopsavilkums mellenei**

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	727.486 <sup>a</sup>	.276	.368
3	728.600 <sup>a</sup>	.275	.366

a. Estimation terminated at iteration number 5 because parameter estimates changed by less than .001.

**Vienādojuma mainīgie lielumi mellenei**

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>						
SMA_yr1AUG	.387	.109	12.566	1	.000	1.472
SMA_YR_MAY	-.424	.129	10.779	1	.001	.654
SMA_YR_JUN	.710	.167	18.077	1	.000	2.034
TmaxJUN	-.036	.043	.730	1	.393	.964
TmeanYR1SEP	.163	.167	.944	1	.331	1.176
TmeanYR1AUG	-.119	.167	.510	1	.475	.888
TminMAY	-.428	.075	32.303	1	.000	.652
T_min_MAYbin(1)	2.157	.380	32.221	1	.000	8.645
Step 3 <sup>a</sup>						
SMA_yr1AUG	.415	.104	15.805	1	.000	1.514
SMA_YR_MAY	-.439	.127	11.975	1	.001	.645
SMA_YR_JUN	.692	.154	20.284	1	.000	1.998
TmaxJUN	-.033	.008	18.137	1	.000	.968
TminMAY	-.441	.071	38.449	1	.000	.643
T_min_MAYbin(1)	2.201	.349	39.774	1	.000	9.030

a. Variable(s) entered on step 1: SMA\_yr1AUG, SMA\_YR\_MAY, SMA\_YR\_JUN, TmaxJUN, TmeanYR1SEP, TmeanYR1AUG, TminMAY, T\_min\_MAYbin.

**Klasifikācijas rezultāts mellenei**

	Observed	Predicted			
		mell_ir_ziedi		Percentage Correct	
		0	1		
Step 1	mell_ir_ziedi	0	314	76	80.5
		1	94	200	68.0
	Overall Percentage				75.1
Step 3	mell_ir_ziedi	0	314	76	80.5
		1	96	198	67.3
	Overall Percentage				74.9

a. The cut value is .500

N=684

## Brūklenes

Binārās loģistiskās regresijas vienādojums izskaidro 33% no datu izkliedes (Nagelkerke's  $R^2$  ir 0,329). Kā statistiski būtiski rādītāji ir iepriekšējās sezonas augusta vidējā augsnes mitruma anomālijas indekss (SMA\_yr1AUG), novērtējuma sezonas maija un jūnija augsnes mitruma anomālijas indekss (SMA\_YR\_MAY, SMA\_JUN), maksimālā gaisa temperatūra jūnijā (Tmax JUN), minimālā gaisa temperatūra maijā, un negatīvas gaisa temperatūras maijā (Tmin MAY bin). Nozīmīgākie rādītāji ir negatīvu gaisa temperatūru neesamība maijā – ja maijā nav bijušas negatīvas gaisa temperatūras, tad ogu ražas iespējamība ir 6 reizes lielāka nekā salnas gadījumā. Savukārt relatīvi mitrāka augsne jūnijā paaugstina iespējamību, ka būs ogas ziedpumpuru aizmešanās laikā jūnija vidū, jūlijā. Atšķirībā no mellenēm, kurām būtisks faktors ogu veidošanai bija iepriekšējā gada augusta vidējā temperatūra, brūklenēm šāda sakarība netika konstatēta. No 295 analizētajiem parauglaukumiem, vienādojums pareizi ir klasificējis 74,9% parauglaukumu, t.sk. 65,5% ar ziediem un ogām un 83,3%, kuros ziedi/ogas nav konstatētas (4.16.-4.18. tabula).

4.16. tabula

### Modeļa kopsavilkums brūklenei

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	324.307 <sup>a</sup>	.249	.333
3	325.229 <sup>a</sup>	.247	.329

a. Estimation terminated at iteration number 5 because parameter estimates changed by less than .001.

4.17. tabula

### Vienādojuma mainīgie lielumi brūklenei

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>						
SMA_yr1AUG	.452	.152	8.818	1	.003	1.571
SMA_YR_MAY	-.110	.160	.474	1	.491	.895
SMA_YR_JUN	.365	.184	3.960	1	.047	1.441
TmaxJUN	-.191	.069	7.778	1	.005	.826
TmeanYR1SEP	-.175	.266	.434	1	.510	.839
TmeanYR1AUG	.430	.275	2.444	1	.118	1.537
TminMAY	-.583	.122	23.014	1	.000	.558
T_min_MAYbin(1)	1.716	.556	9.536	1	.002	5.565
Step 3 <sup>a</sup>						
SMA_yr1AUG	.408	.143	8.198	1	.004	1.504
SMA_YR_JUN	.343	.135	6.432	1	.011	1.410
TmaxJUN	-.180	.061	8.554	1	.003	.836
TmeanYR1AUG	.274	.106	6.706	1	.010	1.316
TminMAY	-.584	.119	23.985	1	.000	.557
T_min_MAYbin(1)	1.776	.547	10.560	1	.001	5.908

a. Variable(s) entered on step 1: SMA\_yr1AUG, SMA\_YR\_MAY, SMA\_YR\_JUN, TmaxJUN, TmeanYR1SEP, TmeanYR1AUG, TminMAY, T\_min\_MAYbin.

**Klasifikācijas rezultāts brūklenei**

	Observed	Predicted			
		brukl_ir_ziedi		Percentage Correct	
		0	1		
Step 1	brukl_ir_ziedi	0	128	28	82.1
		1	49	90	64.7
	Overall Percentage				73.9
Step 3	brukl_ir_ziedi	0	130	26	83.3
		1	48	91	65.5
	Overall Percentage				74.9

a. The cut value is .500  
N=295

*4.1.5. Meža ogu un sēņu ražas novērtējums testa teritorijās**4.1.5.1. Objekti un metodika*

Ogu bioloģiskās ražas un sēņu ražas ilglaicīgai novērtēšanai ierīkoti pastāvīgie parauglaukumi testa teritorijās Vidusdaugavā 303., 507. un 511. kvartālapgabalā (Zalvītes testa teritorija) un Ziemeļkurzemē 705. un 710. kvartālapgabalā (Ugāles testa teritorija) (4.8. attēls, 4.19. un 4.20. tabula).



**4.8.attēls. Ugāles un Zalvītes modeļteritorijas ogu ražas vērtējumam**

Ogu ražas vērtējumam 2022. gadā atkārtoti ierīkoti 56 parauglaukumi 28 meža nogabalos Ugāles testa teritorijā (4.19. tabula) un Zalvītes testa teritorijā ierīkoti 46 parauglaukumi 23 meža nogabalos (4.20. tabula).

4.19. tabula

**Ierīkoto parauglaukumu skaits pa meža tiptiem un vecumgrupām Ugāles testa teritorijā**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
Priede	Mr	Jaunaudze	2	<b>10</b>
		Vid.vec.audze	2	
		Briestaudze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	4	
	Ln	Jaunaudze	2	<b>5</b>
		Vid.vec.audze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	
	Dm	Jaunaudze	3	<b>8</b>
		Vid.vec.audze	4	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	
	Mrs	Jaunaudze	6	<b>10</b>
		Vid.vec.audze	4	
	Dms	Vid.vec.audze	2	<b>2</b>
	Am	Jaunaudze	2	<b>8</b>
		Briestaudze	2	
Pieaug.audze un pāraugusi audze		4		
As	Briestaudze	2	<b>3</b>	
Egle	Ln	Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	<b>1</b>
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	
	Dm	Vid.vec.audze	2	<b>2</b>
	As	Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	<b>1</b>

Objektīvai ogu bioloģiskās ražas novērtēšanai parauglaukumi ierīkoti sekojošos meža tipos un audžu vecumgrupās: Mr, Ln, Dm, Vr, Mrs, Dms, Vrs, Pv, Am, As, Ap, un Km jaunaudzēs, vidēja vecuma audzēs, briestaudzēs, pieaugušās/pāraugušās audzēs.

**Ierīkoto parauglaukumu skaits pa meža tipi un vecumgrupām Zalvītes testa teritorijā**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
Priede	Mr	Jaunaudze	4	<b>6</b>
		Briestaudze	2	
	Ln	Jaunaudze	2	<b>4</b>
		Vid.vec.audze	1	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	
	Dm	Jaunaudze	2	<b>3</b>
		Briestaudze	1	
	Mrs	Vid.vec.audze	1	<b>2</b>
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	
	Dms	Briestaudze	1	<b>2</b>
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	
	Nd	Vid.vec.audze	1	<b>1</b>
	Am	Briestaudze	2	<b>4</b>
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	
	As	Jaunaudze	2	<b>5</b>
		Vid.vec.audze	1	
Km	Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	<b>1</b>	
	Jaunaudze	1		
Egle	Vr	Jaunaudze	1	<b>2</b>
	Mrs	Briestaudze	1	<b>1</b>
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	
	Dms	Vid.vec.audze	1	<b>3</b>
	Am	Vid.vec.audze	1	<b>1</b>
	As	Vid.vec.audze	1	<b>1</b>
Km	Jaunaudze	2	<b>1</b>	
Bērzs	Dm	Jaunaudze	1	<b>2</b>
	Vr	Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	<b>1</b>
	Vrs	Jaunaudze	1	<b>1</b>
	Am	Jaunaudze	1	<b>1</b>
	Ap	Vid.vec.audze	2	<b>1</b>
Melnalksnis	Vrs	Vid.vec.audze	2	<b>2</b>
	Ap	Vid.vec.audze	1	<b>1</b>

Pētījums tika uzsākts 2017. gada vasaras sezonā, katrā no audzēm divās vietās ierīkojot divus aplveida uzskaites laukumus 500 m<sup>2</sup> lielā platībā sēņu ražas novērtējumam, un, attiecīgi,

ogulāju un ogu ražas novērtējumam - 9 m<sup>2</sup> lielus kvadrātveida uzskaites laukumus. Ņemot vērā nogabala reljefu, izvietojumu attiecībā pret grāvju sistēmu, nereti viena nogabala robežās abiem uzskaites laukumiem tika izdalīti atšķirīgi meža tipi un/vai valdošā suga.

2021. gadā tika modificēta iepriekšējā pētījuma etapā izmantotā metodika ogu un sēņu ražas uzskaitēi Zalvītes un Ugāles pētījuma objektos, līdzšinējos apļveida uzskaites laukumus aizstājot ar lineārām uzskaites transektēm, lai novērstu izmēģināšanu. Ogulāju projektīvā seguma un "ogu" esamības un svara novērtējumam 36 uzskaites laukumi (0.25m<sup>2</sup>) novietoti uz 50 m garas transektes, kam sākumpunkts ir iepriekšējā gada apļveida parauglaukuma centrs.

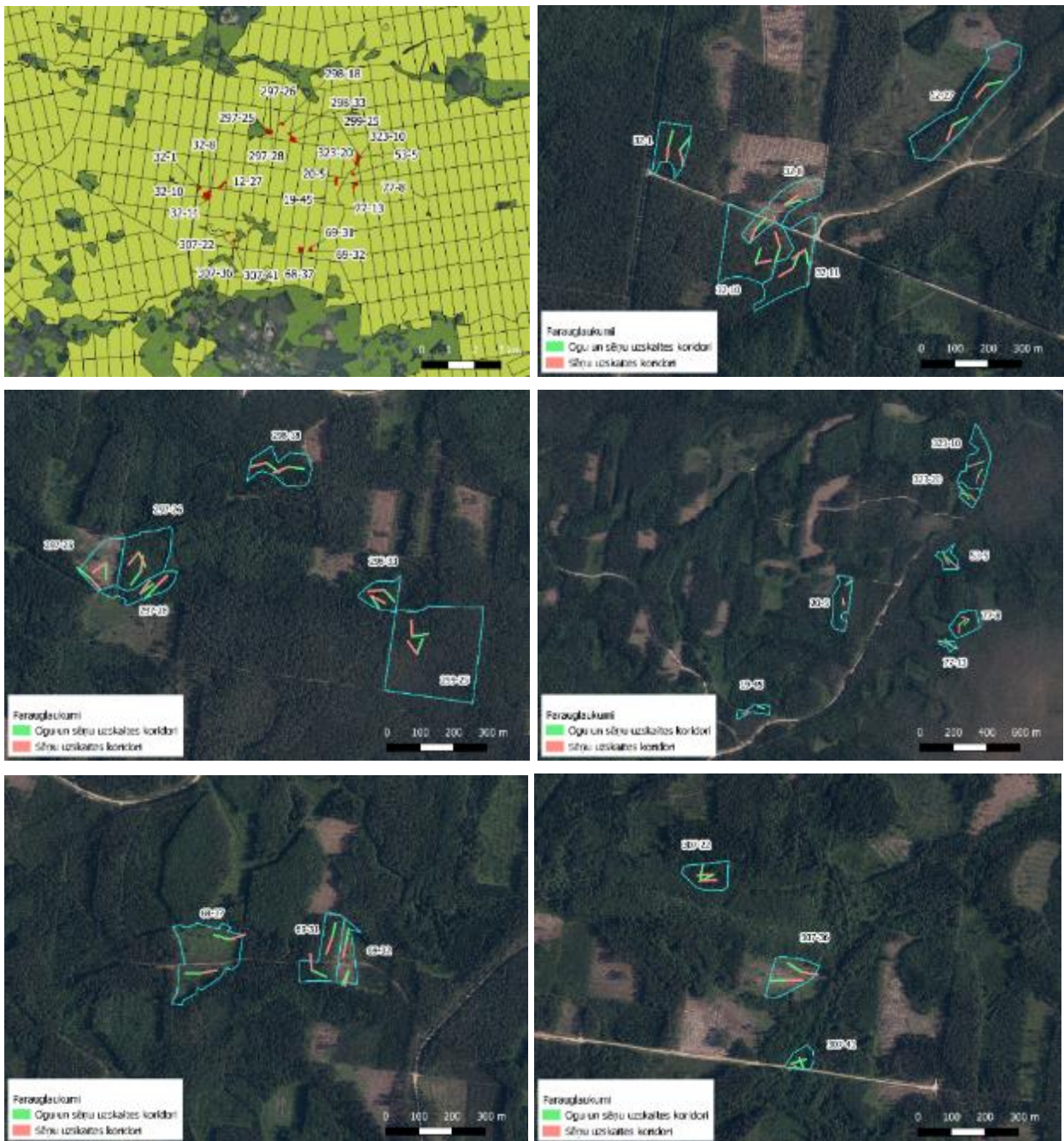
Ogu bioloģiskās ražas noteikšanai nepieciešamais ogu svars iegūts, nolasot ogas piecos izvēlētos uzskaites kvadrātos un 100 gatavās ogas nosverot ar laboratorijas svāriem (0,01 g precizitāte). Tad aprēķināts vidējais bioloģiskais ogas svars katrā parauglaukumā. Ja parauglaukumu uzmērīšana notikusi pirms visas konkrētās sugas ogas ir nogatavojušās, tad ogas (visbiežāk brūklenes) nolasītas tajos uzskaites laukumos, kur tās netika lasītas pirmajā uzskaites reizē. Parauglaukumos, kur ogu skaits bija minimāls vai arī ogas novērtētas kā bojātas (sažuvušas, negatavas, kukaiņu kāpuru bojātas), tās netika svērtas, bet ogu ražas aprēķiniem pie 100% ogulāju projektīvā seguma izmantotas katras ogulāju sugas vidējās vērtības testa teritorijā.

Analizējot pirmējos ogulāju datus par Ugāles un Zalvītes testa teritorijām, izmantoti 2019. gada sezonā uzmērīto audžu taksācijas raksturlielumi.

Sēņu ražas novērtēšanai katrā no objektiem uz divām 100 m garām un 5 m platām transektēm (500 m<sup>2</sup>) tiek ievākti visu sēņu augļķermeņi sekojošām ēdamo sēņu sugām un sugu grupām: gailenes (*Cantharellus cibarius*), baravikas (*Boletus spp.*), bekas: lācīšu ģints (*Leccinum spp.*) bekas (apšu bekas, bērzu bekas, lācīši), sviestbeku ģints (*Suillus spp.*), samtbeku ģints (*Xerocomus spp.*), bērzlapes (*Russula spp.*), alksnenes, cūcenes, vilnītis, krimildes (*Lactarius spp.*). Atbilstoši sugu grupām katrā parauglaukumā tiek ievākti (nolaužot) visi konstatētie augļķermeņi un noteikts to skaits un svars dabiski mitrā stāvoklī, izmantojot rokas svarus.

Transekšu izvietojuma paraugs Zalvītes modeļteritorijā redzams 4.9. attēlā. Ugāles modeļteritorijā transektes modificētas pēc tāda paša principa.





**4.9. attēls. Nogabali sēnu un ogu uzskaitēm un transekšu izvietojuma piemērs Zalvītes modeļteritorijā**

Ugāles testa teritorijai netālajā LVĢMC Kuldīgas meteoroloģiskajā stacijā 2021. gadā novēroti 619 mm nokrišņu; parauglaukumu apsekošanas periodā (jūlijs-septembris) – 263 mm. 2022. gadā (līdz 30.11.) Kuldīgā novēroti 562 mm nokrišņu; parauglaukumu apsekošanas periodā (jūlijs-septembris) – 237 mm. Zalvītes testa teritorijā 2021. gadā novēroti 677,6 mm nokrišņu; parauglaukumu apsekošanas periodā (jūlijs-septembris) – 290 mm. 2022. gadā (līdz 30.11.) Zalvītē novēroti 649 mm nokrišņu; parauglaukumu apsekošanas periodā (jūlijs-septembris) – 177 mm.

## 4.1.5.2. Rezultāti

Ogu raža

Salīdzinot rezultātus par brūkleņu projektīvo segumu Ugāles un Zalvītes testa teritorijās starp gadiem, nav vērojamas būtiskas projektīvā seguma atšķirības. Arī starp abām teritorijām nav vērojamas būtiskas atšķirības. Abās testa teritorijās brūklenes seguma vērtības ir zemas (4.21. tabula un 4.22. tabula).

4.21. tabula

**Brūkleņu vidējais projektīvais segums un procentuālais mētru īpatsvars (%), kur konstatētas ogas dažādos meža tipos un vecumgrupās Ugāles testa teritorijā. SE-standartklūda**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Brūklenes vidējais projektīvais segums, %				Brūklenes īpatsvars, kur konstatētas ogas, %		
			2021	SE	2022	SE	2021	2022	
Priede	Mr	Jaunaudze	12,60	5,80	12,74	3,97	58,67	29,11	
		Vid.vec.audze	10,21	6,74	8,47	3,89	45,72	9,17	
		Briestaudze	9,17	6,25	12,5	8,89	11,9	1,67	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	8,12	5,19	8,92	8,92	50,3	32,07	
	Ln	Jaunaudze	8,06	0,28	8,12	8,12	43,93	12,07	
		Vid.vec.audze	0		0				
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	3,06	3,1	3,06	3,06	0	0	
	Dm	Jaunaudze	0,46	0,46	0,76	0,76	0	0	
		Vid.vec.audze	7,64	7,09	1,74	1,74	31,73	7,14	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0		0,14	0,14		0	
	Mrs	Jaunaudze	13,38	4,2	9,98	9,98	50,62	18,57	
		Vid.vec.audze	4,2	1,85	5,56	5,56	7,14	1,47	
	Dms	Vid.vec.audze	0,42	0,42	0,35	0,35	0	0	
	Am	Jaunaudze	2,57	2,57	2,01	2,01	97,3	100	
		Briestaudze	1,81	0,97	1,90	1,15	25	0	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0		0				
		Briestaudze	16,94	0,14	3,06	3,06	68,18	13,64	
	As	Pieaug.audze un pāraugusi audze	3,19	3,19	17,57	0,49	0	4,17	
	Egle	Ln	Pieaug.audze un pāraugusi audze	6,11	6,11	5,83	5,83	13,64	0
		Dm	Vid.vec.audze	0		0			
As		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1,81	1,81	1,53	1,53	0	0	

**Brūkleņu vidējais projektīvais segums un procentuālais mētru īpatsvars (%), kur konstatētas ogas, dažādos meža tipos un vecumgrupās Zalvītes testa teritorijā. SE-standartklūda.**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Brūklenes vidējais projektīvais segums, %				Brūklenes īpatsvars, kur konstatētas ogas/ziedi, %	
			2021	SE	2022	SE	2021	2022
Priede	Mr	Jaunaudze	10,74	10,74	6,88	2,57	43,55	25,24
		Briestaudze	16,15	9,33	17,53	1,39	45,46	13,07
	Ln	Jaunaudze	2,81	2,81	1,25	0,42	0	0
		Vid.vec.audze	13,78	9,74	2,56	2,56	31,25	0
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0,92	0,46	1	1	0	0
	Dm	Jaunaudze	10,11	10,11	3,54	2,82	21,59	30,95
		Briestaudze	0,19	0,11	0,25	0,25	0	0
	Mrs	Vid.vec.audze	2,03	1,43	3,25	3,25	0	0
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0,75	0,38	0,97	0,97	0	0
	Dms	Briestaudze	5,97	3,45	1,83	1,83	0	0
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2,33	1,17	2,06	2,06	0	0
	Nd	Vid.vec.audze	1,22	0,86	0,89	0,89	0	0
	Am	Briestaudze	0,1	0,06	0,08	0,06	0	0
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0,01	0,01	0,15	0,15	6,49	100
	As	Jaunaudze	0,21	0,21	0,22	0,22	16,28	0
		Vid.vec.audze	1,28	0,9	0,81	0,81	5,95	0
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0,07	0,03	0		0	
Km	Jaunaudze	0,22	0,22	0,28	0,28	0		
Egle	Vr	Jaunaudze	0		0		0	
		Briestaudze	0		0		0	
	Mrs	Pieaug.audze un pāraugusi audze	0,47	0,47	0,78	0,78	14,58	0
	Dms	Vid.vec.audze	0,71	0,71	1,42	1,42	0	0
	Am	Vid.vec.audze	10,86	7,68	7,08	7,08	0	0
	As	Vid.vec.audze	0,75	0,53	0,78	0,78	0	0
	Km	Jaunaudze	6,11	3,06	5,25	5,25	0	0
Bērzs	Dm	Jaunaudze	1,38	1,38	0		0	0
	Vr	Pieaug.audze un pāraugusi audze	0		0			
	Vrs	Jaunaudze	0		0			
	Am	Jaunaudze	4,36	4,36	3,61	3,61	0	4,17
	Ap	Vid.vec.audze	0		0			
Melnalksnis	Vrs	Vid.vec.audze	0		0			
	Ap	Vid.vec.audze	0		0			

Arī melleņu procentuālā seguma atšķirībās nav vienotas tendences. Gan Ugāles, gan Zalvītes testa teritorijā vērtību variācijas ir lielas, jo ir mazs parauglaukumu atkārtojumu skaits. Abās testa teritorijās 2021. gadā, salīdzinot ar šī gada datiem, biežāk tika konstatētas mētras ar ogām (4.23. tabula un 4.24. tabula)

4.23. tabula

**Melleņu vidējais projektīvais segums un mētru īpatsvars (%), kur konstatētas ogas, dažādos meža tipos un vecumgrupās Ugāles testa teritorijā. SE-standartklūda.**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Mellenes vidējais projektīvais segums, %				Mellenes īpatsvars, kur konstatētas ogas %		
			2021	SE	2022	SE	2021	2022	
Priede	Mr	Jaunaudze	0		4,65	1,26		5,89	
		Vid.vec.audze	36,39	19,44	35,56	15,69	96,31	76,60	
		Briestaudze	18,82	10,49	17,29	14,24	47,64	68,18	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	14,34	4,69	16,91	16,91	45,36	44,64	
	Ln	Jaunaudze	0,35	0,21	0,49	0,49	0	0	
		Vid.vec.audze	42,64	19,86	42,22	20,28	85,8	39,48	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	17,22	17,22	16,67	16,67	24,19	0	
	Dm	Jaunaudze	12,55	5,96	19,31	19,31	28,77	53,79	
		Vid.vec.audze	35,17	6,05	34,90	34,90	52,01	68,74	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	7,08	7,08	16,11	16,11	29,41	13,24	
	Mrs	Jaunaudze	8,45	2,54	15,94	15,94	39,25	26,34	
	Dms	Vid.vec.audze	35,49	8,21	26,67	26,67	74	66,18	
		Vid.vec.audze	3,13	2,85	3,13	2,85	11,63	0	
	Am	Jaunaudze	11,6	10,9	11,94	11,39	48,77	36	
		Briestaudze	33,06	8,89	32,92	9,03	84,78	78,97	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2,08	0,27	2,12	2,12	8,33	6,07	
		Briestaudze	55,14	2,92	51,11	51,11	97,37	100	
	As	Pieaug.audze un pāraugusi audze	51,94	51,94	54,86	3,47	80,75	91,67	
	Egle	Ln	Pieaug.audze un pāraugusi audze	18,06	18,06	18,06	18,06	13,85	33,33
		Dm	Vid.vec.audze	1,32	0,35	1,39	0,42	0	0
As		Pieaug.audze un pāraugusi audze	39,17	39,17	40	40	100	88,89	

4.24. tabula

**Melleņu vidējais projektīvais segums un mētru īpatsvars, kur konstatētas ogas, dažādos dažādos meža tipos un vecumgrupās Zalvītes testa teritorijā. SE-standartklūda**

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Mellenes vidējais projektīvais segums, %				Mellenes īpatsvars, kur konstatētas ogas, %	
			2021	SE	2022	SE	2021	2022
Priede	Mr	Jaunaudze	2,02	1,19	1,44	0,68	60,64	20
		Briestaudze	7,29	4,21	3,29	0,63	64,35	13,89
	Ln	Jaunaudze	0,38	0,38	0,04	0,04	0	0
		Vid.vec.audze	8,97	8,97	16,08	16,08	75,54	30,30
	Dm	Pieaug.audze un pāraugusi audze	27,47	24,5	30,14	30,14	85,64	71,43
		Jaunaudze	24,74	3,07	5,5	2,14	5,24	12,5
	Mrs	Briestaudze	24,14	24,1	11,47	11,47	57,54	0
		Vid.vec.audze	8,97	8,97	23,94	23,94	82,04	88,57
	Dms	Pieaug.audze un pāraugusi audze	6,72	6,72	6,53	6,53	0	34,62
		Briestaudze	55	55	34,58	34,58	90,66	55,56
	Nd	Pieaug.audze un pāraugusi audze	22,61	22,6	21,42	21,42	74,94	47,22
		Vid.vec.audze	26,39	26,4	28,36	28,36	85,79	80
	Am	Briestaudze	16,97	11,5	13,49	7,99	44,63	33,33
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	33,11	1,94	32,94	4,64	87,29	67,5
	As	Jaunaudze	2,29	2,24	1,68	1,10	0	0
		Vid.vec.audze	5,11	5,44	4,56	4,56	0	0
	Km	Pieaug.audze un pāraugusi audze	1,44	0,5	1,29	0,35	0	0
		Jaunaudze	38,33	38,3	35,03	35,03	94,57	75
Egle	Vr	Jaunaudze	2,58	2,58	0		63,44	
		Briestaudze	0		2,31	2,31		0
	Mrs	Pieaug.audze un pāraugusi audze	5,56	5,56	9,83	9,83	13,5	42,424
	Dms	Vid.vec.audze	5,19	4,25	8,47	8,47	32,04	18,75
	Am	Vid.vec.audze	1,97	1,97	3,44	3,44	4,23	20
	As	Vid.vec.audze	2,22	2,22	4,81	4,81	0	3,85
	Km	Jaunaudze	17,53	17,5	15,86	15,86	66,56	20
Bērzs	Dm	Jaunaudze	5,44	1,06	0,65	0,65	0	0
	Vr	Pieaug.audze un pāraugusi audze	10,03	10	4,92	4,92	6,93	0
	Vrs	Jaunaudze	0		0			
	Am	Jaunaudze	5,06	5,06	1,94	1,94	65,93	22,22
	Ap	Vid.vec.audze	0		0			
Melnalksnis	Vrs	Vid.vec.audze	0		0	0		
	Ap	Vid.vec.audze	0		0	0		

Lai gan pēdējo divu gadu dati iegūti ar atšķirīgu metodiku, uzskaitē ir veikta vienā un tajās pašās mežaudzēs (kokaudzes rādītāji identiski) un ogu potenciālās ražas vērtības var savstarpēji salīdzināt. Zalvītes testa teritorijā rezultāti par potenciālo brūkleņu (4.25. tabula) un melleņu (4.26. tabula) ogu ražu dažādos meža tipos un vecumgrupās sešu gadu laika posmā pie 100% projektīvā seguma liecina, ka, neatkarīgi no kalendārā gada, brūklenēm potenciāli lielākā iespējamā raža ir Mr audzēs.

Mellenēm 2017. gadā potenciālā raža Nd pārsniedza  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$ , savukārt 2021. gadā šajā objektā netika konstatētas ogas un šogad potenciālā raža tur bija tikai nedaudz virs  $30 \text{ kg ha}^{-1}$ . 2022. gadā mellenēm potenciāli lielākā iespējamā raža novērota Am pieaugušās audzēs ( $44,3 \pm 14,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Ogu potenciālā raža gan brūklenēm, gan mellenēm starp gadiem variē, nepastāvot vienotai tendencei dažādos meža tipos un vecumgrupās. 2020. gadā Zalvītes testa teritorijā abām ogulāju sugām konstatēta lielākā bioloģiskā raža.

4.25.tabula

Brūkleņu potenciālā raža no 2017. līdz 2022. gadam Zalvītes testa teritorijā, kg ha<sup>-1</sup>. SE-standartklūda

MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha											
		2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE	2022	SE
Mr	Jaunaudze	0		0		0.6	0.6	0.5	0.5	0.9	0	<b>13.23</b>	12.44
	Briestaudze	<b>385.1</b>	130	54	54	<b>115.9</b>	42.7	<b>652.5</b>	154	2.2	1.3	0.88	0.59
Ln	Jaunaudze	10.7	10.7	0	0	0	0	6.8	2.4	0		0	
	Vid.vec.audze	384.4	384	37.3	37.3	21.6	21.6	0		0.9	0.9		
Dm	Briestaudze	0		0		0.6	0.6	3.6	3.6	1.4	1	2.63	1.74
Dms	Briestaudze	0		0		0		0		0		0	
As	Jaunaudze	29	12.2	0		0		1.1	1.1	0		0	
Dms	Jaunaudze	0		0		0		0		0.1	0.1	0	
Am	Vid.vec.audze	0		0		0		0		0.2	0.2	0	
Am	Briestaudze	16.1	16.1	72.3	72.3	16.4	16.4	87.9	87.9	0		0.38	0.38

4.26. tabula

Melleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2022. gadam Zalvītes testa teritorijā, kg ha<sup>-1</sup>. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha											
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE	2022	SE
Priede	Mr	Jaunaudze	0		2.7	2.7	0		0.7	0.7	0		1.2	0.5
		Briestaudze	0		90	10.3	0		0		8.8	8.5	1.4	1.1
	Ln	Pieaug.audze un pāraugusi audze	5.3	5.3	0		nav vērtēts		nav vērtēts		nav vērtēts			
		Vid.vec.audze	195.1	195	210.2	210	31.3	31.3	222.6	223	25	25	4.6	4.6
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	72.1	72.2	280.8	281	10.7	10.7	252.5	253	<b>61.3</b>	61.3	27.6	27.6
	Dm	Briestaudze	46.9	46.1	17	17	0		0	0	4.7	4.7	4.3	4.3
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	122.8	0.6	160.6	76.4	0		94.7	94.7	10.3	10.3		

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha												
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE	2022	SE	
Suga	Mrs	Vid.vec.audze	59	59.1	160.9	161	35.9	35.9	179.4	179	0		26.9	26.9	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	68.5	68.6	0		15.2	15.2	73.3	73.3	41.8	41.8	6.5	6.5	
		Briestaudze	324.4	325	97.9	97.9	7.3	7.3	<b>708.8</b>	709	31.1	31.1	43.9	43.9	
	Dms	Pieaug.audze un pāraugusi audze	207.6	208	523.5	524	<b>95.1</b>	95.1	599	599	35	35	33.5	33.5	
		Nd	Vid.vec.audze	<b>1114.7</b>	1115	<b>585.2</b>	585	80.2	80.2	681.6	682	0		31.8	31.8
	Am	Briestaudze	64.7	57.6	145.9	102	0		201.3	201	0		24.9	24.9	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	60.7	56.7	67.8	39.3	12.5	1.9	54.4	39.5	30.7	5.4	<b>44.3</b>	14.2	
	Km	Jaunaudze	47.2	47.3	781.5	782	27.3	27.3	276.1	276	16.4	16.4	14.6	14.6	
	Egle	Vr	Jaunaudze	nav vērtēts		nav vērtēts		0		0		6	6		
			Pieaug.audze un pāraugusi audze	7.6	7.7	1.3	1.3	nav vērtēts		nav vērtēts		nav vērtēts			
Mrs		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0		0		0		3	3	0.6	0.6	7.4	7.4	
Dms		Jaunaudze	2.5	2.5	0		0		17.8	17.8	0		3.6	3.6	
Am		Vid.vec.audze	3.9	3.9	0		0		0		0.1	0.1			
Bērzs	As	Vid.vec.audze	0		0		0		0		0				
	Km	Jaunaudze	71.4	71.4	12.5	12.5	53.6	53.6	97.9	97.9	3.6	3.6	1.7	1.7	
	Vrs	Pieaug.audze un pāraugusi audze	5.9	5.9	0		0		0		0				
		Am	Briestaudze	1.8	1.8	9.9	9.9	0		36.6	36.6	0.7	0.7		



Ugāles testa teritorijā 2019. un 2020. gadā vairumā meža tipu grupu novērots brūkļu ogu ražas pieaugums, bet 2021. un 2022. gadā novērota pretēja tendence – potenciālā raža visos meža tipos samazinājusiess. 2022. gadā brūkļenēm potenciāli lielākā iespējamā raža konstatēta Mrs jaunaudzē ( $10,7 \pm 1,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Arī melleņu potenciālās ražas vērtības variē starp gadiem Ugāles testa teritorijā, neuzrādot vienotas tendences noteiktam meža tipam visos gados. Salīdzinot ogu potenciālās ražības rezultātus par 2017. un 2022. gadu, redzams, ka ogu potenciālā raža pie 100% ogulāju projektīvā seguma atšķiras vairākas reizes, bet kopējā tendence ir ražas vērtībām pēdējos gados samazināties (4.27. tabula). Šogad lielākā potenciālā ražas konstatēta vidēja vecuma Mr audzēs ( $86,5 \pm 74,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (4.28. tabula).

Brūkleņu potenciālā raža no 2017. līdz 2022. gadam Ugāles testa teritorijā, kg ha<sup>-1</sup>. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha												
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE	2022	SE	
Priede	Mr	Jaunaudze	23.1	11.4	0		206.3		352.9	307	42.1	42.1	5.5	2.2	
		Vid.vec.audze	3.7	3.7	0		27.9		18.9		1.4	1.4	0.3	0.1	
		Briestaudze	141.5	142	38.6		0		7.3		0		0.1	0.1	
		Pieaugusi un pāraugusi audze	140.4	104	45.3	21.8	78.6	9.8	285.9	175	23.5	23.5	5.8	4.7	
	Ln	Jaunaudze	227.5	103	0		69.2	43.4	108.2	81.3	5.4	5.3	4.1	4.1	
		Pieaugusi un pāraugusi audze	0		0		0		1.1		0				
	Dm	Vid.vec.audze	116.2	116	31.1		68.3		140.9	139	0		0.8	0.8	
	Mrs	Jaunaudze	402.4	250	66.2	42.5	<b>387</b>	300	267.2	128	<b>58.9</b>	58.9	<b>10.7</b>	1.1	
		Vid.vec.audze	0		0		0		0		0.2	0.2	0.2	0.2	
	Am	Jaunaudze	<b>410.5</b>	262	91.1		311.8	222	<b>392.7</b>	144	13.2	13.2	4.3	4.3	
		Briestaudze	0		0		0		0		2.5	2.5			
	As	Briestaudze	17.6	17.6	0		0		0		26.4	26.4	0.5	0.5	
	Egle	Ln	Pieaugusi un pāraugusi audze	110	110	0		0		0		0.2	0.2	0.5	0.5

Melleņu potenciālā raža no 2017. līdz 2022. gadam Ugāles testa teritorijā, kg ha<sup>-1</sup>. SE-standartklūda

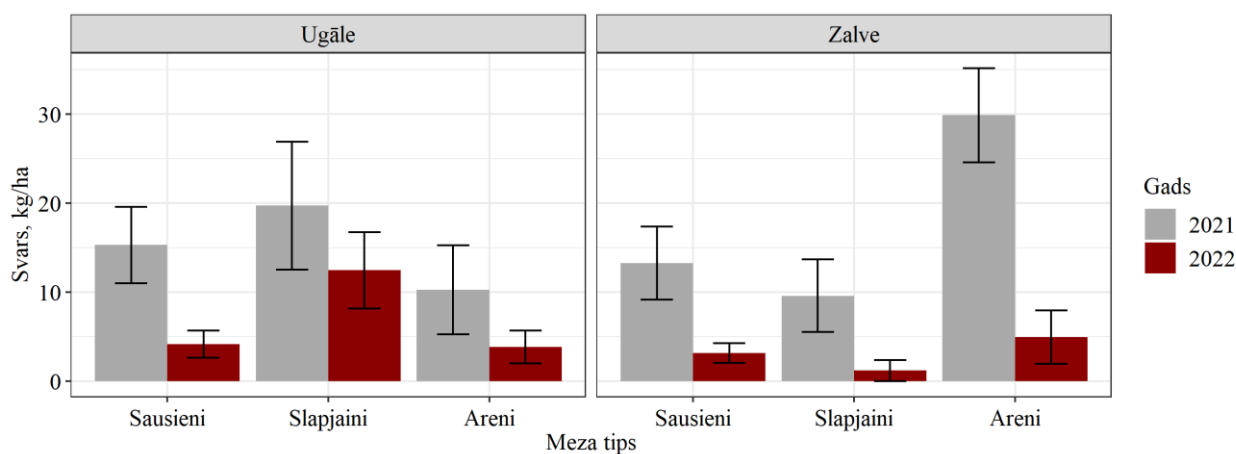
Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha												
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE	2022	SE	
Priede	Mr	Jaunaudze	13.1	13.1	0		0		0		0		0.8	0.7	
		Vid.vec.audze	118.1	65.7	63.3	56.9	38	27.8	<b>280.5</b>	76.8	180.5	137	<b>86.5</b>	74.3	
		Briestaudze	37.5	25.7	86.5	36.7	21.4		9.4	9	134.1	134	26.4	25.5	
	Ln	Pieaugusi un pāraugusi audze	221.3	106	159.1	86	1.3	1.3	152.9	64	47.7	41.4	41.7	23.4	
		Vid.vec.audze	7.6	7.6	0		24.9		32.7		114.7	67			
	Dm	Pieaugusi un pāraugusi audze	12.1		129.4		18.6		0		4.9	4.9	12.9	7.6	
		Jaunaudze	9.6	9.6	0		10.5		5.4		21.7	13.1	6.7	2.5	
		Vid.vec.audze	<b>332.3</b>	241	<b>175.1</b>	82.3	80.1	12.2	95.6	38.2	64.3	58.5	18.4	4.8	
	Mrs	Pieaugusi un pāraugusi audze	5	4	5.1	3.4	6.3		0		4	4	0.8	0.5	
		Jaunaudze	3.2	3.2	7.9		<b>207.7</b>		0		29.6	41.5	10.6	5.8	
		Vid.vec.audze	37.7	15.6	135.1	69.8	24.9	12.4	182	80.4	70.1	46.6	14.9	6.3	
	Dms	Pieaugusi un pāraugusi audze	67.9	67.9	134.9		nav vērtēts		nav vērtēts		nav vērtēts				
	Egle	Am	Vid.vec.audze	0		0		0		0		1	1		
			Jaunaudze	0		0		0		0		99.3	99.3	19.9	
		As	Briestaudze	118	61.9	26.5	1.7	52	32.9	66.8	7.5	78.6	26.4	17.9	0.2
			Pieaugusi un pāraugusi audze	4.2	3.4	12.1		0		0		0.8	0.6	0.1	0.1
		Ln	Briestaudze	180.2	151	35.6	21.4	138.7	97.2	198.8		<b>187.2</b>	30.7	27.9	
			Pieaugusi un pāraugusi audze	0		0		0		0		86.1	86.1	44.8	7.3
Dm	Pieaugusi un pāraugusi audze	114.7		9.5		0		0		7.6	7.6	19.8			
As	Pieaugusi un pāraugusi audze	0		4.6		0		0		0					
		Pieaugusi un pāraugusi audze	19.5		52.9		39.9		0		90.1	90.1	29.6		

Salīdzinot potenciālās ogu ražas 2022. gadā Zalvītes un Ugāles testa teritorijās, tās neuzrāda vienotu tendenci. Viens no izskaidrojumiem varētu būt mazais atkārtojumu skaits noteiktiem meža tipam konkrētā vecumgrupā. Tomēr kopējā tendence liecina, ka Zalvītes testa teritorijā ogu potenciālās ražas vērtības ir augstākas.

Lielā potenciālās ogu ražas variācija un atšķirīgās tendences, varētu būt skaidrojamas ar reģionālām atšķirībām, jeb klimatisko apstākļu specifiku katrā no reģioniem. E. Pēterons (1961) 1953. un 1954. gadā konstatējis maksimālo brūkleņu ražu  $450 \text{ kg ha}^{-1}$ . Mūsu pētījuma objektos, salīdzinot visu gadu datus, maksimālā potenciālā brūkleņu raža konstatēta 2020. gadā Zalvītes testa teritorijā Mr briestaudzēs -  $652,5 \pm 153,9 \text{ kg ha}^{-1}$ . Melleņu maksimālā potenciālā raža novērojumu periodā novērota Zalvītes testa teritorijā, Nd vidēja vecuma audzē 2017. gadā. 2021. un 2022. gads bija melleņu neražas gadi, un 2021. gadā maksimālā ražas vērtība netika rēķināta, jo Nd parauglaukumos netika konstatēta neviena oga, bet šogad raža tajos tikai nedaudz pārsniedza  $30 \text{ kg ha}^{-1}$ .

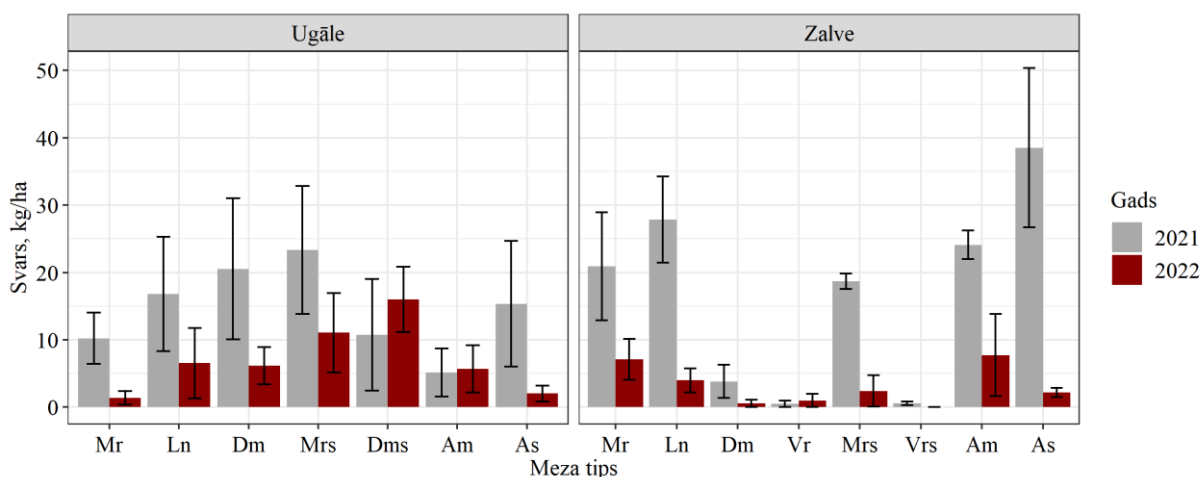
### Sēņu raža

Sēņu raža Ugāles testa teritorijā 2021. gadā vidēji bija  $14,6 \text{ kg ha}^{-1}$ , turpretim 2022. gadā bija vien  $7,0 \text{ kg ha}^{-1}$ . Zalvītes testa teritorijā sēņu raža 2021. gadā sasniedza vidēji  $16,9 \text{ kg ha}^{-1}$ , taču 2022. gadā bija ievērojami zemāka –  $3,1 \text{ kg ha}^{-1}$ . Ugāles testa teritorijā lielākās sēņu ražas gan 2021., gan 2022. gadā tika konstatētas slapjainu meža tipos ( $19,7$  un  $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ); mazākās – āreņu meža tipos ( $10,3$  un  $3,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (4.10. attēls). Savukārt Zalvītes testa teritorijā gan 2021., gan 2022. gadā lielākās sēņu ražas tika novērotas āreņu meža tipos ( $29,9$  un  $5,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ), bet mazākās sēņu ražas slapjajos ( $9,6$  un  $1,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ).



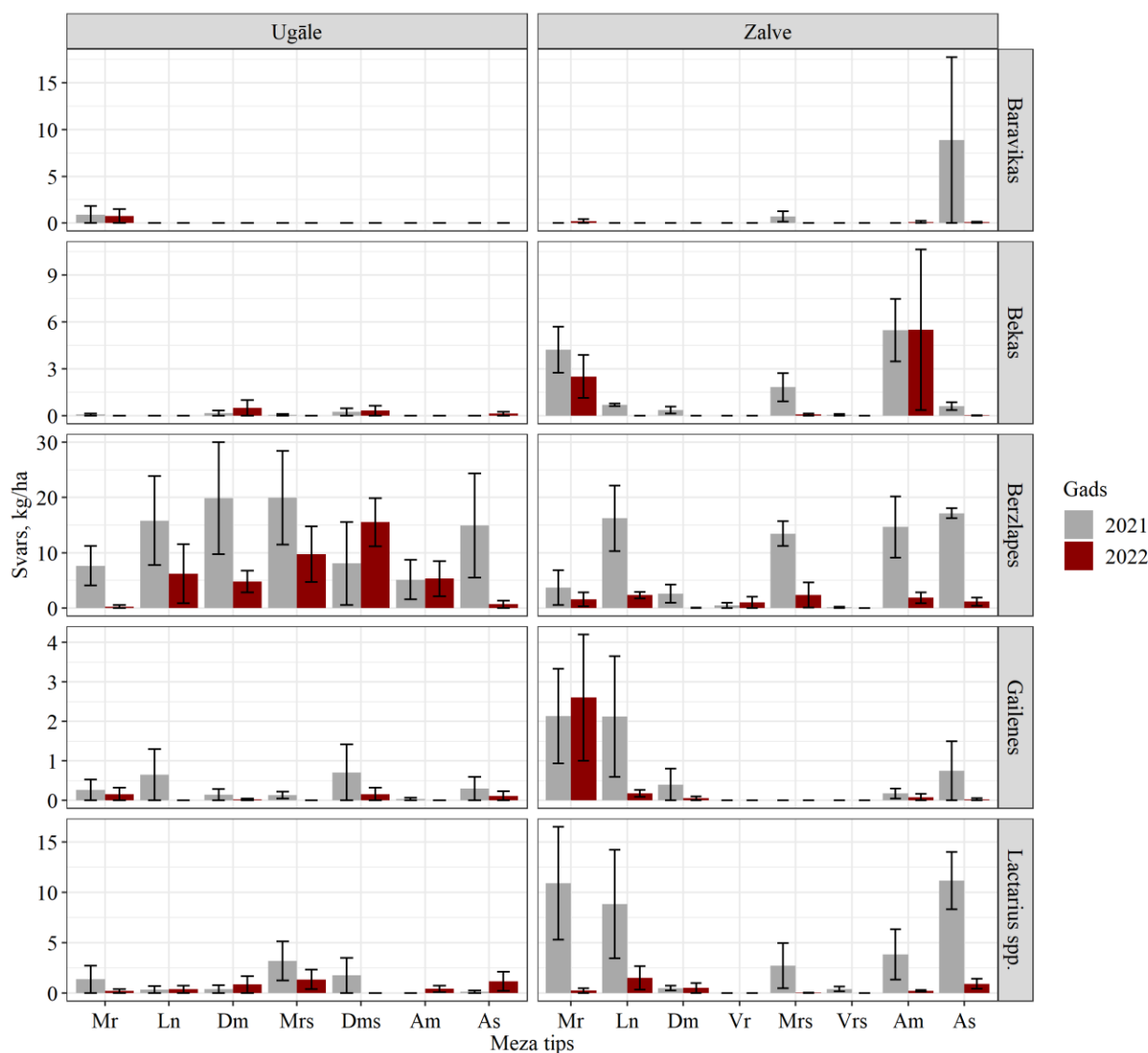
#### **4.10. attēls. Vidējās sēņu ražas dažādās meža tipu edafiskajās rindās 2021. un 2022. gadā Ugāles un Zalvītes testa teritorijās. Nogriežņi attēlo standartkļūdas.**

Ugāles testa teritorijā 2021. gadā lielākā sēņu raža tika novērota slapjajā mētrājā ( $23,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ); 2022. gadā – slapjajā damaksnī ( $16,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (4.11. attēls). Mazākā sēņu raža 2021. gadā novērota mētru ārenī ( $5,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ); 2022. gadā – mētrājā ( $1,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Zalvītes testa teritorijā 2021. gadā lielākā sēņu raža tika novērota šaurlapju ārenī ( $38,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ); 2022. gadā – mētru ārenī ( $7,7 \text{ kg/ha}$ ). Mazākā sēņu raža 2021. gadā novērota vērī ( $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ); 2022. gadā - slapjajā vērī ( $0 \text{ kg/ha}$ ). Kopumā starp abām testa teritorijām netika novērotas viennozīmīgas tendences, kas saistītu meža tipus un sēņu ražas.



**4.11. attēls. Vidējās sēņu ražas dažādos meža tipos 2021. un 2022. gadā Ugāles un Zalvītes testa teritorijās. Nogriežņi attēlo standartklūdas.**

Dažādu sēņu sugu ražas novērojumu periodos kopumā atšķirās starp meža tipiem (4.12. attēls). Baraviku raža bija neliela gan Ugāles, gan Zalvītes testa teritorijās. Baravikas pa abām testa teritorijām tika fiksētas tikai mētrājā, slapjajā mētrājā, mētru ārenī, kā arī šaurlapju ārenī. Novērojumu dati liecina par baraviku sastopamības gadījuma raksturu. Zalvītes testa teritorijā tika novērots ievērojami lielāks beku ražas apjoms nekā Ugāles testa teritorijā. Lielākos apjomos bekas tika konstatētas mētrāja un mētru āreņa parauglaukumos Zalvītes testa teritorijā. Bērزلapju dzimtas sēnes tika konstatētas visos apsekotajos meža tipos abās testa teritorijās. Arī apjoma ziņā bērزلapju ražas ir vislielākās salīdzinājumā ar citām uzskaitītajām sēņu sugām. 2022. gadā Zalvītes testa teritorijā gan bērزلapju raža bija nenozīmīga salīdzinājumā ar 2021. gada ražu. Latvijā gailenes visbiežāk sastopamas sausos un mēreni mitros skuju koku un jauktos mežos. Zalvītes testa teritorijā gailēņu lielākās ražas konstatētas parauglaukumos mētrājā, lānā, kā arī šaurlapju ārenī. Ugāles testa teritorijā kopumā konstatēta mazāka gailēņu raža, visvairāk to konstatēts parauglaukumos lānā un slapjajā damaksnī. Pienaines (*Lactarius spp.*) novērotas gandrīz visos novērtējumā iekļautajos meža tipos abās testa teritorijās.



**4.12. attēls. Vidējās sēņu sugu ražas dažādos meža tipos 2021. un 2022. gadā Ugāles un Zalvītes testa teritorijās. Nogriežņi attēlo standartkļūdas.**

#### Secinājumi

1. Visos objektos novērota sakarība, ka meža tips, kur ogulājiem ir lielas procentuālās seguma vērtības, pastāv lielāka varbūtība, ka ogulāji ziedēs un būs ogas.
2. Neatkarīgi no kalendārā gada, kad ierīkots parauglaukums, pētījuma objektos, kur veikta krājas kopšanas cirte, visos monitoringa gados pēc ciršanas novērotas statistiski būtiskas pozitīvas izmaiņas brūkleņu un melleņu segumā.
3. Binārās loģistikas regresijas vienādojums, kas izmantots klimata ietekmes uz ogu ražu modeļa pirmajā versijā, izskaidro 37% un 33% datu izkliedes (attiecīgi mellei un brūklei). Abām ogu sugām ražas iespējamību būtiski negatīvi ietekmē salnas maijā. Būtiski faktori abām sugām ir arī iepriekšējās sezonas augusta vidējā augsnes mitruma anomālijas indekss, novērtējuma sezonas maija un jūnija augsnes mitruma anomālijas indekss, maksimālā gaisa temperatūra jūnijā, minimālā gaisa temperatūra maijā.
4. Gandrīz visu sēņu grupu sēņu raža 2021. gadā bijusi ievērojami lielāka nekā 2022. gadā, taču kopumā pirmajos divos pētījuma etapa gados sēņu ražas neuzrāda vienotu tendenci ne attiecībā uz meža tipu, ne uz teritorijas ģeogrāfisko novietojumu.

5. Sēņu ražas apjomu būtiski ietekmē meteoroloģiskie apstākļi, temperatūras un nokrišņu ekstrēmi: atšķirības starp testa teritorijām novērojumu gados norāda, ka konkrēts meža tips ne vienmēr nodrošinās lielāko vai mazāko ražu, turpretim konkrētas sēņu sugas biežāk/retāk novērojamas atkarībā no meža tiptiem.

## Literatūra

1. Ihalainen M., Alho J., Kolehmainen O., Pukkala T. 2002. Expert models for bilberry and cowberry yields in Finnish forests. *Forest Ecology and Management* 157: 15–22
2. Krebs C. J., Boonstra R., Cowcill K., Kenney A.J. 2009. Climatic determinants of berry crops in the boreal forest of the southwestern Yukon.- *Botany* 87: 401–408.
3. Lee J.H., Yu D.J., Kim S.J., Choi D., Lee H.J. (2012) Intraspecies differences in cold hardiness, carbohydrate content and  $\beta$ -amylase gene expression of *Vaccinium corymbosum* during cold acclimation and deacclimation.-*Tree Physiology*, 32: 1533– 1540.
4. Lovrić, M., Da Re, R., Vidale, E., Prokofieva, I., Wong, J., Pettenella, D., Verkerk, P.J., Mavsar, R. 2020 Non-wood forest products in Europe—A quantitative overview. *For. Policy Econ.* 116, 10217
5. Manninen O., Peltola R. 2019. Continuous picking may increase bilberry yields. *Silva Fennica* vol. 53 no. 3 article id 10043. <https://doi.org/10.14214/sf.10043>
6. Miina J., Hotanen J.P., Salo K. 2009. Modelling the abundance and temporal variation in the production of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in Finnish mineral soil forests. *Silva Fennica* vol. 43 no. 4 article id 181. <https://doi.org/10.14214/sf.181>
7. Palviainen, M., Finer, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S., & Starr, M. 2005. Responses of ground vegetation species to clear-cutting in a boreal forest: aboveground biomass and nutrient contents during the first 7 years. *Ecological Research*, 20(6), 652-660. <https://doi.org/10.1007/s11284-005-0078-1>
8. Palviainen, M., Finer, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S., & Starr, M. 2005. Responses of ground vegetation species to clear-cutting in a boreal forest: aboveground biomass and nutrient contents during the first 7 years. *Ecological Research*, 20(6), 652-660. <https://doi.org/10.1007/s11284-005-0078-1>
9. Pētersons E. 1961. Savvaļas ogulāji un augļu koki. Latvijas PSR Zinātņu akadēmija, 52 lpp
10. Selås V., Sønsteby A., Heide O. M., Nina O. 2015. Climatic and seasonal control of annual growth rhythm and flower formation in *Vaccinium myrtillus* (Ericaceae), and the impact on annual variation in berry production.-*Plant Ecology and Evolution*, 148:350-360.
11. Taulavuori E., Tahkokorpi M., Laine K., Taulavuori K. 2010. Drought tolerance of juvenile and mature leaves of a deciduous dwarf shrub *Vaccinium myrtillus* L. in a boreal environment. – *Protoplasma*, 241: 19-27.
12. Timoshok E. E. 2000. The ecology of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and cowberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) in Western Siberia. – *Russian Journal of Ecology*, 31(1): 8 – 13.
13. Turtiainen M., Salo, K. and Saastamoinen, O. 2011. Variations of Yield and Utilisation of Bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and Cowberries (*V. vitis-idaea* L.) in Finland. *Silva Fennica* 45(2):237–251.
14. Vaara M., Saastamoinen O., Turtiainen M. 2013. Changes in wild berry picking in Finland between 1997 and 2011, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28:6, 586-595, DOI: 10.1080/02827581.2013.786123

## 4.2. Meža ainavas vizuālās kvalitātes komponentu izpēte un priekšlikumu izstrāde dažādu iedzīvotāju grupu rekreācijas preferenču praktiskai iekļaušanai daudzfunkcionālas meža apsaimniekošanas plānošanā

### 4.2.1. Dažādu atpūtnieku tipu grupu rekreācijas preferenču noskaidrošana

Rekreācijas izpētē būtisks aspekts ir apzināt dažādu iesaistīto pušu viedokļus un intereses. Lai gan populārākās aktivitātes mežā ir pastaigas, pastāv vairākas alternatīvas, kurām potenciāli ir lielāka ietekme uz kopējo meža ilgtspēju. Piemēram, nepiemērotas auto un moto aktivitātes atstāj pierādāmu un negatīvu ietekmi uz meža zemsedzi, kā arī ietekmē meža infrastruktūras stāvokli. Dabas aizsardzības kontekstā potenciāli problemātiska ir jebkāda motorizēta aktivitāte (troksnis, vibrācijas, augsnes un zemsedzes bojāšana, dzīvnieku traucēšana), taču arī lielas un/vai neizglītotas pārgājēju grupas var atstāt negatīvu ietekmi. Būtiskākie piemēri ir atkritumu atstāšana (mērķtiecīgi vai nolaidības dēļ), nekontrolēti pārgājieni dabas liegumos un rezervātos, kā arī dažādu dabas pieminekļu bojāšana (atsegumi, dižkoki).

Lai iegūtu plašāku priekšstatu par attiecīgajām aktivitāšu grupām (nozārēm) un ilgtermiņā uzlabotu dabas tūrisma un rekreācijas ilgtspēju Latvijas mežos, ir nepieciešams iepazīt pasākumu un aktivitāšu organizatoru viedokli un skatījumu uz šīm problēmām. Līdzīgi pētījumi ar dažādu ieinteresēto pušu apzināšanu ir veikti Zviedrijas mežu apsaimniekošanas kontekstā (Sténs et al. 2016) un Portugāles nacionālo parku kontekstā, arī izmantojot daļēji strukturētās intervijas. Šāda metodika sniedz citu skatījumu nekā ierastās dabas teritoriju apmeklētāju aptaujas vai intervijas, vairāk fokusējoties uz organizatoru un apsaimniekotāju mijiedarbību (Rosa et al. 2014).

2022. gada pētījuma etapā mēs koncentrējamies uz vairākiem mežā notiekošiem aktīvās atpūtas veidiem, kas potenciāli var atstāt būtisku negatīvu ietekmi uz vidi (pārgājieni dabā, autobraukšana un motobraukšana). Mēs izvēlējamies padziļināti pētīt šo ekosistēmu pakalpojumu piedāvājuma pusi, tādēļ tika uzrunātas organizācijas, kas nodarbojas ar šādu pasākumu organizēšanu un popularizēšanu. Tā kā uzrunāto respondentu darbības specifika ir visai atšķirīga, un arī praktisku iemeslu dēļ sākotnēji plānoto fokusgrupu diskusiju vietā tika nolemts veikt individuālas padziļinātās intervijas. Intervijas veiktas ar četru grupu (aktivitāšu) pārstāvjiem - Enduro motociklistu grupu, auto izbraucieniem grupu, purvu un vispārīgā dabas tūrisma grupu, kā arī ar jauniešu organizācijas pārstāvjiem, kas organizē plaša mēroga pasākumus dabas teritorijās.

#### 4.2.1.1. Metodika

Attālinātās un klātbūtnes daļēji strukturētās intervijas tikai veidotas trijos galvenajos jautājumu blokos: 1) aktivitātes vai pakalpojuma raksturojums (motivācija, mērķauditorija), 2) plānošanas un izpildes niānses, 3) izaicinājumi un konfliktsituācijas. Jautājumi tika izstrādāti ar mērķi iegūt maksimāli atvērtas atbildes, nevirzot respondentu, nesniedzot respondentam piemērus vai noslieci uz kādu noteiktu atbilžu variantu. Respondentiem bija iespēja papildināt esošos jautājumus ar saviem komentāriem un piebildēm, kā arī ierosinājumiem. Intervijās tika uzdoti sekojoši jautājumi, daļēji brīvā formātā un secībā:

- Kā Jūs raksturotu savu piedāvāto pakalpojumu vai aktivitāti?
- Kā radās doma kaut ko šādu organizēt/piedāvāt?
- Kāda ir motivācija turpināt ar šo nodarboties?
- Cik liela ir iedzīvotāju interese iesaistīties aktivitātēs, kādas Jūs piedāvājat?
- Kā Jūs izvēlaties vietas, kur doties? Un varbūt – vietas, no kurām izvairīties?
- Vai varat, lūdzu, aprakstīt, kā notiek maršruta/objektu/pasākumu plānošana?
- Kādus datus avotus Jūs izmantojat plānošanas procesā?



- Kādas iespējas sniedz Jūsu piedāvātās/organizētās aktivitātes? Gan Jums, gan dalībniekiem?
- Ar kādiem izaicinājumiem Jūs saskaraties savā darbībā? Vai gadās kādas konfliktsituācijas? Ja jā, tad ar ko, un kā tās tiek risinātas?

2022. gadā tika veiktas četras intervijas ar sekojošām aktivitāšu grupām un to pārstāvjiem: motobraukšana (Enduro), purvu un meža pārgājieni, dabas izglītības aktivitātes, pārgājieni (jauniešiem) un auto izbraucieni dabā. Anonimitātes nolūkos interviju dalībnieki un to pārstāvētās organizācijas netiek nosauktas, taču visas ir ar nozīmīgu ietekmi (organizēto pasākumu dalībnieku skaita un popularitātes aspektā). Rezultāti apkopoti interviju konspekta veidā, noslēgumā piedāvājot nozīmīgākos secinājumus.

#### 4.2.1.2. Rezultāti

##### 1. Enduro motobraukšanas/dabas tūrisma grupas pārstāvja intervijas konspekts

Motobraukšanas grupas pārstāvis savu aktivitāti raksturoja kā kombināciju starp motocikla izmantošanu un atpūtu dabā. Motociklu izmantošana tiek pamatota ar vajadzību piekļūt grūti sasniedzamām vai neizbraucamām vietām dabā, iespēju izbraukt dubļainus ceļus. Papildus tam, motocikli sniedz iespēju izmantot ietilpīgas somas, koferus un paņemt līdzī vairāk nepieciešamo lietu palikšanai pie dabas.

Organizācijas pirmsākumi meklējami domubiedru grupā. Grupas dibinātāji sākotnēji nodarbojušies ar pārgājieniem, un tikai vēlāk sākuši kombinēt aktivitātes ar Enduro klases motociklu izmantošanu. Organizācija pamatā ir slēgta tipa, kurā interesenti piesakās par biedriem, taču grupa rīko atvērto (publiskos) dabas izbraucienus. Lai kļūtu par biedru, nepieciešams iziet 6 mēnešu pārbaudes laiku. Jaunie dalībnieki tiek apmācīti, un publiskie pasākumi neietver tehniski sarežģītus maršrūtus. Tiek atzīmēts, ka grupa izmanto LVM ierīkotās atpūtas vietas, lai pārnakšnotu maršruta laikā, vienlaicīgi apmācot mazāk ziņošos pasākuma dalībniekus par dabai draudzīgas kempingošanas un izdzīvošanas pamatiem. Pasākumā tiek sniegts ieskats arī pirmās palīdzības sniegšanā. Optimālais publisko pasākumu dalībnieku skaits ir 10-15 cilvēki uz vienu organizatoru jeb grupas vadītāju. Lielāka apjoma pasākumi (30-50 dalībnieki) tiek ļoti nopietni izvērtēti, jo tas apgrūtinātu satiksmi pa koplietošanas ceļiem, traucētu vietējiem iedzīvotājiem un radītu problēmas atpūtas vietu/ugunskuru vietu uzkopšanā. Pasākumus parasti publicē Facebook vietnē kā atsevišķu pasākumu.

Maršruti tiek izstrādāti balstoties uz pasākuma tipu – vai pasākums ir atvērta tipa vai slēgtais. Tiek izvēlētas apskates vietas, ieskaitot populārus objektus kā, piemēram, Ērgļu klintis. Maršruti tiek plānoti, lai iekļautu interesantākos apskates objektus, vienlaicīgi izvēloties braukšanai atbilstošus ceļus (publiskajos pasākumos) – grants ceļi, asfalts, meža ceļi. Tiek uzsvērts, ka pieredzējušiem dalībniekiem viegli pieejami jeb izbraucami ceļi var šķist mazāk aizraujoši. Maršrūtus pirms gala varianta grupas vadītājs izbrauc patstāvīgi, veicot korekcijas.

Maršrutu plānošanā tiek izmantoti dažādi digitāli risinājumi – OsmAnd, Google Maps. LVM GEO aplikācija tiek izmantota atpūtas vietu un apskates objektu izvēlei. Tiek uzsvērtā dažādu aplikāciju daudzveidība un gaumes jautājums, taču priekšroka ir atvērta tipa jeb koplietošanas servisiem – tajos parādās aktuālie lauku, mazāku ceļu, velotaku vai objektu ierobežojumi, kā arī operatīvas to izmaiņas.

Visi maršruti tiek saskaņoti atbilstoši apskates vietai un maršrutam – gan ar pašvaldībām, gan ar privātiem zemju īpašniekiem. Grupa cenšas maksimāli izvairīties no privātām teritorijām, apzinoties jau iesakņojušos visai negatīvo motobraucēju tēlu un dažādu konfliktu iespējas. Tiek radīts pēc iespējas mierīgāks, atbildīgāks tēls par motobraukšanu un palikšanu pie dabas.

Izaicinājums, organizējot šāda tipa pasākumus, ir uzņemties atbildību un nepielāgot pasākumu atsevišķu cilvēku nepatīkai pret kādu maršrutu vai apskates objektu. Neskaidrību rada tas, ka publiskajos pasākumos precīzi nevar noteikt, kāda tipa cilvēks ieradīsies (prasības, uzvedība). Izbrauciena laikā ir nepieciešams savstarpēji pielāgot braukšanas stilu, lai Enduro grupa turētos vienā kodolā pārvietošanās laikā. Papildu izaicinājumus rada arī pieklūšanas iespēju izmaiņas kādiem objektiem, piemēram, ūdensobjektu krastiem.

Respondents neuzskata, ka nepieciešams stingrāks regulējums atpūtas aktivitātēm pie dabas, viņaprāt, esošais regulējums ar 50 dalībnieku ierobežojumu bez pieteikšanās publiskajiem zemes īpašniekiem ir pietiekams. Galvenās problēmas rodas sakarā ar atsevišķu indivīdu izglītības un apzinīguma trūkumu, kas negatīvi ietekmē visus motobraucējus un grauj to tēlu. Respondents uzsver, ka grupa dodas pie dabas arī bez motocikliem, organizējot nometnes arī bērniem, ģimenēm. Grupa uzskata, ka tā ir atbildīga ne tikai par savu pasākumu norisi, bet kopumā par cilvēku izglītošanu, kā pavadīt laiku pie dabas korektā un atbildīga veidā. Būtiski ir rādīt pozitīvu piemēru citiem.

Organizators uzskata, ka pamata iemesls pasākumiem ir gūt piedzīvojumu sajūtu. Arī neveiksmes kā, piemēram, saslapinātas kājas vai tamlīdzīgi, ir svarīga piedzīvojuma daļa, kas veidos paliekošas atmiņas un pieredzi. Tā kā grupa nodarbojas arī ar pamata izdzīvošanas tehnikām (ugunskuru iekuršana, pārsēji, nometnes ierīkošana utt.), tad piedzīvojums viņu skatījumā ir arī ļoti praktiska pieredze, ne tikai emocionāls lādiņš.

Noslēdzot interviju, dalībnieks uzsvēra nepieciešamību pēc lielāka skaita iekārtotu atpūtas vietu (t.i., ugunskura vietas un nakšņošanas namiņi/pajumtes). Tika ļoti uzsvērti piemēri no Igaunijas valsts mežu apsaimniekotāju pieredzes. Tika uzsvērts, ka mazs skaits vai nevienmērīgi izvietotas atpūtas vietas dabas teritorijās veicina nelegālo jeb slapstīšanās kempingu, kas kaitē videi, bojā atpūtnieku tēlu, un rezultātā rada papildus ierobežojumus un nepareizu priekšstatu. Pieminēts, ka upju laivotājiem naktsmītnes ir pieejamas labā skaitā, taču tādas trūkst gājējiem un cita veida dabas tūristiem. Saistībā ar atkritumu problemātiku dabas teritorijās grupas pārstāvis vairāk sliecas atbalstīt esošo politiku, kur atkritumus tiek aicinās savākt aiz sevis, neveidojot papildus atkritumu urnas dabā.

## 2. Auto izbraucienų grupas pārstāvja intervijas konspekts

Uzņēmums organizē braucienus ar apvidus automašīnām, gan uzņēmuma, gan klientu personīgajiem auto. Izbraucieni tiek plānoti uz vizuāli pievilcīgām vietām, un pasākumu uzsvars ir ainavas skaistuma novērtēšana, nevis 'offroad' komponente. Ļoti tiek uzsvērtas ainavas dažādības nozīme. Fokuss uz apvidus auto ir tāpēc, ka liela daļa ceļu Latvijā nav asfaltēti, un daudzi interesanti apskates objekti ir sarežģīti piekļūstami.

Uzņēmums darbojas kopš 2000.-šo gadu sākuma, aktīvāk kopš 2010.gada. Pirms COVID-19 pandēmijas 90% klientu veidoja ienākošais tūrisms, tagad 90% klientu ir vietējie. Tiek norādīts, ka tagad ienākumi ir divas reizes mazāki, lai gan darba četras reizes vairāk.

Galvenā uzņēmuma darbības motivācija ir peļņa, bet svarīgi ir arī parādīt cilvēkiem skaistas vietas Latvijā. Šis uzņēmējdarbības veids izvēlēts tāpēc, ka uzņēmuma dibinātājiem pašiem ir ilgstoša autoizbraucienų pieredze.

Grupu lielums ir ļoti dažāds. Var būt korporatīvie pasākumi, kur ir tik daudz cilvēku, cik piesakās. Izbraucienos ar privātajiem auto piedalās līdz 10 automašīnām. Cilvēku interese par aktivitāti ir ļoti liela un pēdējos gados pastāvīgi pieaugoša.

Galvenie informācijas avoti maršrutu plānošanā – LVM GEO, kadastrs.lv, Balticmaps. Braucieni netiek plānoti ne pa dabas parkiem, ne pa aizsargājamām teritorijām, visi maršruti tiek

saskaņoti ar LVM, kā arī ar visām pārējām iestādēm, ar ko pēc noteikumiem ir jāaskaņo. Mežos pārvietojas tikai pa valsts mežiem, jo privātipašnieki savas teritorijas šķērsot neļauj.

Respondents bija ļoti kritisks, runājot par meža ainavas kvalitāti, kas ir viens no būtiskākajiem viņa uzņēmējdarbības priekšnosacījumiem. Tika norādīts, ka galvenais izaicinājums ir: Latvijas daba vairs nav skaista, nav, ko rādīt, ir kauns tūristu priekšā. Īpaša vizuālās kvalitātes pasliktināšanās novērota pēdējo septiņu gadu laikā. Mežos vērojama fragmentācija un industrializācija, kas rada iespaidu, ka saimniekots tiek tikai ienākumu gūšanai, ka daba nav priekš cilvēkiem, ka nav ilgtspējīgas plānošanas. Praktiski nav saimnieciskās darbības neskartu vietu. Respondents uzsvēra, ka vizuāli ir milzīga atšķirība starp 100 gadus vecu mežu un 150 gadus vecu mežu. No ainaviskā viedokļa uz slikto pusi ir mainījušies arī meža ceļi, tie zaudējuši ainavisko kvalitāti, pārvērsoties par “meža šosejām”, turklāt pēc kokmateriālu izvešanas tie parasti ir izdangāti. Uzņēmuma pārstāvis uzskata, ka kopumā pašreizējā apsaimniekošanas prakse Latvijas mežiem ir atņēmusi ekskluzivitāti un ainavisko vērtību, ko ļoti labi var redzēt un salīdzināt, ilgstošā laika periodā atgriežoties vienās un tajās pašās vietās. Problēma ir arī tāda, ka nav iespējams izstrādāt jaunus maršrutus, jo meži ir fragmentēti un daudz kur vairs nedrīkst braukt, kur agrāk drīkstēja (liegumi, militārās teritorijas, privāti īpašumi).

Privātie īpašnieki neļauj braukt caur saviem īpašumiem, jo citas grupas (gan motociklisti, gan autobraucēji) ir radījušas iespaidu, ka motobraucēji un autobraucēji izposta teritorijas. Tur ir liela taisnība, taču visi tā nedara. Tie, kas tā dara, parasti neveido oficiālas organizācijas, bet apvienojas, piemēram, slēgtās Facebook grupās. Privātie īpašnieki ir ļoti agresīvi, reizēm neļauj braukt pat pa publiskajiem ceļiem, kas iet garām īpašumam (nostājas priekšā uz ceļa, piemēram). Šādos gadījumos tiek meklēts mierīgs risinājums un cits ceļš, bet pasākums noskaņa ir sabojāta.

Lielākais ieguvums dalībniekiem ir iespēja atpūsties dabā, nodarboties ar veselīgu hobiiju. Daudzi arī pēc tam ar dabu “saslimst” un tur pēc tam dodas paši.

### 3. Purvu pārgājienu/dabas tūrisma organizācijas pārstāvja intervijas konspekts

Pārstāvis, atšķirībā no citiem grupu pārstāvjiem, ir LDTA biedrs (Latvijas Dabas tūrisma asociācija). Pamatā grupa darbojas ar purvu pārgājieniem ar sniega jeb purva kurpēm, taču intervētais respondents nodarbojas ar dažādu dabas tūrisma/pārgājienu organizēšanu arī citās ekosistēmās. Organizācijā ir 3-4 cilvēki. Pārgājienu grupās parasti piedalās no 2 līdz 15 cilvēkiem (uz vienu gidu/vadītāju). Šo specifiku maina privāta rakstura pārgājieni (skolēni, uzņēmumu pasākumi). Tiek uzsvērts, ka jānodala divi sabiedrības elementi – dabas tūristi un dabas atpūtnieki.

Pasākumu plānošanas procesā uzreiz no maršruta tiek izslēgti mikroliegumi, rezervāti, sezonālo liegumu vietas. Nacionālie parki ir ar vislielāko pieprasījumu (attīstīto ceļu un taku tīklu dēļ). Galvenais kritērijs maršruta izvēlei ir cilvēku patika gan pēc vizuālās, gan pēc reljefa dažādības, bet taku izmērs un kvalitāte nav būtiski faktori. Negatīvi dabas pārgājienos tiek vērtēti vienveidīgi meža ceļi, stigas. Purvu maršrutos tiek izvērtēta purva degradācijas pakāpe un meliorācijas tīklu esamība. Tiek atzīmēts, ka 70% organizēto pārgājienu dalībnieku ir sievietes. Uzsvērts, ka organizatora pasākumos nav novērota atkritumu izmešana, tieši pretēji, - atkritumi mēdz tikt izvākti pasākuma laikā, uzkopjot kādu teritoriju (purvu).

Maršruta plānošanā tiek izmantotas tālzipētes metodes – ortofoto, LIDAR reljefa kartes, topogrāfiskās kartes. Izmanto arī vietas.lv, dodies.lv, arī Google Maps un DAP Ozols sistēmu. Datus apstrādā QGIS vidē. Tiek izvērtēta apmeklējamo purvu aplūšanas pakāpe, kā arī, vai ir pieejami kartēs neiezīmēti tiltiņi, laipas. Lai aptuveni izvērtētu kāda konkrēta maršruta popularitāti, tiek izmantots Strava HeatMap. Maršrutu parasti sāk no kāda stāvlaukuma vai meža ceļa apgriešanās laukuma. Alternatīvi sākumpunkti - stacija, autobusu pieturas. Visbiežāk maršruti un pārgājieni ir apļveida. Parasti tie iekļauj kādu apskates objektu – militāro mantojumu, atsegumu, īpašu reljefa formu, skatu punktu.

Sabiedrības interese par organizācijas piedāvātajiem pasākumiem pēdējo gadu laikā pieaug, jo ir augusi kopējā interese par dabas pārgājieniem. COVID-19 ietekmē mazinājās konkurence starp dažādiem kultūras un atpūtas pasākumu organizētājiem, taču šobrīd ir palielinājusies konkurence starp dažādiem dabas pasākumu rīkotājiem.

Organizators cenšas izvairīties no vietām, kur ir nepieciešamība saskaņot pasākumu. Ja ir privātīpašums, tiek mainīts maršruts vai iepriekš precizētas privātīpašuma robežas kadastra sistēmā. Konfliktsituācijas gadās ļoti reti, un, ja tādas ir, tad tiek atrisinātas korekti. Tiek minēts piemērs medībām plānotajā maršrutā, kā arī dalībnieku auto novietošanu pie privātīpašuma, bet, veicot pārrunas visas situācijas ir atrisinātas.

Viens no piemēriem, runājot par negatīvu pieredzi kopumā, ir pavirši izstrādāti maksas dabas pārgājienu maršruti, kas neņem vērā privātīpašumu robežas un dabas aizsardzības principus (piemēram, liegumi vai privātīpašumi tiek konstatēti tikai pārgājiena laikā vai pēc tā). Ir konstatēti maršruti caur mikroliegumiem, kuri tiek tirgoti gatavā .gpx formātā. Tas veicina situācijas, kad tiek atstāts negatīvs iespaids uz visiem pārējiem dabas pārgājienu veidotājiem. Tomēr arī šādas situācijas var noregulēt ar pārrunu palīdzību. Problemātika var rasties ar ‘supošanas’ aktivitāti, sevišķi putnu mikroliegumos.

Grupa kopumā savu pienesumu saredz kā iespēju sniegt cilvēkiem jaunas zināšanas, enerģiju, arī nokļūt tuvāk dabai. Atšķirībā no parastiem purvu gājieniem laipām, dodoties pārgājienā ar purvu/sniega kurpēm, tiek palielināta izpratne par dabu tuvplānā.

Runājot par dabas tūrisma regulējumu, tika uzsvērts, ka likumā un valsts pārvaldē neeksistē prasības vai kvalifikācija dabas tūrisma gidam. Trūkst šīs nozares profesionāļu iesaistes un pārstāvniecības valdības līmenī, kur tiek pārstāvēts tikai tūrisms viesmīlības un nakšņošanas sfērā. Respondents uzskata, ka obligāta kvalifikācija gidiem būtu labs risinājums, jo tas veicinātu dažādu obligāto iemaņu apguvi, kas vajadzīgas dabā, piemēram, pirmās palīdzības sniegšana.

#### 4. Jauniešu organizācijas pārstāvju intervijas konspekts

Grupas pārstāvji raksturo sevi kā komandu, kura caur vidi, mežu un dabu piedāvā dažādus organizētus piedzīvojumus un sacensības, kā arī talkas un upju tīrīšanas pasākumus. Grupa ir neformāla izglītības platforma, kuras pirmsākumi ir dažādu jaunatnes nometņu rīkošana.

Pasākumiem vietas tiek izvēlētas primāri meklējot starp biedrības biedru mājvietām/lauku mājām. Atsevišķos gadījumos tiek meklētas maksas mītnes/viesu nami. Tas tiek darīts, lai ir pēc iespējas mazāka nepieciešamā saskaņošana. Savlaicīgi pirms pasākuma tiek organizēts “izlūkbrauciens”, kura laikā tiek apziņoti visi īpašnieki, kurus varētu ietekmēt pasākuma rīkošana.

Tiek izmantoti tādi karšu servisi kā LVM GEO, Balticmaps, orientēšanās kartes. Norādīts, ka pasākumu veidošanai vēlams izmantot 1:10 000 vai lielāka mēroga kartes, lai palielinātu dažādu pasākumam vajadzīgo kontrolpunktu precīzu novietojumu. Papildus tiek izmantoti arī dažādi literatūras avoti, lai veidotu uzdevumus dalībniekiem.

Veidojot pasākumus meža teritorijās, tiek pievērsta uzmanība, piemēram, stigu novietojumam, un tiek izvērtēta iespēja izvietot punktus, kā arī dalībnieku iespējas šos punktus atrast.

Meža loma ir ļoti būtiska gan organizācijas rīkotajos pasākumos, gan arī organizācijas identitātei kopumā. Tika norādīts, ka ir liela nožēla par cilvēkiem, kuri neizprot vai nav izjutuši dabas sniegto mieru un spēku. Mežs ir ideālākā vieta, kurā var pielāgot pasākumos veicamos uzdevumus, kas ir sevišķi būtiska neformālās izglītības kontekstā. Mežs sniedz arī dažādu dabisko infrastruktūru. Paralēli pasākumiem tiek veikta izglītošana par vides tīrību un sakopšanu – pēc

pasākumiem notiek teritorijas uzkopšanas darbi un bieži teritorijas paliek tūrākās nekā pirms pasākuma.

## Secinājumi

1. Visi respondenti uzsvēra, ka viņu organizētās aktivitātes, pirmkārt, ir veids, kā palīdzēt cilvēkiem iepazīt dabu. Motorizētie transportlīdzekļi (motocikli, apvidus auto) ir tikai līdzeklis, kā nonākt tuvāk dažādiem dabas objektiem, nodrošināt komfortablāku uzturēšanos lauka apstākļos utt.
2. Kopumā visi interviju dalībnieki uzsvēra ļoti atbildīgu pieeju savu pasākumu, maršrutu un aktivitāšu plānošanā, kas ietver gan detalizētu potenciālo maršrutu priekšizpēti, gan pasākumu saskaņošanu (formāli un neformāli), gan pasākumu dalībnieku izglītošanu par atbildīgu atpūtu dabā. Vairākās intervijās kā būtisks aspekts iezīmējās daba un sevišķi mežs kā izglītības platforma un aktīvās atpūtas aktivitāšu organizatoru misija sabiedrības izglītošanā par atbildīgu atpūtu dabā.
3. Kā galvenie respondentu organizēto aktivitāšu ieguvumi tika minēti piedzīvojumi, iespēja iepazīt skaistus skatus un īpatnējus objektus, apgūt jaunas iemaņas un pārvarēt sevi. Pie izaicinājumiem tika pieskaitīta atsevišķu bezatbildīgu indivīdu radītā aktivitāšu negatīvā reputācija (sevišķi attiecībā uz auto un moto pasākumiem), pieaugošie ierobežojumi maršrutu veidošanai, privātīpašnieku negatīvā attieksme un ainavas kvalitātes pasliktināšanās (dabiskuma zudums).
4. Respondenti iezīmēja praktisku pasākumu vadīšanas niansi - vēlamais pasākuma dalībnieku skaits publiskajā formātā ir 10-15 dalībnieki uz vienu gidu jeb atbildīgo personu. Pasākumos ar būtiski lielāku dalībnieku skaitu (piemēram, virs 50) dabas teritorijās ir daudz sarežģītāk nodrošināt organizētu un atbilstošu pasākuma norisi (sevišķi liekot uzsvāru uz atkritumu savākšanu un negatīvās ietekmes uz vidi kopumā mazināšanu).
5. Plānošanā priekšroka viennozīmīgi tiek dota bezmaksas un brīvpieejas datu avotiem – Google Maps, Jāņa Sētas karšu resursiem, LVM GEO u.c. Lai izvairītos no īpašumtiesību pārkāpumiem, tiek izmantots arī kadastra serviss. Neliels pozitīvs uzsvārs ir uz karšu servisiem/slāņiem, kuri piedāvā ļoti smalkus un citur nepieejamus taku un velociņu tīklus (piemēram, Open Street Maps). Maršrutu tālākā apstrāde notiek vai nu brīvpieejas GIS aplikācijās (QGIS), vai izmantojot .gpx punktu apstrādes un eksporta rīkus.
6. Kopumā interviju dalībnieki neizteica vēlēšanos pēc papildu noteikumiem vai formālākas procedūras, kas regulētu dabas pasākumu norisi. Vienā intervijā minēta nepieciešamība pēc kvalifikācijas iegūšanas un profesijas standarta izveides dabas pārgājienu un pasākumu organizētājiem. Iezīmējas virzība uz lielāku dabas tūrisma pārstāvniecību valsts pārvaldības līmenī, tomēr pamatā intervijas dalībnieki uzsver, ka priekšnoteikums aktivitātes pozitīvai attīstībai ir atbildīga un saudzējoša attieksme no visiem konkrētās aktivitātes organizētājiem. Reputācijas problēmas, ko rada atsevišķi indivīdi, veido visas grupas negatīvo tēlu.

## Literatūra

1. Sténs, A., Bjärstig, T., Nordström, EM. et al. 2016. In the eye of the stakeholder: The challenges of governing social forest values. *Ambio* 45 (Suppl 2), 87–99. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0745-6>
2. Rosa, P., de Almeida, M., Carvalhinho, L. 2014. Understanding Stakeholder's Perceptions on Practice of Nature-Based Sports in a Portuguese Natural Park. *Journal of Tourism Management Research* (1), 43-59. <https://doi.org/10.18488/journal.31/2014.1.2/31.2.43.59>

## Pielikumi

1. pielikums

### Sugu saraksts un sastopamība visos pētījuma objektos

Vaskulāro augu sugas	Sastopamība	Vaskulāro augu sugas	Sastopamība
<i>Achillea millefolium</i>	91	<i>Carex hirta</i>	16
<i>Acorus calamus</i>	1	<i>Carex leporina</i>	28
<i>Aegopodium podagraria</i>	41	<i>Carex nigra</i>	11
<i>Agrostis gigantea</i>	2	<i>Carex pallescens</i>	8
<i>Agrostis stolonifera</i>	11	<i>Carex pseudocyperus</i>	4
<i>Agrostis tenuis</i>	145	<i>Carex remota</i>	2
<i>Alchemilla vulgaris</i>	11	<i>Carex rostrata</i>	2
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	3	<i>Carex species</i>	45
<i>Alnus glutinosa</i>	23	<i>Carex sylvatica</i>	3
<i>Alnus incana</i>	6	<i>Carex vesicaria</i>	5
<i>Alopecurus aequalis</i>	1	<i>Centaurea jacea</i>	17
<i>Anchusa officinalis</i>	1	<i>Centaurea scabiosa</i>	1
<i>Anemone nemorosa</i>	7	<i>Centaurea species</i>	7
<i>Angelica sylvestris</i>	37	<i>Cerastium arvense</i>	20
<i>Anthemis tinctoria</i>	6	<i>Cerastium holosteoides</i>	44
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	2	<i>Ceratodon purpureus</i>	72
<i>Anthriscus sylvestris</i>	31	<i>Chaenorhinum minus</i>	7
<i>Anthyllis vulneraria</i>	3	<i>Chamaenerion angustifolium</i>	74
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	1	<i>Chenopodium album</i>	4
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	11	<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	2
<i>Armoracia rusticana</i>	1	<i>Cicuta virosa</i>	3
<i>Artemisia campestris</i>	6	<i>Cirsium arvense</i>	32
<i>Artemisia vulgaris</i>	91	<i>Cirsium oleraceum</i>	31
<i>Athyrium filix-femina</i>	21	<i>Cirsium palustre</i>	18
<i>Betula pendula</i>	76	<i>Cirsium species</i>	10
<i>Betula pubescens</i>	4	<i>Cirsium vulgare</i>	14
<i>Betula species</i>	39	<i>Clinopodium vulgare</i>	7
<i>Bidens tripartita</i>	1	<i>Comarum palustre</i>	2
<i>Bromopsis species</i>	2	<i>Convallaria majalis</i>	7
<i>Bromus mollis</i>	2	<i>Convolvulus arvensis</i>	3
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	57	<i>Coronaria flos-cuculi</i>	10
<i>Calamagrostis canescens</i>	26	<i>Corylus avellana</i>	2
<i>Calamagrostis epigejos</i>	123	<i>Crepis species</i>	14
<i>Calluna vulgaris</i>	110	<i>Crepis tectorum</i>	1
<i>Campanula patula</i>	23	<i>Dactylis glomerata</i>	36
<i>Campanula rotundifolia</i>	3	<i>Dactylorhiza maculata</i>	1
<i>Cardamine sp.</i>	2	<i>Daucus carota</i>	23
<i>Cardaminopsis arenosa</i>	9	<i>Deschampsia cespitosa</i>	19
<i>Carex cespitosa</i>	2	<i>Deschampsia flexuosa</i>	13
<i>Carex cinerea</i>	10	<i>Dryopteris carthusiana</i>	32
<i>Carex contigua</i>	1	<i>Eleocharis palustris</i>	1
<i>Carex digitata</i>	13	<i>Elymus caninus</i>	9

<i>Carex echinata</i>	7	<i>Elytrigia repens</i>	19
<i>Carex elongata</i>	1	<i>Epilobium species</i>	40
<i>Carex flava</i>	9	<i>Epipactis helleborine</i>	14
<i>Carex globularis</i>	2	<i>Equisetum arvense</i>	43
<i>Equisetum pratense</i>	5	<i>Juncus compressus</i>	1
<i>Equisetum sylvaticum</i>	39	<i>Juncus effusus</i>	85
<i>Erigeron acer</i>	7	<i>Juncus filiformis</i>	13
<i>Erigeron annuus</i>	15	<i>Juncus tenuis</i>	4
<i>Erigeron canadensis</i>	103	<i>Juniperus communis</i>	1
<i>Erysimum hieracifolium</i>	1	<i>Knautia arvensis</i>	20
<i>Euphrasia sp.</i>	1	<i>Lamium album</i>	3
<i>Festuca gigantea</i>	5	<i>Lathyrus pratensis</i>	33
<i>Festuca ovina</i>	25	<i>Lathyrus sylvestris</i>	12
<i>Festuca pratensis</i>	23	<i>Ledum palustre</i>	1
<i>Festuca rubra</i>	109	<i>Leontodon autumnalis</i>	23
<i>Festuca sp.</i>	1	<i>Leontodon hispidus</i>	11
<i>Filipendula ulmaria</i>	15	<i>Leontodon species</i>	1
<i>Fragaria vesca</i>	40	<i>Leucanthemum vulgare</i>	70
<i>Frangula alnus</i>	38	<i>Lolium perenne</i>	80
<i>Galeobdolon luteum</i>	1	<i>Lonicera xylosteum</i>	1
<i>Galeobdolon species</i>	1	<i>Lupinus polyphyllus</i>	44
<i>Galeopsis species</i>	7	<i>Luzula campestris</i>	1
<i>Galeopsis tetrahit</i>	6	<i>Luzula multiflora</i>	21
<i>Galium album</i>	55	<i>Luzula pilosa</i>	78
<i>Galium aparine</i>	2	<i>Luzula species</i>	6
<i>Galium boreale</i>	1	<i>Lycopus europaeus</i>	18
<i>Galium elongatum</i>	6	<i>Lysimachia vulgaris</i>	38
<i>Galium palustre</i>	16	<i>Lythrum salicaria</i>	1
<i>Galium uliginosum</i>	2	<i>Maianthemum bifolium</i>	28
<i>Geranium palustre</i>	4	<i>Matricaria perforata</i>	14
<i>Geranium robertianum</i>	1	<i>Medicago falcata</i>	1
<i>Geranium sanguineum</i>	1	<i>Medicago lupulina</i>	93
<i>Geranium species</i>	1	<i>Medicago sativa</i>	2
<i>Geum rivale</i>	8	<i>Melampyrum nemorosum</i>	55
<i>Glyceria fluitans</i>	3	<i>Melampyrum pratense</i>	74
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	17	<i>Melica nutans</i>	4
<i>Goodyera repens</i>	3	<i>Melilotus albus</i>	30
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	3	<i>Mentha arvensis</i>	11
<i>Heracleum sosnowsky</i>	2	<i>Moehringia trinervia</i>	5
<i>Hieracium pilosella</i>	4	<i>Molinia caerulea</i>	59
<i>Hieracium species</i>	53	<i>Mycelis muralis</i>	30
<i>Huperzia selago</i>	1	<i>Myosotis arvensis</i>	17
<i>Hypericum maculatum</i>	20	<i>Oenothera biennis</i>	8
<i>Hypericum perforatum</i>	20	<i>Orthilia secunda</i>	12
<i>Hypericum species</i>	3	<i>Oxalis acetosella</i>	39
<i>Hypochaeris radicata</i>	12	<i>Paris quadrifolia</i>	3
<i>Impatiens noli-tangere</i>	2	<i>Pastinaca sativa</i>	10

<i>Iris pseudacorus</i>	3	<i>Persicaria maculosa</i>	1
<i>Jasione montana</i>	11	<i>Peucedanum palustre</i>	2
<i>Juncus articulatus</i>	15	<i>Phegopteris connectilis</i>	1
<i>Phleum pratense</i>	48	<i>Scutellaria galericulata</i>	6
<i>Phragmites australis</i>	8	<i>Senecio jacobaea</i>	16
<i>Picea abies</i>	129	<i>Senecio species</i>	11
<i>Pilosella praealta</i>	9	<i>Senecio sylvaticus</i>	4
<i>Pimpinella saxifraga</i>	1	<i>Silene nutans</i>	1
<i>Pinus sylvestris</i>	93	<i>Silene vulgaris</i>	1
<i>Plantago lanceolata</i>	3	<i>Solanum dulcamara</i>	6
<i>Plantago major</i>	93	<i>Solidago canadensis</i>	46
<i>Poa annua</i>	38	<i>Solidago gigantea</i>	1
<i>Poa gigantea</i>	8	<i>Solidago virgaurea</i>	20
<i>Poa palustris</i>	31	<i>Sonchus arvensis</i>	5
<i>Poa pratensis</i>	26	<i>Sonchus oleraceus</i>	6
<i>Poa species</i>	1	<i>Sonchus species</i>	6
<i>Pogonatum urnigerum</i>	24	<i>Sorbus aucuparia</i>	20
<i>Pohlia nutans</i>	14	<i>Spergula arvensis</i>	28
<i>Polygala vulgaris</i>	1	<i>Stachys palustris</i>	1
<i>Polygonatum odoratum</i>	7	<i>Stellaria graminea</i>	42
<i>Polygonum arenastrum</i>	3	<i>Stellaria holostea</i>	2
<i>Polygonum hydropiper</i>	20	<i>Stellaria longifolia</i>	9
<i>Polygonum persicaria</i>	3	<i>Stellaria media</i>	8
<i>Populus tremula</i>	39	<i>Stellaria nemorum</i>	2
<i>Potentilla anserina</i>	3	<i>Symphytum officinale</i>	2
<i>Potentilla erecta</i>	30	<i>Tanacetum vulgare</i>	20
<i>Prunella vulgaris</i>	67	<i>Taraxacum officinale</i>	130
<i>Pteridium aquilinum</i>	46	<i>Thelypteris palustris</i>	1
<i>Pyrola rotundifolia</i>	1	<i>Thymus serpyllum</i>	4
<i>Quercus robur</i>	12	<i>Tilia cordata</i>	1
<i>Ranunculus acris</i>	23	<i>Torilis japonica</i>	2
<i>Ranunculus aquatilis</i>	1	<i>Tragopogon pratensis</i>	6
<i>Ranunculus flammula</i>	4	<i>Trientalis europaea</i>	12
<i>Ranunculus repens</i>	42	<i>Trifolium arvense</i>	14
<i>Rorippa palustris</i>	1	<i>Trifolium aureum</i>	8
<i>Rubus caesius</i>	11	<i>Trifolium hybridum</i>	11
<i>Rubus idaeus</i>	106	<i>Trifolium medium</i>	29
<i>Rubus nessensis</i>	3	<i>Trifolium pratense</i>	23
<i>Rubus saxatilis</i>	4	<i>Trifolium repens</i>	76
<i>Rumex acetosa</i>	38	<i>Tussilago farfara</i>	63
<i>Rumex acetosella</i>	39	<i>Typha latifolia</i>	2
<i>Rumex crispus</i>	9	<i>Urtica dioica</i>	23
<i>Rumex obtusifolius</i>	2	<i>Vaccinium myrtillus</i>	93
<i>Sagina procumbens</i>	3	<i>Vaccinium uliginosum</i>	8
<i>Salix species</i>	127	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	76
<i>Sambucus racemosa</i>	1	<i>Valeriana officinalis</i>	32
<i>Scirpus sylvaticus</i>	4	<i>Verbascum nigrum</i>	6



<i>Scleranthus annuus</i>	17	<i>Veronica chamaedrys</i>	73
<i>Scrophularia nodosa</i>	6	<i>Veronica officinalis</i>	60
<i>Veronica scutellata</i>	3	<i>Viburnum opulus</i>	1
<i>Vicia cracca</i>	60	<i>Vicia sylvatica</i>	10
<i>Viola species</i>	64	<i>Viscaria vulgaris</i>	1
<b>Sūnu sugas</b>	<b>Sastopamība</b>	<b>Sūnu sugas</b>	<b>Sastopamība</b>
<i>Atrichum undulatum</i>	13	<i>Plagiochila asplenioides</i>	1
<i>Aulacomnium palustre</i>	71	<i>Plagiomnium affine</i>	50
<i>Brachythecium albicans</i>	4	<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	22
<i>Brachythecium rutabulum</i>	16	<i>Plagiomnium undulatum</i>	20
<i>Brachythecium species</i>	10	<i>Pleurozium schreberi</i>	116
<i>Calliergon cordifolium</i>	4	<i>Polytrichastrum formosum</i>	10
<i>Calliergonella cuspidata</i>	16	<i>Polytrichum commune</i>	34
<i>Cirriphyllum piliferum</i>	15	<i>Polytrichum juniperinum</i>	73
<i>Climacium dendroides</i>	10	<i>Polytrichum piliferum</i>	1
<i>Dicranum majus</i>	4	<i>Ptilium crista-castrensi</i>	20
<i>Dicranum polysetum</i>	76	<i>Rhizomnium punctatum</i>	3
<i>Dicranum scoparium</i>	21	<i>Rhodobryum roseum</i>	13
<i>Eurhynchium angustirete</i>	33	<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	43
<i>Eurhynchium hians</i>	1	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	36
<i>Hylocomium splendens</i>	139	<i>Sphagnum girgensohnii</i>	18
<i>Marchantia polymorpha</i>	26	<i>Tetraphis pellucida</i>	37
<b>Ķērpju sugas</b>	<b>Sastopamība</b>	<b>Ķērpju sugas</b>	<b>Sastopamība</b>
<i>Cladonia arbuscula</i>	5	<i>Cladonia species</i>	18
<i>Cladonia gracilis</i>	2	<i>Peltigera canina</i>	4
<i>Cladonia rangiferina</i>	10	<i>Peltigera species</i>	20