

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

**AUGSNES FAKTORU NOZĪME ZĀLĀJU EKOSISTĒMU
PAKALPOJUMU NODROŠINĀŠANĀ VIDZEMĒ**
MAĢISTRA DARBS

Autors: Ieva Rotkovska

Stud. apl. ir12073

Darba vadītājs: Raimonds Kasparinskis,

Dr.geogr., docents, vadošais pētnieks

RĪGA 2017

ANOTĀCIJA

Augsnes īpašības ietekmē zālāju kvalitāti un to ilgtspējīgu apsaimniekošanu, kā arī arvien nozīmīgs kļūst jautājums par ekosistēmu pakalpojumiem, kas ir atkarīgi no augsnes īpašībām. Turklāt kopš pagājušā gadsimta otrās puses Eiropā un arī Latvijā ir vērojama strauja zālāju platību samazināšanās, tajā skaitā arī Vidzemes augstienē, tadēļ ļoti būtiski ir noskaidrot augšņu faktoru nozīmi un augsnes indikatorus, kas nodrošina zālāju ekosistēmu pakalpojumus.

Maģistra darba mērķis ir noskaidrot zālāju ekosistēmu izplatības un to pakalpojumu sakarības ar augsnes faktoriem un augsnes īpašībām Vidzemes centrālajā daļā.

Pētījumā apkopota literatūra par zālāju ekosistēmu pakalpojumu raksturojumu, nodrošinājumu un to ietekmējošiem faktoriem, kā arī augsnes indikatoriem zālāju ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā.

Pētījuma rezultāti parādīja, ka nozīmīgi augsnes faktori, kas ietekmē zālāju apsaimniekošanas, t.sk. ES atbalsta maksājumiem pieteikto platību telpisko izplatību un diferenciaciju ir augsnes kontūru platība, ko ietekmē zemes kvalitatīvā vērtība, mitruma apstākļi, kā arī augsnes granulometriskā sastāva grupas, kas savukārt nosaka augsnes ķīmiskās īpašības un zālāju ekosistēmu regulējošos pakalpojumus.

Atslēgas vārdi: daļēji dabiskie zālāji, augsnes indikatori, augsnes īpašības, ekosistēmu regulējošie pakalpojumi.

ANNOTATION

Quality and sustainable management of grasslands are influenced by soil properties, as well as importance rises related to ecosystem services that are dependent on soil properties. Furthermore fast decrease in grassland areas were observed from second part of previous century in Europe as well as in Latvia, including Vidzeme upland. Therefore very important is to clarify the role of soil factors and indicators that provides grassland ecosystem services.

The aim of the master thesis is to clarify relationships between soil factors and soil properties and distribution of grasslands and its ecosystems services in the central part of Vidzeme.

Literature related to characterization and provisioning of grassland ecosystem services and its influencing factors as well as soil indicators are collected.

The study results shows that important soil factors that impacts management of grasslands, including spatial distribution and differentiation of areas for EU support payments are: area of soil contour that is influenced by value of land quality, moisture conditions, as well as soil textural classes, that determinate soil chemical properties and grassland ecosystems regulating services.

Keywords: semi-natural grasslands, soil indicators, soil properties, ecosystem regulating services.

SATURS

ANOTĀCIJA	2
ANNOTATION	3
IEVADS	5
1. Zālāju ekosistēmu pakalpojumu raksturojums	8
1.1. Zālāju ekosistēmu pakalpojumu nodrošinājums un to ietekmējošie faktori Latvijā	10
2. Augsnes faktoru raksturojums un augsnes indikatori ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā zālājos	18
2.1. Augsnes fizikālās īpašības	19
2.1.1. Augsnes cilmieža ģenētiskais tips un granulometriskais sastāvs	19
2.2. Augsnes morfoloģiskās īpašības	20
2.2.1. Organisko vielu akumulācija	20
2.2.2. Izskalošanās	21
2.2.3. Ieskalšanās (iluviācija, lesivēšanās)	22
2.2.4. Lesivēšanās	22
2.2.5. Glejošanās	23
3. Augsnes ķīmisko īpašību raksturojums	24
4. Pētījuma materiāls un metodes	29
4.1. Izejas dati	29
4.2. Pētījuma metodes	30
4.3. Datu statistiskā apstrāde	32
5. Rezultāti un diskusija	34
5.1. Zālāju un to regulējošo ekosistēmu pakalpojumu (augsnes faktoru) telpiskās izplatības raksturojums un sakarības Vidzemē	34
5.1.1. Zālāju un augsnes faktoru telpiskās izplatības raksturojums	34
5.1.2. Zālāju un augsnes faktoru telpiskās izplatības likumsakarības Vidzemes centrālajā daļā	39
5.2. Pētīto etalonteritoriju ES nozīmes zālāju biotopu augšņu un to īpašību raksturojums	44
5.2.2. ES nozīmes zālāju biotopu pētīto etalonteritoriju un augsnes faktoru likumsakarības	55
SECINĀJUMI	62
PATEICĪBA	63
LITERATŪRAS SARAKSTS	64
PIELIKUMS	68

IEVADS

Ziemeļeiropā daļēji dabiskie zālāji ir sugām relatīvi bagātākais biotops. Šiem zālājiem vēsturiski ir liela nozīme saistībā ar ganībām un siena pļavām. Šajās teritorijās sastopamas apdraudētas un retas vaskulāro augu sugas, tomēr pēdējos gados šo zālāju platības un sugu sastāvs ir krietni samazinājies. Būtiski ietekmējoši faktori tam ir zemes lietojuma maiņa, pamešana un aizaugšanas procesi, fragmentācija, kā arī zālāju bagātināšanās ar barības vielām.

Ekosistēmu pakalpojumu pieejas pielāgošana dažādu ekosistēmu apsaimniekošanā pēdējos gados ir guvusi arvien lielāku interesi pasaulē. Šāda pieeja dod iespēju izpētīt, kā zemes apsaimniekošanas un izmantošanas prakse ietekmē dabas kapitāla krājumus, procesus un ekosistēmu pakalpojumu plūsmu (Dominati et al., 2014). No visām lauksaimniecības nozarēm tieši daļēji dabiskie zālāji ir nozīmīgi dažādiem ieguvumiem, piemēram, lopu ganīšanai un sienam, īpaši nozīmīgi ir regulējošie pakalpojumi. Publikācijas saistībā ar regulējošiem pakalpojumi ir relatīvi vairāk pēdējā laikā nekā publikācijas saistībā ar citiem ekosistēmu pakalpojumiem. Visbiežāk ir konstatētas publikācijas par klimata regulācija (44 publikācijas gadā), pārtikas nodrošinājumu (37 publikācijas gadā), ūdens plūsmas regulāciju (28 publikācijas gadā) un ūdens apgādi (21 publikācijas gadā) (Crossman et al., 2013). Tomēr ir relatīvi maz literatūras, augsnes nozīmi ekosistēmas pakalpojumu nodrošināšanā.

Tādēļ maģistra darba **mērķis** ir noskaidrot zālāju ekosistēmu izplatības un to pakalpojumu sakarības ar augsnes faktoriem un augsnes īpašībām Vidzemes centrālajā daļā.

Maģistra darba uzdevumi:

- 1) Apkopot zinātnisko literatūru par:
 - zālāju ekosistēmu pakalpojumu raksturojumu, nodrošinājumu un to ietekmējošiem faktoriem.
 - augsnes faktoru raksturojumu un augsnes indikatoriem zālāju ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā.
- 2) Eiropas Savienības nozīmes zālāju biotopu raksturīgākajās izplatības teritorijās Vidzemes centrālajā daļā, lauka darbu apstākļos veikt:
 - pētījuma etalonteritoriju ierīkošanu izmantojot Dabas aizsardzības pārvaldes datu bāzi "Ozols" ES nozīmes zālāju biotopos: 6210 Sausi zālāji kaļķainās augsnēs, 6230* Vilkakūlas zālāji, 6270* Sugām bagātas ganības un ganītas pļavas, 6410 Mītri zālāji periodiski izzūstošās augsnēs, 6510 Mēreni mitras pļavas;

- augšņu daudzveidības (augšņu aprakstīšanu atbilstoši Latvijas un starptautiskajai FAO WRB augšņu klasifikācijai) un to ietekmējošo faktoru (novietojums reljefā, augsnes cilmeža ģenētiskais tips, gruntsūdens līmeņa dziļums, brīvo kalcija karbonātu dziļums) noteikšanu;
 - augsnes veidošanās procesu (t.sk. morfoloģisko īpašību) raksturošanu;
 - augsnes paraugu ievākšanu no ģenētiskajiem horizontiem;
 - augsnes fizikālo īpašību (augšnes granulometriskā sastāva grupas, augsnes tilpummasa) noteikšanu.
- 3) LU ĢZZF augšņu laboratorijā veikt etalonteritorijās ievāktu augsnes paraugu ķīmisko īpašību noteikšanu (kopējā oglekļa saturs (%), kopējā slāpekļa saturs (%), apmaiņas elementu (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Mn^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+}) koncentrācijas (mg kg^{-1}), kustīgā fosfora (P_2O_5) koncentrācijas (mg kg^{-1}), augsnes $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ vērtības noteikšanu.
 - 4) Veikt pētītajās etalonteritorijās ES nozīmes zālāju ekosistēmu regulējošo pakalpojumu nodrošināšanai nozīmīgāko augsnes faktoru raksturošanu un augsnes indikatoru izvērtēšanu, veicot iegūto datu statistisko apstrādi (vienfaktora dispersiju analīze (One way ANOVA), galveno komponentu analīze (PCA)) un iegūto rezultātu interpretāciju.
 - 5) Noskaidrot zālāju ekosistēmu (pastāvīgo pļavu un ganību, sēto zālāju) izplatību un diferenciācijas ietekmējošo augsnes faktoru (augšnes klases, tipus un apakštipus, granulometriskā sastāva grupas, zemes kvalitatīvo vērtību) sakarības.

Šis maģistra darbs ir izstrādāts 2 starptautisko projektu ietvaros, kuru īstenošanā ir piedalījusies darba autore:

- LIFE Viva Grass starptautiskais projekts „Integrēta plānošanas pieeja zālāju dzīvotspējai” (Nr. LIFE13ENV/LT/000189).
- Eiropas Ekonomikas zonas finanšu instrumenta 2009.-2014. gada perioda programmas “Nacionālā klimata politika” starptautiskā zinātniskā projekta “Nacionālās sistēmas pilnveidošana siltumnīcefekta gāzu inventarizācijai un ziņošanai par politikām, pasākumiem un prognozēm” zinātniskā pētījuma projekts “Ilgtspējīga zemes resursu pārvaldības veicināšana, izveidojot digitālu augšņu datubāzi”.

Maģistra darba autore ir piedalījies LU 73. un 75. zinātniskajā konferencē ar šādiem ziņojumiem:

- Matuko, J., Kasparinskis, R., Liepiņš, I., Nikodemus, O., Prižavoite, D., **Rotkovska, I.**, Rozenberga, A. M., Rūsiņa, S. 2015. Dabisko zālāju augsnes Vidzemē. *Latvijas Universitātes 73. Zinātniskā konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātne. Referātu tēzes*. Rīga. Latvijas Universitāte. 478. – 480.
- **Rotkovska I.**, Kasparinskis R., 2017. Augsnes faktoru nozīme zālāju ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā Vidzemē.

Maģistra darba autore ir veikusi zinātniskās literatūras analīzi no starptautiskajiem zinātniski recenzējamiem žurnāliem, kas pieejami datubāzēs: EBSCO, Web Of Science, Scopus un Science Direct, kā arī izmantotas grāmatas, elektroniskie resursi, Dabas aizsardzības pārvaldes dabas datu pārvaldības sistēma “Ozols”, Valsts zemes dienesta augšņu kartēšanas dati.

Autore ir piedalījies lauka darbos, aprakstot augšņu profilus atbilstoši Latvijas augšņu klasifikācijai un ievākusi augšņu paraugus, noteikusi brīvo kalcija karbonātu dziļumu, gruntsūdens līmeņa dziļumu, tilpummasu, kā arī augsnes cilmieža ģenētiskos tipus 2014. un 2015. gada vasarās. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes augšņu laboratorijā autore ir veikusi augsnes paraugu (t.sk. 3 atkārtojumos) fizikālo (augšnes granulometriskais sastāvs) un ķīmisko (kopējā slāpekļa un kopējā oglekļa saturs (%), kustīgais fosfors P_2O_5 ($mg\ kg^{-1}$), apmaiņas elementu (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+}) koncentrācija ($mg\ kg^{-1}$), augsnes pH_{BaCl_2} vērtība) īpašību noteikšanu. No iegūtajiem datiem ir izveidota augšņu īpašību datu bāze.

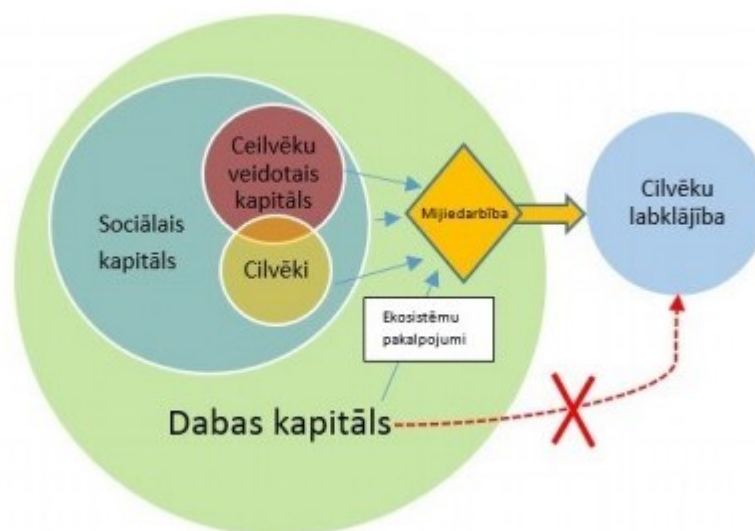
Autore ir sagatavojusi kartes, izmantojot Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes serverī (kartes.geo.lu.lv) pieejamo informāciju, un *GISLatvija 10.2*.

Maģistra darba apjoms ir 67 lpp un to ilustrē 30 attēli un 5 tabulas. Darbam pievienoti 4 pielikumi, no kuriem 3 ir tabulas, un 24 attēli uz 16 lpp.

1. Zālāju ekosistēmu pakalpojumu raksturojums

Ekosistēmas nodrošina ļoti plašu pakalpojumu klāstu, kuri atšķiras gan kvalitatīvi, gan kvantitatīvi atkarībā no ekosistēmas tipa un tās funkcijas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Piemēram, zālāji nodrošina citus ekosistēmu pakalpojumus nekā meži, bet katra no ekosistēmām piedāvā unikālu pakalpojumu klāstu, kuru nevar aizstāt ar citiem. Ekosistēmu pakalpojumu aspektā zālāji ir ekosistēmas, kurās kukaiņi apputeksnē augus un graudzāles, mājlopi tiek nodrošināti ar lopbarību, tiek ražota biomasa, tiek samazināts augsnes erozijas risks, augsnei tiek piesaistīts un akumulēts oglekli utt. (Dominati et al., 2014).

Lai gan ekosistēmu pakalpojumu jēdziens ir salīdzinoši nesen veidojies, bet sen jau ir skaidra dabisko zālāju nozīme – bioloģiskās daudzveidības saglabāšana (bagātīga flora un fauna, sēkļu banka utt.), zālāji sniedz virkni vidi regulējošo pakalpojumu, tostarp ūdens un barības vielu infiltrāciju, kā arī nodrošina oglekļa uzkrāšanu (Humphreys et al., bez dat.).



1.attēls. Savstarpējā mijiedarbība starp cilvēku, cilvēku veidotās vides, sabiedrības un dabas kapitālu, kas nodrošina cilvēku labklājību

(Kalvāne u.c., 2014; Costanza et al. 2014)

Būtiska ir izpratne, ka ekosistēma, kā daļēji dabiskie zālāji nespēj pastāvēt bez cilvēka klātbūtnes (1.attēls). Saskaņā ar vienu no jaunākajām ekosistēmu pakalpojumu definīcijām, ekosistēmu pakalpojumi ir ekosistēmas struktūru un funkciju ieguldījums cilvēku labklājībā, kuri veidojas mijiedarbībā ar cilvēku darbības pienesumu un ieguldījumu ekosistēmā (Kalvāne

u.c., 2014). Balstoties uz vairākiem iepriekš veiktajiem pētījumiem, tiek izdalītas četras ekosistēmu pakalpojumu kategorijas (MEA, 2005):

1. Apgādes pakalpojumi – iegūtie labumi no ekosistēmas, kuri parasti tiek vērtēti naudā - pārtika, ģenētiskie resursi, ārstnieciskie augi u.c.
2. Atbalsta pakalpojumi – ekosistēmas funkcionēšanas nepieciešamie priekšnosacījumi, kas nodrošina arī visus pārējos pakalpojumus, piemēram, biomasas ražošana, atmosfēras skābekļa ražošana, barības vielu aprite u.c.
3. Vides parametru regulējošie pakalpojumi – ekosistēmas funkcijas, kuras ir būtiskas tās pastāvēšanai - piesārņojuma samazināšana, CO₂, augsnes erozijas ierobežošana u.c.
4. Nemateriālie pakalpojumi – saistāmi ar sabiedrības vēlmi un vajadzībām pēc atrašanās dabā, tos var saistīt ar apkārtnes izzināšanu, rekreāciju, kas nodrošina estētisko baudījumu (ainava, sabiedrības apziņā nozīmīgas vietas utt.) (MEA, 2005, Nikodemus u.c., 2011).

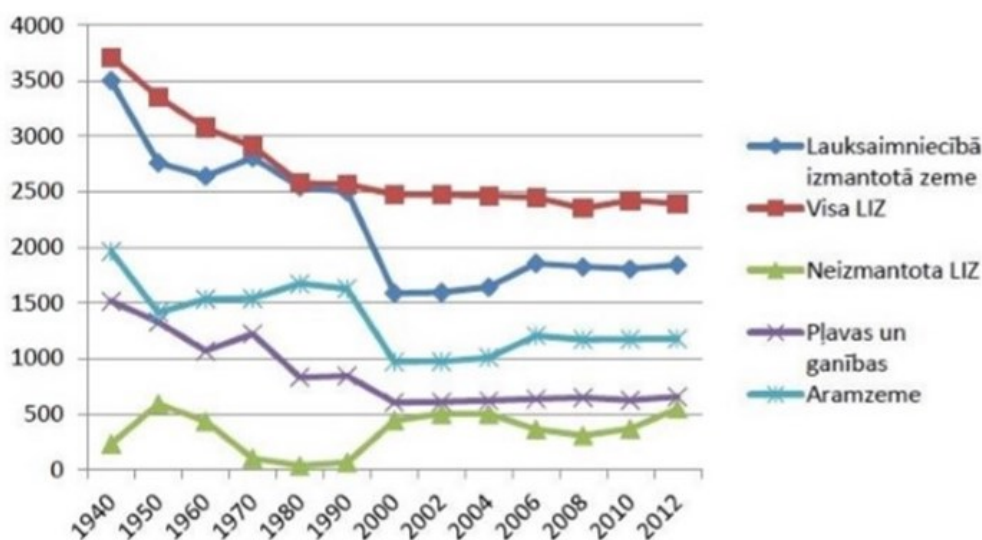
Dažādi zālāju biotopi sniedz atšķirīgus pakalpojumus (Ecosystem services in different grasslands, 2017):

1. Kultivēti zālāji – sniedz augstu ražību lopbarības ražošanai, līdz ar to vairāk piena un gaļas produktus. Šādi zālāji ir mazāk piemēroti kā dzīvotnes sugu saglabāšanai (sēklu bankai), nekā daļēji dabiskie zālāji. Kultivētajiem zālājiem raksturīga relatīvi zema oglekļa piesaiste.
2. Ilggadīgie zālāji – sniedz vidēju lopbarības ražu, kā arī piena un gaļas produktu daudzumu. Ilggadīgajos zālajos parasti ir lielāka sugu daudzveidība, tādējādi nodrošinot lielāku medicīnas augu, kosmētikas produktu un medus ražu. Relatīvi blīvāka veģetācijas veiksmīgāk nodrošina erozijas kontroli stāvākās nogāzēs. Ilggadīgie zālāji ir ar lielāku spēju piesaistīt atmosfēras oglekli.
3. Daļēji dabiskie zālāji – nodrošina augstu sugu daudzveidību (t.sk. kvalitatīvu lopbarību). Šie zālāji ir nozīmīgs biotops apputeksnētājiem, kā arī nodrošina vairākus kultūras pakalpojumus, piemēram, kultūrvēsturiskās ainavas saglabāšanu, atpūtu utt. (Ecosystem services in different grasslands, 2017).

Jebkurš zālājs ir daudzfunkcionāls un tiem ir svarīga nozīme agronomijā, ekonomikā, un sociālajā sfērā (Humphreys et al., bez dat.).

1.1. Zālāju ekosistēmu pakalpojumu nodrošinājums un to ietekmējošie faktori Latvijā

Latvijā daļēji dabisko zālāju platības ir būtiski sarukušas (1.1. attēls), 1940. gadā, apmēram 65 % no lauksaimniecībā izmantojamajām zemēm aizņēma daļēji dabiskie zālāji (Rūsiņa, 2006). Latvijā 1969. gadā pavisam bija 428100 ha pļavu un 694200 ha ganību, kas sastādīja 43% no lauksaimniecībā izmantojamajām zemēm (Tērauds, 1972). Daļēji dabiskie zālāji pēc Valsts Zemes dienesta datiem 2002. gadā lauksaimniecības zemēs bija 5,3 % no šo zemju kopplatības (Boruks, 2004). Šis skaits strauji samazinājās, līdz 21. gs, kad dabiskie zālāji aizņem vairs tikai 0.3 % no Latvijas teritorijas. Vislielākās daļēji dabisko zālāju platības ir Piejūrā un Aiviekstes zemēs, kur uz 1000 ha ir apmēram 5 ha dabisko zālāju (Rūsiņa, 2006).



1.1. attēls Zālāju dinamikas izmaiņas no 1940 – 2012 gadam tūkst. ha

(Prižavoite, 2014)

Parasti zālāji atrodas morēnu pauguros ar lielāku nogāžu slīpumu, kur augsnes erozijas dēļ nav iespējams veikt aršanu. Kā arī līdzenumos vietās, kur mitruma dēļ un akmeņainuma ir aramzemēm maznoderīgas (Boruks, 2004).

Vismazāk daļēji dabisko pļavu ir Zemgales līdzenuma rajonos, it īpaši Dobeles, Jelgavas un Bauskas rajonos. Jo šie zālāji vēsturiski bija izplatīti Lielupes palienē, bet pēc drenāžas veikšanas šīs teritorijas kļuva piemērotas aramzemēm un tika uzartas (Tērauds, 1972; Boruks, 2004). Daļēji dabiskie zālāji galvenokārt atrodas reljefa zemākās vietās ar gleja un glejotām dažāda mehāniskā sastāva augsnēm, kā arī zāļu kūdras augsnēm (Boruks, 2004).

Būtisks faktors ir arī lauksaimniecības zemju pamešana, kas ir veicinājusi zālāju platību samazināšanos – aizaugšanu (Cousins and Eriksson, 2002; Prevosto et al., 2011), kā rezultātā notikusi biotopu fragmentācija, dažas sugas ir kļuvušas apdraudētas un šobrīd ir uz izzušanas robežas. Saistībā ar augstāk minēto problēmu risināšanu, sākot ar 1990.-to gadu vidu, ir uzsākti dažādi eksperimenti zālāju atjaunošanā un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanā (Mountford et al., 1996; Hopkins et al., 1999; Smith et al., 2000; Pywell et al., 2002; Torok et al., 2012; Prach et al., 2014).

Daļēji dabiskie zālāji sniedz plašu ekosistēmu pakalpojumu klāstu, sākot no nemateriālajiem pakalpojumiem līdz pat sēklu bankai un dzīvotņu uzturēšanai (1.1. tabula).

Zālāji ir būtisks barības vielu avots dzīvniekiem, lai gan kultivētie zālāji nodrošina lielāku biomasas kvalitāti un kvantitāti nekā dabiskie zālāji, tomēr ir pierādīts, ka dabiskajiem zālājiem ir pozitīva ietekme uz gaļas un siera kvalitāti un uzturvērtību (Kalvāne u.c., 2014).

1.1. tabula

Daļēji dabisko zālāju sniegtie ekosistēmu pakalpojumi Latvijā

(Auniņš u.c. 2016)

Vide (atbalsta un regulācijas pakalpojumi)	Resursi (apgādes un nodrošinājuma pakalpojumi)
<ul style="list-style-type: none"> • Atmosfērā esošā CO₂ piesaiste un akumulācija • Samazina invazīvo sugu izplatību • Samazina erozijas procesus • Regulē palu stiprumu • Saglabā augsnes auglību • Samazina ūdens piesārņojumu 	<ul style="list-style-type: none"> • Bagātīga lopbarība ar vitamīniem un aktīvām bioloģiskām vielām • “Zaļie” piena produkti (Omega-3/6 tauksābes) • Bioloģiski vērtīga gaļa • Vietējo lauksaimnieku produkti • Krāšņumaugu selekcija • Sēto graudzāļu un tauriņziešu selekcija • Tūrisma un rekreācijas resurss • Bioenerģijas resurss • Ārstniecības augi un to ģenētiskā daudzveidība • Sēklas sugām bagātu zālāju un zālienu ierīkošana • Bišu ganības • Ogas/sēnes

<p>Biodaudzveidība (nākotnes pakalpojumi)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ligzdošanas vieta ¼ no Latvijā ligzdojošām putnu sugām • 15 putnu sugām vienīgais ligzdošanas biotops • 25 īpaši aizsargājamām putnu sugām nozīmīga ligzdošanas un barošanas vieta • Migrējošo putnu atpūtas un barošanās vieta • Mājvieta 1/3 no augu sugām ar izplatības robežu Latvijā • Mājvieta 1/3 no Latvijas vietējiem ziedaugiem • Mājvieta 40% no īpaši aizsargājamām augu sugām • Augu sugām piesātinātāka ekosistēma pasaulē 	<p>Kultūras un nemateriālās vērtības (kultūras pakalpojumi)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estētiskā vērtība • Kultūrvēsturiski ainavas elementi • Īpašas zālāju ainavas – plašas palienes, daudzveidīgas parkveida ainavas • Nozīmīga daļa no Latvijai raksturīgas mozaīkveida ainavas • Dabas un vides izglītība • Vietas identitāte • Latvijas vietējās mājlopu šķirnes
--	--

Jāpiemin, ka augsne, kā virzītājspēks šo pakalpojumu jeb labumu iegūšanā ir ļoti būtisks, piemēram:

- 1) *Erozijas riska samazināšana* – augsnes erozija ir ne tikai ekonomiska, bet arī vides problēma. Augsne piedalās augu barības vielu un enerģijas apritē un klimata veidošanas procesos (Soms u.c., 2015). Daļēji dabiskie zālāji būtiski samazina augsnes erozijas riskus, eksponenciāli pieaugot veģetācijas biežumam, erozijas riski samazinās. Tomēr jāņem vērā apsaimniekošanas prakse, kā tā ietekmē erozijas procesus – noganīšanas rezultātā, kad augsne ir pārāk mitra, zālāji tiek pakļauti sablīvēšanās riskam. Risks ir galvenokārt augsts rudenī un pavasarī. Transportlīdzekļi var radīt sablīvēšanos (transportējot smagas piekabes ar skābbarību mitra pavasara apstākļos). Augsnes var samazināt struktūru zālajos slietu augstas aktivitātes rezultātā, blīva sakņu tīkla rezultātā, un mālu izžūšanas un saraušanās rezultātā augsnē. Kā arī erozijas riskus ietekmē granulometriskais sastāvs un organisko vielu daudzums augsnē. Mazāki erozijas riski ir tieši smilšainās augsnēs, ņemot vērā, ka ūdens tiek infiltrēts samērā ātri, kā arī, ja organiskās vielas augsnē ir vairāk, tad labāk tiek uzlabota augsnes struktūra un ūdens ietilpība (Hönigová et al., 2012).

Erozijas aprēķiniem iespējams izmantot (RUSLE) (Institute of Water Research, 2012) modeli, kur vienādojums sastāv no:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

A – potenciālais augsnes zudums (t/gadā);

R – nokrišņu un noteces faktors (mm, gadā);

K – augsnes erodētība (granulometriskais sastāvs un organisko daļiņu daudzums);

LS – nogāzes slīpums (leņķis);

C – kultūraugu apsaimniekošana (koeficients, saskaņā ar konkrētu augu audzēšanu un potenciālo augsnes zudumu);

P – apsaimniekošanas prakse.

Jāņem vērā, ka ja gadā potenciālais augsnes zudums ir 3 tonnas un vairāk, tad būtiski ir mainīt apsaimniekošanas praksi un zemes lietojuma veidu (Revised Universal Soil Loss Equation .. bez data.).

Eiropā veiktajos pētījumos saistībā ar augsnes eroziju konstatēts, ka aramzemēs tā svārstās no 3 – 40 t/ha gadā, savukārt daļēji dabiskajos zālajos augsnes erozija ir salīdzinoši neliela – 0.5 t/ha, bet pastāvīgas zālajos – 0.8 t/ha (Hönigová et al., 2012).

2) Piesārņojuma aizturēšana - ekosistēmas veiktā filtrācija/akumulācija.

Lielbritānijā veikts pētījums saistībā ar virszemes ūdens noteci pierādīja, ka no daļēji dabiskiem zālājiem ir daudz mazāka virszemes notece, nekā no intensīvas lopkopības, kur konstatētas ļoti augstas barības vielu koncentrācijas ūdenī, piemēram, slāpekļa un fosfora. Tas skaidrojams ar to, ka intensīvas noganīšanas rezultātā, notiek augsnes sablīvēšanās, kas samazina ūdens infiltrāciju un palielina virszemes noteci, kas arī palielina plūdu risku (Weatherhead and Howden, 2009; Jarvie et al., 2008, Jarvie et al., 2010). Ūdens piesārņojums veidojas vairāku procesu rezultātā – augsnes erozija, mēslošana, piesārņojums no kūtsmēsliem un vircas. Ir pierādīts, ka daļēji dabiskie zālāji tieši šīs ekstensīvās saimniekošanas rezultātā un biezas veģetācijas dēļ ievērojami akumulē slāpekli, tādējādi samazinot gruntsūdens piesārņojumu – kaļķainie zālāji akumulē līdz pat 89 % no vidē esošā slāpekļa, savukārt zālāji, kam raksturīgs zema pH vērtība augsnē – tikai līdz 38 % (Jarvie et al., 2010).

3) Biomasa, kuru iegūst no daļēji dabiskajiem zālājiem var tikt izmantota gan kā izejviela, kuru izmanto biodeģvielas ražošanā un kā izejviela elektroenerģijas ieguvei. Igaunijā ir veikts pētījums, potenciālās biomasas iegūšanai no dažādām daļēji dabiskām pļāvām un pētīts cik daudz elektroenerģijas un metāna varētu iegūt (1.2. tabula).

Enerģijas ieguve sadedzinot zālāju biomasu ir alternatīvs zālāju izmantošanas veids un iespējams Latvijā zemju īpašniekiem, kuri nenodarbojas ar reālu lauksaimniecību šis būtu praktisks veids kā izmantot zālājus un turpināt saņemt subsīdiju maksājumus. Kaut gan izmantojot zālājus kā kurināmo resursu, atmosfērā nonāk vairāk slāpekļa savienojumu, nekā ar malku kurinot, tomēr šis ir alternatīvs veids vietējās enerģijas izmantošanā (Kalvāne u.c., 2014).

1.2.tabula

Paredzētais gadā iegūstamais teorētiskais enerģijas un metāna daudzums no dažāda tipa zālājiem Igaunijā

Potenciālie metāna ražošanas aprēķini balstīti uz pieņēmumu ka $1 \text{ kg KP} = 0,5 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$ (pēc Wheatley, 1980) (Heinsoo et al., 2010)

Kritēriji	Palieņu zālāji	Parkveida zālāji	Sezonāli mitras pļava
Svaigas biomasas svars (t/ha)	18,5	7,5	8,2
Sausas biomasas svars (t/ha)	5,7	1,6	2,5
Pētītā teritorija (ha)	20 000	800	21 000
Teorētiskā iegūstamā enerģija (GJ)	2 089 358	229 190	979 779
Teorētiskais metāna daudzums (m^3)	5 300 975	691 206	2 228 522

Ar vislielāko potenciālu ir novērtēti zālāji, kuri atrodas palielinēs, tomēr jāņem vērā sezonāli apstākļi un reālā pieejamība šiem zālājiem, lai biomasu varētu iegūt, piemēram, ceļu infrastruktūra. Igaunijā veiktais pētījums pierādījis, ka daļēji dabiskie zālāji ir uzskatāmi par lielu potenciālu enerģijas iegūšanai (aprēķinātā enerģija sastāda 2% no Igaunijā izmantotās elektroenerģijas daudzuma gadā). Daļēji dabiskajos zālājos, novākšanas (pļaujas) periodu ierobežo dabas aizsardzības prasības. Tādējādi šiem zālājiem kritēriji piemērotas bioenerģijas aizsardzības metodes izvēlei ir atkarīgi no biomasas ķīmiskajām īpašībām, nevis otrādi (Heinsnoo, 2010).

Igaunijā apkures sezonā izmanto daļēji dabiskajos zālajos pļauto sienu Matsalu dabas parkā, sezonā aiziet apmēram 3000 siena ruļļi (1350 – 1400 t siena). Iedzīvotājiem šāda apsaimniekošana izmaksā lētāk nekā iepriekš, kad tika izmantota dabas gāze (Auniņš u.c. 2016).

4) *Siens* - Atkarībā no dabisko zālāju atrašanās vietas (reljefa, augsnes sastāva, pamatiežiem, mitruma apstākļiem un zelmeņa) ir iespējams noteikt, cik apmēram var iegūt sienu lopbarībai (t/ha), piemēram:

- vidēji **1,4 t/ha (1,4-2 t/ha)** siena var iegūt podzolētās un glejotās augsnēs, ar skābu augsnes reakciju, sezonālu un nepietiekamu mitruma režīmu, smilšainu vai vidēja mehāniskā sastāvu ar nelielu organisko vielu saturu (2-4%) –.
- vidēji **1,2 t/ha (1,2 t/ha līdz 4,3 t/ha)** siena var iegūt, augsnēs, kur organisko vielu saturs svārstās no 4 - 6,5 %, pH reakcija ir vāji skāba līdz neitrāla, raksturīgs vidējs mehāniskais sastāvs, augsts karbonātu saturs (13-19%) un K₂O saturs (9-12 mg uz 100 gr augsnes) vai arī karbonāti nav sastopami (Tērauds, 1972).
- Palienu zālajos zāles biomasa var sasniegt pat **10 – 30 t/ha vai tas būtu 2-4 t/ha siena** (Auniņš u.c., 2016).

Dažos Latvijas reģionos palienu zālājiem vēl joprojām ir liela ekonomiska vērtība un tie aizņem relatīvi plašas teritorijas, par cik vides apstākļu dēļ tos ir grūti apstrādāt ar lauksaimniecības tehniku, šie zālāji tiek vēl joprojām izmantoti ganībām un pļaušanai (Auniņš u.c., 2016).

5) *Globālā klimata regulēšana (oglekļa piesaiste ar veģetāciju un augsni)* – pētījumā Lielbritānijā ir raksturoti organiskā oglekļa krājumi atkarībā no pH vērtībām daļēji dabiskos zālajos (1.3.tabula) (Alonso et al., 2012).

1.3.tabula

Daļēji dabisko zālāju organiskā oglekļa krājumi Lielbritānijā veiktā pētījumā, atkarībā no augsnes pH vērtības

(Alonso et al., 2012)

	Oglekļa koncentrācija (0-15 cm dziļumam)	Oglekļa krājumi
Neitrālā pH reakcija (pH = 7 vai pH > 7)	61,9 g/kg	62,4 t/ha
Skāba pH reakcija (pH < 7)	208.2 g/kg	82.3 t/ha

Parasti zālāji netiek pieminēti, kā būtisks organiskā oglekļa uzkrājējs, tomēr šajā pētījumā tika pierādīts, ka zālajos ar zemām pH vērtībām ir vieni no lielākajiem organiskā oglekļa krājumiem, salīdzinot ar citiem zemes lietošanas veidiem – aramzemes (43 t/ha), lapukoku meži (66,3 t/ha), skujkoku meži (73 t/ha), krūmi un meža puduri (81,6 t/ha) (Alonso et al., 2012)

- 6) Siltumanīcefekta izraisošās gāzes – citas gāzu emisijas no dabiskajiem zālājiem būs saistītas ar metānu no dzīvnieku izkārnījumiem, tomēr tas pozitīvi korelē ar šo gāzu uzkrāšanos zālajos (Soussana et al., 2004). Savukārt slāpekļa oksīda emisijas pozitīvi korelē ar slāpekļa mēslojumu pielietojumu un ir lielākas tieši mālainās augsnēs. Ir aprēķināts, ka gadā no zālājiem tiek emitēti 1 – 2 kg slāpekļa uz vienu hektāru (Curtis et al., 2006).
- 7) Dzīvotņu uzturēšana (augu un putnu sugu skaits uz 1 m²) – daļēji dabiskajos zālajos ir novērojama liela sugu daudzveidība, piemēram, Zviedrijā 46 % no sarkanajā grāmatā iekļautajām sugām ir saistītas ar lauksaimniecības ainavu un lielākā daļa ir sastopamas tikai daļēji dabiskajos zālajos. Tie ir vaskulārie augi, kukaiņi, putni, ķērpji, sēnes utt. (Helm et al., 2006). Saistībā ar vaskulārajiem augiem, kopumā daļēji dabiskajos zālajos ir sastopamas līdz pat ~ 600 sugām, mazā mēroga vienībā. Nav nekas neparasts, ja uz 1m² ir sastopamas ap 40 augu sugas (Pärtel et al., 1996; Eriksson and Eriksson, 1997). Reizēm pat ir 60 sugas uz 1m². Šie cipari ir pārsteidzoši augsti, salīdzinot ar daudziem citiem biotopiem Eiropā. Pasaules rekords pieder daļēji dabiskajiem zālājiem Igaunijas parkveida ainavās un Argentīnas kalnos, kur vienā zālāja kvadrātmetrā sastopamas attiecīgi: 63 un 89 augu sugas. Latvijas pļavās un ganībās sastopamas vairāk nekā 520 augu sugas, t.i., 1/3 no Latvijas floras, lielākā daļā reto sugu Latvijā izplatītas nevienmērīgi, daļa no tām ir izplatības arēla robežās vai tuvu tām, tādēļ var secināt, ka zālāji nevien ir nozīmīgi retu sugu aizsardzībai, bet arī sugu areāla saglabāšanai (Auniņš u.c., 2016).
- 8) Dēdēšanas process un augsnes auglības veidošana (kg/ha/gadā).

Kopumā dēdēšanas process ir iežu vai minerālu sairšana vai ķīmiskā sastāva izmaiņas. Galvenie veicinošie faktori ir – temperatūras izmaiņas, ūdens sasalšana un atkušana, O₂ un CO₂ koncentrācijas, humusvielas, humīnskābju iedarbība, augu un dzīvnieku fizikālā un bioķīmiskā ietekme. Dēdēšanas procesus var iedalīt: fizikālā dēdēšana, bioķīmiskā dēdēšana un ķīmiskā dēdēšana (Dessert et al., 2003).

Minerālu dēdēšana norisinās, piemēram, aramkārtā regulāri aparatot lauku visātrāk sabrūk vizlas (biotīts, hlorīts un muskovīts), bet no laukšpatiem minerāls ortoklāzs pārvēršoties par kaolīnu un ceolītu, veido māla duļķes (Marrs et al., 1991),

Dēdēšanas procesiem ir būtiska nozīme globālajā oglekļa aprites ciklā. Piemēram, silikātu dēdēšana ir būtisks faktors augsnes veidošanas procesos, augsnes auglības nodrošināšanā un atmosfērā esošā CO₂ koncentrācijas kontroles procesos (Hausrath et al., 2011), silikātu dēdēšanas procesu ātrumam būtisks faktors ir augsnes pH. pH vērtībai robežās 4-5 vai mazāk - dēdēšanas procesi paātrinās. Tomēr liela loma ir veģetācijai, Bazalti ir viegli šķīstoši minerāli un ir būtiski oglekļa aprites ciklā – apmēram 30 – 35 % no oglekļa dioksīda bazaltu dēdēšanas procesā tiek piesaistīti no atmosfēras (Hausrath et al., 2011; Dessert et al., 2003). Šajā procesā atmosfērā esošo CO₂ tiek pārvērsts biokarbonātos, daļa paliek augsnē karbonātu formā, bet daļa nonāk ilgtermiņā ūdeņos un sedimentējas ūdens tilpnēs (Dessert et al., 2003).

2. Augsnes faktoru raksturojums un augsnes indikatori ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā zālajos

Augsnei ir būtiska nozīme sauszemes ekosistēmās, tā ir trīsdimensionāla sistēma, kura nodrošina ļoti daudz ekoloģiskās funkcijas, kuras ir būtiskas ekosistēmu sniegtajiem pakalpojumiem. Augsnē notiek sarežģīta abiotisko un biotisko faktoru mijiedarbība, kuras rezultātā cilvēkiem tiek sniegti relatīvi daudz ekosistēmu pakalpojumi (McBratney et al., 2014).

Augsnēm ir vismaz 6 dažādas funkcijas, ar kurām tiek nodrošināta sociāli ekonomiskā sabiedrības izaugsme. Šīs funkcijas sīkāk var izdalīt – 3 ekoloģiskajās funkcijās un 3 funkcijās, kuras tieši ietekmē cilvēku labklājību (tehniskās, industriālās un sociālekonomiskās funkcijas):

Ekoloģiskās funkcijas:

1. ***Biomases ražošana*** nodrošinot ar pārtiku, lopbarību, atjaunojamo enerģiju un zaļo materiālu. Tas ir cilvēku un faunas izdzīvošanai nepieciešamais pamatkapitāls.
2. ***Filtrācija, buferespējas un transformācijas funkcija*** starp atmosfēru, pazemes ūdeņiem un augu segu. Šīs funkcijas būtiski ietekmē virszemes ūdens ciklus. Filtrācija aizsargā pazemes ūdeņu strauju piesārņojumu utt.
3. ***Bioloģiskā daudzveidība un ģenētiskās bankas***. Augsnē ir vairāk organismu nekā jebkurā citā virszemes biotā kopā.

Augsne ietilpt **vidi regulējošo pakalpojumu** sadaļā, bet tikpat labi ir būtiska komponente visās kategorijās. Tā nodrošina augu apgādi ar barības vielām, genofondu un sēkļu banku uzkrāšanos augsnē, vielu apriti dabā, hidroloģisko ciklu utt. (McBratney et al., 2014). Augsne ir viens no vissarežģītākajiem biomateriāliem uz zemes un viens no galvenajiem komponentiem Zemes ekosistēmās, kas ir būtisks ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā (Costanza et al., 1997; de Groot et al., 2002).

Augsnes īpašībām ir būtiska nozīme zālāju apsaimniekošanā, piemēram, daļēji dabiskiem zālājiem ar lielu sugu daudzveidību ir raksturīgs zems barības vielu saturs (Janssens et al., 1998), tādēļ zālāju atjaunošanā liela nozīme ir barības vielu daudzumam augsnē. Piemēram, atjaunojot dabisko zālāju kultivētā zālāja teritorijā, paaugstināts barības vielu daudzums var radīt lielu traucējumu sugu daudzveidībai turklāt liels barības vielu daudzums veicina nezāļu un konkurencspējīgu augu sugu augšanu (Willems et al., 1993).

2.1. Augsnes fizikālās īpašības

Augsnes fizikālās īpašības parasti atzīst par nozīmīgu augsnes kvalitātes rādītāju (Li and Shao, 2006). Tām ir liela nozīme un ietekme uz ūdens un barības vielu transportu augsnē, augsnes fizikālās īpašības bieži tiek izmantotas potenciālajam lietojumam u.c. (Wu et al., 2016). Zālāju produktivitāti un lopbarības kvalitāti nosaka konkrētās vietas augošās sugu kopienas, kuru attīstība savukārt cieši saistīta ar augsnes fizikālajām īpašībām (granulometrisko sastāvu un tilpummasu), mitruma apstākļiem un lauksaimniecības praksi utt. (Wallor and Zeitz, 2016).

2.1.1. Augsnes cilmieža ģenētiskais tips un granulometriskais sastāvs

Ar augsnes cilmiezi saprot ģeoloģiskos nogulumus uz kuriem erozijas un akumulācijas rezultāta veidojas augsne. Cilmieža sastāvam un īpašībām ir būtiska nozīme veidojoties augsnei, jo tas nosaka gan fizikālās, gan ķīmiskās augsnes īpašības. Piemēram, no kaļķakmens un bazaltiem augsnes veidošanās procesos, augsnes bagātinās ar kalcija, magnija, kālijas un nātrija joniem, tādējādi šīs augsnes ir daudz auglīgākas, nekā smilšakmens pamatiezis, kura sastāvā ir zemas šķīstošo jonu koncentrācijas, ūdens plūsmu rezultātā no augsnēm izskalojas katjoni, bet pie augšņu daļiņām piesaistās ūdeņraža joni, padarot šīs augsnes skābākas. Augsnes cilmieža ietekmei ar laiku ir tendence samazināties uz augsnes virskārtu (Shaw, 1930).

Augsnes granulometriskais sastāvs ir būtisks ekoloģiskais faktors, kurš nosaka augu sugu izplatību zālajos. Augsnes daļiņas un granulometriskā sastāva grupas (smilts, mālsmilts, smilšmāls utt.) regulē augsnes mitrumu, barības vielu ciklu un augsnes auglību (Wyckoff, 1973). Granulometriskais sastāvs ir atkarīgs no augsnes minerālā sastāva, cilmieža un mitruma režīma. Dažādas augsnes īpašības ir atkarīgas no granulometriskā sastāva:

1. Augsnes drenētība
2. Aerācija
3. Erozijas intensitāte
4. Augsnes organiskās daļiņas
5. Katjonu apmaiņas kapacitāte
6. pH buferkapacitāte
7. Spēja absorbēt ūdeni.

Augsnes granulometriskais sastāvs nosaka augsnes spēju piesaistīt/absorbēt ūdeni, ūdens pārvietojas brīvāk caur smilšainām augsnēm nekā mālainām, jo māla minerāliem ir

lielāka īpatnējā ūdens ietilpība (Nikodemus u.c., 2008), kura nosaka ūdens piesaisti. Turklāt, labi drenētā augsnē, parasti arī ir labāka aerācija (ja augsnē ir vairāk gaisa, tad arī labāk tiek veicināta sakņu augšana un attīstība) (Trzcinski et al., 2015). Saistībā ar augsnes eroziju – augsnes, kuram ir mazāks māla daļiņu īpatsvars - ir vairāk erozijai pakļautas, nekā smilšainās augsnes. Tomēr jāņem vērā, ka mālaino augsņu blīvums ir lielāks un šādas augsnes ir pakļautas plākniskai erozijai (Soms u.c., 2015). Augsnes granulometriskā sastāva dažādība iespaido arī organisko vielu saturu tajās, piemēram, organiskās vielas sadalās straujāk smilšainās augsnēs nekā smaga granulometriskā sastāva augsnēs, jo jāņem vērā skābekļa daudzums augsnēs (Jobbágy and Jackson, 2000). Katjonu apmaiņas kapacitāte palielinās procentuāli palielinoties māla daļiņu saturam un organiskajām vielām, līdz ar to palielinās arī pH buferkapacitāte (spēja pretoties pH izmaiņām) (Wang et al., 2017).

2.2. Augsnes morfoloģiskās īpašības

Augsnes veidošanās procesos svarīga nozīme ir augsnes dzīvajiem organismiem, kā arī augsnē vienlaikus norisinās minerālo savienojumu noārdīšanās un sintēze. Noārdīšanās procesos primārie minerāli sadalās, tādējādi arī grūti šķīstošie minerāli pāriet kustīgā stāvoklī un nonāk augsnes ūdenī. Kā arī augsnē notiek arī jaunu sekundāro minerālu veidošanās. Sakarā ar to, ka augsne veidojas dažādu procesu rezultātā, kuri nosaka augsņu tipu ar tām atbilstošu ģenētisko horizontu un morfoloģisko, fizikālo, ķīmisko un bioloģisko īpašību veidošanos, kā svarīgākie procesi atzīmējami: glejošanās process, organisko vielu un trūdvielu uzkrāšanās, velēnošanās process u.c. (Mežals u.c., 1970; Balasubramanian, 2017). Augsnes ģenētiskie horizonti atšķiras pēc krāsas, trūda daudzuma, struktūras, sakārtas un citām fizikālām, ķīmiskām un bioloģiskām īpašībām. Visi augsnes ģenētiskie horizonti kopā veido augsnes profilu, kurš ir īpatnējs katram augsnes tipam un veidam. Augsnes horizonti veidojas sarežģītu procesu mijiedarbības rezultātā. Vielas izšķīdušā un koloīdā stāvoklī pārvietojas pa augsnes profilu, izskalojās vai nogulsņējās atsevišķos ģenētiskajos horizontos. Katrs horizonts veidojas īpatnēji un iedalās apakšhorizontos (Mežals u.c., 1970).

2.2.1. Organisko vielu akumulācija

Organiskās vielas augsnē ir galvenā bioģeoķīmiskā cikla komponente makroelementu un barības vielu apritē, kā arī kontrolē augsnes primāro produktivitāti. Organisko vielu daudzums augsnē atspoguļo līdzsvaru starp primāro produktivitāti un sadalīšanās procesiem

augsnē. Organisko vielu saturu augsnē ietekmē vairāki faktori – klimats, māla daļiņu saturs, minerālais sastāvs un lauksaimniecības prakse. Daļēji dabiskajos zālajos ir liela sugu daudzveidība un līdz ar to arī liela sakņu biomasa, tādējādi arī šajās augsnēs ir augstāks organisko vielu saturs (Iepema et al., 2016), zālajos sakņu sistēma ir nozīmīga organisko vielu avots. Augsts organisko vielu saturs zālāju augsnēs uzlabo augsnes kvalitāti pozitīvi ietekmējot augsnes agregātu stabilitāti, mikroorganismu aktivitāti un daudzveidību, kā arī barības vielu un ūdens pieejamību augsnē (Cremer, 2017).

Pētījums Nīderlandē ir pierādījis, ka būtiski palielinās organisko vielu saturs, palielinoties zālāju vecumam 0 – 10 cm slānī – zālājiem, kuri ir 14 gadus veci un vairāk organiskās vielas ir apmēram 13,3 g uz 100 g (Iepema et al., 2016).

A horizonts – atrodas virspusē un aktīvu daļību šī horizonta veidošanās procesā ieņem augi un mikroorganismi, kas atmirstot atstāj tajā savas atliekas, tiek uzkrāts trūds un barības vielas. Principā augu darbība bagātina augsnes virsējo horizontu ar neorganiskiem elementiem, kurus augi izmanto augšanas procesos (Si, Ca, Mg, K). Augi uzņemot barības vielas tās uznes augsnes virskārtā tādā veidā to bagātinot, tomēr šī procesa un virszemes noteces rezultātā var tikt ietekmēta māla minerālu daļiņu stabilitāte augsnes virskārtā un veidoties erozijas procesi (Barre et al., 2009). A horizonta biezumu parasti veido ar kalciju un slāpekli bagātie augi. Zālaugu atliekām sadaloties atbrīvojas daudz kalcija, kas nodrošina lielās daļas humīnskābju saistīšanu. Šis horizonts rodas velēnošanās un iekultivēšanās procesos. Jo biežāks šis horizonts, jo auglīgāka ir augsne. Zālajos A horizonts parasti ir ļoti biezs (Mežals u.c. 1970).

2.2.2. Izskalošanās

E horizonts – izskalošanās jeb podzola horizonts. Nabadzīgs horizonts, kurš satur maz trūda un augu barības vielu, dažreiz arī reducēts ar augiem kaitīgiem savienojumiem (Mežals u.c., 1970). Podzoliem ir liela morfoloģiskā variabilitāte, tie ir sastopami dažādās ainavās un uz dažādiem cilmiežiem, kombinācijā ar lielām atšķirībām veģetācija – no tundras līdz lietusmežiem. Principa podzolēšanās process notiek, ja augsnes virskārtā palielinās organisko vielu daudzums (zālāju neapsaimniekošanas gadījumā tie aizaug lēnām), tādējādi samazinās pH vērtības un sāk norisināties podzolēšanās process (Kasparinskis, 2011). Podzolētas augsnes parasti veido plāns O horizonts, zem kura atrodās izskalošanās jeb eluviālais (E) horizonts. Tas parasti ir gaiši pelēkā krāsa, kuras intensitāti nosaka neizskalotie kvarca minerāli. Jo šis horizonts ir biežāks, jo tas ir mazāk auglīgs un vairāk elementi ir izkalojušies. Mūsu

klimatiskajos apstākļos augsnes ir vairāk pakļautas podzolēšanās procesam nekā citur pasaulē, jo dominē lielāks nokrišņu daudzums pār iztvaikošanu (Rolavs, 2013).

2.2.3. Ieskalošānās (iluviācija, lesivēšanās)

B horizonts parasti veidojas migrējot amorfajām vielām, kuras sastāv no organiskajām vielām, alumīnija un dažreiz dzelža. Augsnēm ar šo horizontu parasti raksturīga strauja virszemes notece, jo ieskalošānās dziļākos augsnes slāņos varbūt apgrūtinošana, jo B horizontam ar dzelzs ieslēgumiem ir tendence būtu ļoti blīvam, kas dažreiz ir iemesls periodiski šādām augsnēm radīt hidromorfus apstākļus. Pastāv uzskats, ka dēdēšanas procesu rezultātā A un E horizontos ar nokrišņu palīdzību Al un Si hidroksilgurpas, kā arī izšķīdušie Fe savienojumi tiek transportēti un akumulējas B horizontā. Šāda situācija rodas saistībā ar apsaimniekošanas veidu – ganībām (Silva et al., 2012).

2.2.4. Lesivēšanās

Lesivēšanās process noris māla daļiņām vertikāli ieskalojoties, no eluviālā horizonta iluviālajā, daļiņu izmērs ir no 2 μm līdz 10 μm. Lesivēšanās parasti apraksta kā primāro vai sekundāro augsnes veidošanās faktoru. Lesivēšanās procesu pētot augsnes parasti iespējams identificēt kā māla daļiņu uzklājumus (Quénard et al., 2011). Šis ir sarežģīts process, kuru parasti var iedalīt:

- Māla daļiņu mobilizācija
- Māla daļiņu transports
- Māla daļiņu nogulsnešanās (Gal et al., 1984).

Gan mobilizācija, gan nogulsnešanās ir saistīta ar sarežģītu fizikālķīmisku mehānismu. Māla daļiņu mobilizācijas un fokulācija jeb koagulācija augsnē ir kā funkcija, kura ir atkarīga no apmaiņas katjonu klātbūtnes augsnē un organisko vielu. Māla daļiņu mobilizācija notiek labāk, ja augsnes koloīdi ir pozitīvi lādēti (Gal et al., 1984). Augsnes, kuras ir bagātās ar smektiem (māla daļiņas 2:1) šķīst labāk, nekā tās, kurās ir daudz illīti, kaolīni vai kvarcs. Daudzvērtīgi apmaiņas katjoni izraisa fokulāciju, savukārt vienvērtīgie - dispersiju. Daļiņu mobilizācija ir arī atkarīga no augsnes pH vērtības. Māla daļiņas koagulējās pie pH 5 un mazāk, jo augsnes ūdeni pie šādām pH vērtībām ir augsts Al³⁺ saturs. Tas pats notiek, ja ir augstākas pH vērtības par 6,5, tad augsnes ūdenī ir augsta Ca²⁺ koncentrācija. Savukārt, ja ir liela Na⁺ jonu koncentrācija, tad māla daļiņas nemobilizējās (Miller et al., 1990).

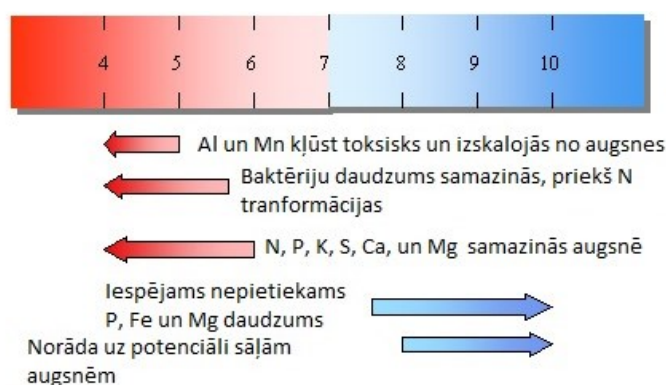
Tālāk notiek māla daļiņu transports un nogulsnešanās parasti uz pozitīvi lādētām daļiņām iluviālajā horizontā (Quénard et al., 2011).

2.2.5. Glejošanās

Gleja horizonts – novērojams pārmitrās augsnēs, bezskābekļa vidē, vietās kur augsts gruntsūdens līmenis vai ilgstoši uzkrājas virsūdeņi. Anaerobās baktērijas enerģiju iegūst no oksidētajiem savienojumiem, tos reducējot. Līdz ar to izmainās horizonta krāsa no sarkanbrūna (dzelzs trīsvērtīgie savienojumi) uz zilu (dzelzs divvērtīgie savienojumi) (Mežals u.c., 1970). Gleja horizonta esamība augsnē un augsts gruntūdens līmenis var norādīt uz zemu augu uzturvielu saturu. Pastāv sakarība starp podzolēšanās procesu un glejošanās, jo glejotājs augsnēs pārmitru apstākļu dēļ minerālvielas kļūst viegli šķīstošas un ātrāk izksalojās (Silva et al., 2012).

3. Augšnes ķīmisko īpašību raksturojums

Augšnes pH vērtību nosaka pēc ūdeņraža jonu (H^+) koncentrācijas augšnes šķīdumā un parasti to mēra skalā no 0 – 14 (3. attēls). Augšnes skābas reakcijas pH vērtības parasti uzskatas tās, kuras ir zem 5, vidējas jeb neitrālas reakcijas pH vērtība ir starp 5-7, bet sārmainiem šķīdumiem pH vērtības ir virs 7. Pēc definīcijas pH vērtības mēra kā negatīvo ūdeņraža jona logortimu, $pH = -\log [H^+]$ (McCauley et al., 2017).



3.attēls Augšnes pH vērtības

(Lucie et al., 2015)

Augšnes pH vērtība ir būtisks faktors, kurš ietekmē augšnes procesus: elementu pieejamību, mikroorganismu aktivitāti, atbalsta humusa veidošanos un palielina ražu. Parasti daļēji dabiskajos zālajos augšnes pH vērtība ir robežās 5 – 5.6. Ja tā ir zemāka par 5.0, tad jau ieteicams veikt kaļķošanu (Lucie et al., 2015). Pēc veiktiem pētījumiem PSRS laikā Latvijā saistībā ar daudzgadīgo zālāju augu optimālām pH vērtībām, (3.tabula) nodalījās sugas, kuras drīzāk ir sastopamas uz bāziskām augsnēm un sugas, kuras sastopamas uz neitrālām vai vāji skābām augsnēm.

Augšnes pH reakcija nosaka vēlamo baktēriju attīstību augsnē, piemēram, gumiņbaktērijas un nitrifikācijas baktērijas savi darbu vislabāk veic neitrālā vai vāji skābā vidē. Par augšnes skābumu var spriest arī pēc zālajos sastopamajām augu sabiedrībām. Visbiežāk uz augšnes skābumu norāda vilkakūla, liektā ciņu smilga (*Deschampsia flexuosa Trin.*), mazā skābene un sfagnu sūnas, ja tās zālajos aug lielā daudzumā (Tērauds, 1972).

Daudzgadīgo zālāju augu optimālās pH vērtības

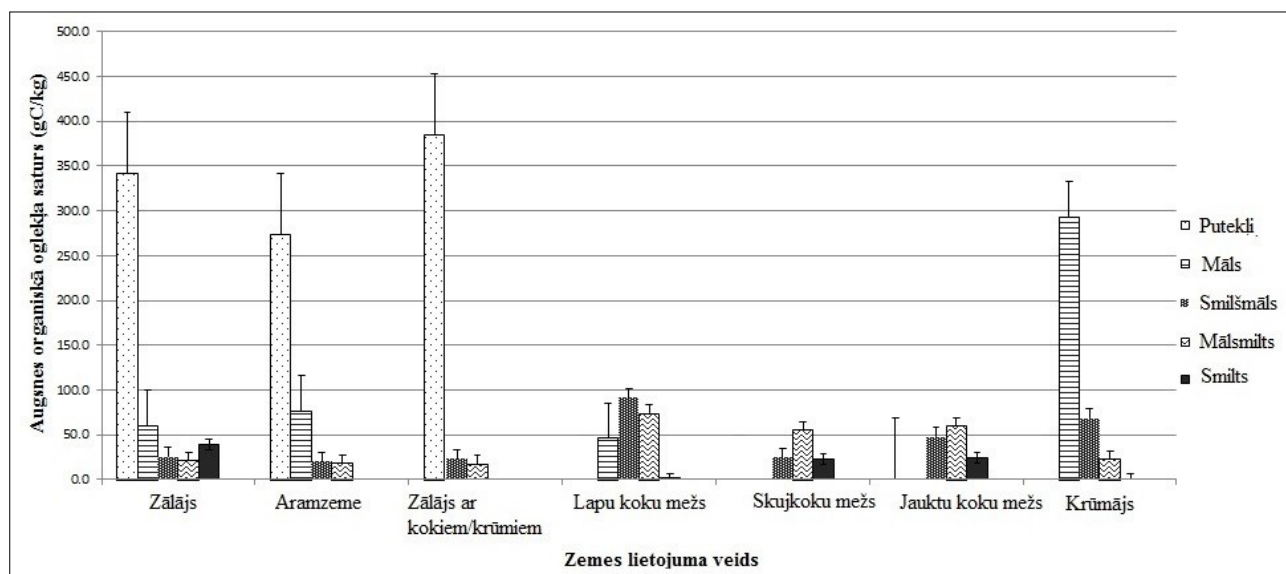
(Tērauds, 1972)

Zālaugi	pH vērtības diapazons
Lucerna	6,8 – 8,0
Sarkanais āboliņš	5,8 – 7,0
Bastarda āboliņš	5,5 – 6,5
Timotiņš	5,0 – 6,5
Pļavas auzene	5,6 – 7,5
Ganību airene	6,0 – 7,5
Pļavas lapsaste	5,3 – 6,0

Organiskais ogleklis uzkrājas augsnēs minerālo un organisko daļiņu mijiedarbības rezultātā, būtisks virzītājfaktors ir dēdēšanas procesi: dēdēšanas procesos veidojas māla minerālu daļiņas ar lielu aktīvas virsmas laukumu, kur adsorbējas ogleklis, līdz ar to smilts augsnēs, kur māla daļiņas ir ļoti maz, arī mazāk tiek akumulēts organiskais ogleklis (Masiello et al., 2014). Balstoties uz augsnes tipu daļēji dabiskajos zālajos Igaunijā, ir veikts pētījums, kurā pierādīts, ka būtiska loma ir mitruma režīmam, piemēram, atkarībā no mitruma režīma automorfās augsnēs organiskā oglekļa daudzums ir robežās no 40 – 114 Mg ha⁻¹ un ir augstāks augsnē ar lielāku karbonātu daudzumu. Augsnēs ar izteiktu skeletu (rendzīnā) raksturīgi relatīvi zemi augsnes organiskā oglekļa krājumi, Lielāki oglekļa krājumi raksturīgi pushidromorfajās augsnēs (Gleysols), bet vislielākie oglekļa krājumi ir *Sapric*, *Fluvic Histosol* jeb kūdraugsnēs (Kolli et al., 2007).

Citi pētījumi parāda, ka oglekļa krājumiem būtisks ir ne tikai augsnes faktors, bet arī zemes izmantošanas struktūra. Augsnes virskārtā lauksaimniecības zemēs oglekļa krājumi konstatēti 25 – 60 t/ha, meža zemēs 25 – 96 t/ha, 11 – 113 t/ha zālajos un 15 – 87 t/ha krūmājos. (Dorji et al., 2014).

Savukārt Latvijā ir veikts pētījums izmantojot projekta LUCAS 2009. gada datus. Šajā pētījumā konstatēts, ka organiskā oglekļa uzkrāšanos ietekmē granulometriskā sastāva grupas un zemes lietojuma veidi (3.1. attēls).



3.1. attēls. Augsnes organiskā oglekļa vidējais saturs (gC/kg) minerālajā virskārtā dažādās granulometriskā sastāva grupās un zemes lietojuma veidos.

(Kalka un Kasparinskis, 2017).

3.1. attēlā var redzēt, ka otrs lielākais organiskā oglekļa saturs pēc granulometriskā sastāva grupām ir zālajos ar putekļa granulometrisko sastāvu 341,6 gC/kg. Pēc tam seko māla, smilts, smilšmāla un mālsmilts granulometriskā sastāva grupas. Var teikt, ka palielinoties māla un putekļu daļiņu īpatsvaram arī palielinās organiskā oglekļa saturs, smalkas augsnes daļiņu organisko vielu daudzums parasti ir lielāks nekā rupjākas frakcijas augsnēm. Augsnēs, kur vairāk rupjo daļiņu, ir labāka aerācija, un skābekļa klātbūtnē paātrinās organiskās vielas sadalīšanās (Kalka un Kasparinskis, 2017).

Katjonu apmaiņas kapacitāte (KAK) augsnēm ir atkarīga no pH reakcijas, jonu saitēm un adsorbētajiem anojiem. Apmaiņas katjonu kapacitāte ir būtiski lielāka augsnēm ar bāziskām pH vērtībām, nekā ar skābām. Apmaiņas katjonu un mikroelementu pieejamību augsnē ietekmē izmaiņas apkārtējā vidē – slāpekļa koncentrāciju izmaiņas (palielinoties slāpekļa daudzumam augsnē, notiek augsnes paskābināšanās un apmaiņas katjonu zudums, kā arī samazinās mikroelementu pieejamība, izraisot gan augu, gan augsnes toksiskumu), kā arī ūdens pieejamība (izmaiņas nokrišņu režīmā un augsnes mitruma līmenī var mijiedarboties ar neorganiskā slāpekļa lielāku ietekmi uz augsnes mikroorganismu darbību, tas palielinātu organisko vielu sadalīšanās ātrumu, piemēram, smilšainās augsnēs palielinoties nokrišņiem, intensīvāk notiek bāzes jonu izkalošanās. Augsnes agregātu struktūra nosaka organisko vielu dinamiku augsnē – apmaiņas katjonu daudzums augsnē palielinās šādā virzienā: mazi

makroagregāti < lieli makroagregāti. Kā arī apmaiņas katjonu daudzums augsnē mainās līdz ar augsnes edafisko īpašību izmaiņām, piemēram, pH reakcijai, organisko vielu frakcijām un augsnes daļiņu izmēriem (McCauley et al., 2017).

Augsnes organiskās vielas uzlabo augsnes spēju uzglabāt barības vielas, tostarp ietekmē metālu katjonu mazāku izskalošanos (Beldin et al., 2006). Atkarībā, no organisko vielu sastāva augsnē, tās pārsvarā var noteikti 25 – 90 % no kopējās katjonu apmaiņas kapacitātes, organiskās vielas būtība nosaka jonu uzlādi un lielumu (Oorts et al., 2003). Būtiski augsnes bioķīmisko procesu nodrošinātāji ir katjonu un mikroelementu daudzums augsnē, piemēram, sakņu virsmas fosfāti korelē ar augsnē pieejamo kalciju un magniju (Gabbrielli et al., 1989), kā arī augsnē pieejamais magnijs un cinks ir būtisks nobiru sadalīšanās procesā (Wang et al., 2017).

Fosfors augsnē ir sastopams organiskā un neorganiskā formā, tā koncentrācijas augsnē ir būtisks faktors atjaunojot un uzturot daļēji dabiskos zālājus. Fosfors ir cieši saistīts augsnē, galvenokārt ar māla minerāliem, kaļķakmeni un tādām minerālvielām, kā dzelzs un alumīnija oksīdi, tādēļ fosfora koncentrācijas augsnē samazinās ļoti lēni laika gaitā, kā arī tas ir mazšķīstošs. Fosfora saturs augsnē ir cieši saistīts arī ar augsnes cilmiezi, jo dabiskās ekosistēmās tas nonāk no cilmieža. Kopējais fosfors augsnē varbūt relatīvi daudz, bet pārsvarā tas būs augiem nepieejamā formā. Fosfors ir būtisks elements, kurš nepieciešams augiem augšanas procesos, tomēr kaļķainās augsnēs, augiem pieejamais fosfors ir mazāk sastopams, jo tas reaģē ar CaCO_3 jeb kalcija karbonātiem, kuri atrodas augsnē un šādi nonāk fiksētā formā, kas augiem nav pieejama. Šādos apstākļos augiem rodas vāji attīstīta sakņu sistēma fosfora deficīta trūkuma dēļ (Janssens et al., 1998; Moonrungssee et al., 2015).

Kālijs augsnē ir sastopams – strukturālajās formās, fiksētais, apmaiņas un šķīstošais kālijs. Ja kālijs ir apmaiņas formā, tas adsorbējas un māla minerālu virsmas un ir arī sastopams augsnes šķīdumā. Tomēr tikai maza daļa no augsnē atrodamā kālija ir pieejama augiem, lielākā daļa – 90 līdz 99% atrodas strukturālajā formā (Janssens et al., 1998; Kasparinskis, 2012). Kālijs ir būtisks augiem, jo tas palīdz slāpekli transformēt proteīnos.

Kālijs ir būtisks rādītājs zālāju ilgstošai dzīvotspējai. Kālija daudzumu augsnē nosaka kālija saturoši minerāli cilmiezī (Andrist-Rangell et al., 2006). Lauksaimniecības zemēs galvenais kālija avots nāk no illīta dēdēšanas procesiem. Augiem uzņemot kāliju, augu saknes atbrīvo ūdeņraža jonus (H^+), kuri reaģē ar māla minerāliem, tā rezultātā augi spēj iegūt mazāk kālija no augsnes, nekā tas patiesībā ir.

Slāpeklis - slāpeklim ir relatīvi komplekss aprites cikls dabā. Tas ir būtisks makroelements. To galvenokārt ietekmē tieša vai netieša cilvēka darbība, rezultātā izmainās slāpekļa saturs, plūsmas dabā un oksidācijas procesi, ietekmējošs faktors ir erozijas procesi un virszemes notece (Machon et al., 2015).

Slāpeklis augsnē var nonākt no atmosfēras, kas dažos reģionos var būt ļoti lielos daudzumos, piemēram, Nīderlandē 50 kg/ha (Willems et al., 1993). Augšņu bagātināšanās ar slāpekli noved pie bioloģiskās daudzveidības samazināšanās, augsnes, samazinās augsnes organismu darbība un organisko vielu noārdīšanās un notiek paskābināšanās. Slāpeklis augiem pieejams galvenokārt nitrātu formā, bet tas ir nestabils un var ātri izskaloties (Ciais et al., 2013).

Ekstensīvi apsaimniekotās ekosistēmās, kā daļēji dabiskie zālāji, slāpeklis pārsvarā nonāk no atmosfēras (Machon et al., 2011). Bet būtiski ir arī pieminēt slāpekļa fiksāciju ar gumiņbaktērijām - daļēji dabiskajās pļavās šī fiksācija svārstās no 2,3 – 3,1 kg/ha (Machon et al., 2015).

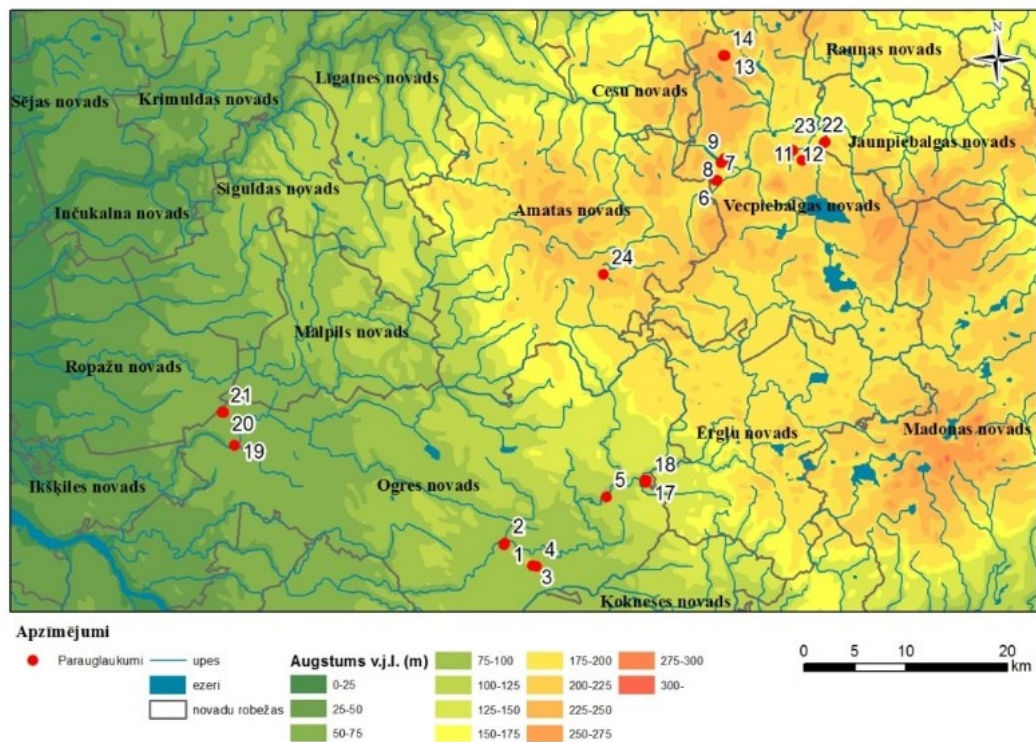
Vairāki slāpekļa savienojumi, kā slāpekļa dioksīds (NO_2 , slāpekļskābes tvaiki (HNO_3), amonija joni (NH_4^+) un nitrātijoni (NO_3^-) izgulsnējas augsnē no atmosfēras (ar nokrišņiem). Ziemeļeiropā daļēji dabiskajos zālajos izgulsnējas apmēram 11 – 15 kg/ha (Machon et al., 2015).

4. Pētījuma materiāls un metodes

4.1. Izejas dati

Maģistra darbā izmantota literatūra no starptautiskajiem zinātniskajiem žurnāliem, kas pieejami datubāzēs: EBSCO, Web Of Science, Scopus un Science Direct, kā arī izmantoti elektroniskie resursi, grāmatas un:

- LR Valsts zemes dienesta augšņu kartēšanas 1984. gada dati mērogā 1:10 00;
- Dabas aizsardzības pārvaldes dabas datu pārvaldības sistēma “Ozols” (OZOLS, 2015), kurā pieejams ES nozīmes zālāju biotopu kartējums pētījuma etalonteritoriju atlasīšanai (3.1. attēls);
- LR Zemkopības ministrijas lauku atbalsta dienesta dati par Eiropas Savienības atbalsta maksājumiem sētajiem un pastāvīgajiem zālājiem 2013. gadā;
- GIS Latvija 10.2



4.1.attēls. Augšņu dziļrakumu profilu izvietojums pētījuma etalonteritorijās Eiropas Savienības nozīmes zālāju biotopos (izveidojusi autore, izmantojot GIS Latvija 10.2)

Rezultātu apkopošanā izmantotas veidlapas, kas tika aizpildītas lauka darbu apstākļos, veicot:

- augsnes parauglūkumu izveidi – 24 augsnes dziļrakumu profilu ierīkošanu, koordinātu noteikšanu un to fiksāciju;
- augsnes dziļrakumu profilu aprakstīšanu atbilstoši Latvijas augšņu klasifikācijai (Karkliņš u.c., 2009) un starptautiskai FAO WRB augšņu klasifikācijai (IUSS Working Group, 2014);
- augsnes ietekmējošo faktoru – augsnes cilmieža ģenētiskais tips un novietojuma reljefā – noteikšanu;
- augsnes veidošanās procesu noteikšanu;
- zālāju veģetācijas noteikšanu, ko veica Jekaterina Matuko.

Kartē (3.1. attēlā) atspoguļota informācija par augšņu dziļrakumu izvietojumu pētāmajās teritorijās.

4.2. Pētījuma metodes

Pētījums veikts LIFE projekta “Integrēta plānošanas pieeja zālāju dzīvotspējai” (Nr. LIFE13ENV/LT/000189) ietvaros Vidzemes centrālajā daļā Vecpiebalgas, Ogres un Amatas novadā. Maģistra darbs veikts, izmantojot divas pētījumu pieejas:

- 1) Augsnes faktoru nozīmes izvērtēšanai zālāju ekosistēmu (sēto un pastāvīgo zālāju) telpiskajā izplatībā un diferenciacijā Vidzemes centrālajā daļā (Drustu, Dzērbenes, Jaunpiebalgas, Liezēres, Taurenas, Vaives, Vecpiebalgas un Zosēnu) tika izmantoti:
 - LR Valsts zemes dienesta augšņu kartēšanas 1984. gada dati mērogā 1:10 000 (tips; granulometriskā sastāva grupu; zemes kvalitatīvās vērtības)
 - LR Zemkopības ministrijas lauku atbalsta dienesta dati par Eiropas Savienības atbalsta maksājumiem sētajiem un pastāvīgajiem zālājiem 2013. gadā.
- 2) No Dabas aizsardzības pārvaldes datubāzes “OZOLS”, tika atlasīti 24 parauglūkumi ar Eiropas nozīmes biotopiem, kas raksturo daļēji dabiskos zālājus. Šajos parauglūkos tika noteikts augsnes cilmieža ģenētiskais tips, augsnes apakštips, brīvo kalcija karbonātu dziļums, gruntsūdens līmeņa dziļums un augsnes pamatgrupa atbilstoši starptautiskajai FAO WRB (2014) augšņu klasifikācijai, kā arī augsnes ģenētisko horizontu fizikālās un

ķīmiskās īpašības. Turklāt tika noteikta arī veģetācija (izmantojot Brauna-Blankē metodi), ko veica Jekaterina Matuko. Veikta profila fotofiksācija.

Augsnes paraugi tika ievākti no virsējā un apakšējā ģenētiskā horizonta, pievienojot tiem informāciju ar parauglaukuma numuru un augsnes slāņa dziļumu. Augšņu paraugu ņemšanas vietās tika noteiktas koordinātas ar GPS (Magellan).

LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes augšņu laboratorijā augsnes paraugi tika izžāvēti līdz gaissausam stāvoklim, pēc tam minerālaugsnes paraugi tika izsijāti caur 2 mm sietu. Pēc paraugu sagatavošanas, tika veiktas augsnes paraugu fizikālās un ķīmiskās analīzes 3 atkārtojumos, tika noteikts:

- augsnes pH_{BaCl_2} , izmantojot pH-metru WTW inoLab ar stikla elektrodu 1M $BaCl_2$ šķīdumā (masas/tilpuma attiecība 1:5);
- kopējā slāpekļa ($N_{kop.}$) un kopējā oglekļa ($C_{kop.}$) saturs (%), izmantojot CHNSO elementanalizatoru *EuroVector*;
- apmaiņas elementi (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+}) $BaCl_2$ šķīdumā, nosakot koncentrāciju (mg/kg) ar atomabsorbcijas spektrometru *Perkin Elmer Analyst 200* (Tan, 2005);
- augsnes granulometriskais sastāvs (%), izmantojot pipetēšanas metodi. Paraugi tika apstrādāti ar 1M NaOH šķīdumu. Lietojot nomogrammu (Kārklīšs, 2008), tika izdalītas augsnes granulometriskā sastāva grupas;
- Kustīgais fosfors (P_2O_5) (mg kg^{-1}) noteikts izmantojot LVS ISO 11263:2002 metodiku.

Ekosistēmu pakalpojumu vērtēšana ir komplekss process, var izmantot gan biofizikālas, sociālās un ekonomiskās vērtēšanas metodes. Katrai metodei ir savu plusi un mīnusi. Šajā darbā tika izmantota biofizikālā metode, jo tā rakturo ekosistēmas struktūru un funkcijas, izmantojot precīzus datus, tādējādi pamatojot augsnes faktora nozīmī zālāju regulējošo pakalpojumu nodrošināšanā (Kalvāne u.c., 2014). Par cik augsnes ietilpt pie regulējošajiem pakalpojumiem, tad tika sīkāk izdalīti regulējošo pakalpojumu indikatori, kuriem pretī var redzēt attiecīgās kvantitatīvos rādītājus. Pēc sagatvotas tabulas var vērtēt ekosistēmu pakalpojumu potenciālu (tālākos pētījumos pēc šādas tabulas principa var novērtēt nodrošinājumu un pieprasījumu, pēc tam veikt aprēķinus).

4.3. Datu statistiskā apstrāde

Sakarā ar augstāk minētajām divām pētījumu pieejām, tika sagatavotas divas datubāzes. Atbilstoši pirmajai pieejai, MS Excel datubāzē tika apkopota kvantitatīvā informācija par sēto un pastāvīgo zālāju kontūru platībām, kā arī zemes kvalitatīvo vērtību (ballēs), savukārt kā kvalitatīvie faktori tika kodēti:

- 1) Granulometriskā sastāva grupas: smilts -1; mālsmilts – 2; smilšmāls – 3; māls – 4, kā arī 5 - kūdra
- 2) Augsnes tipi: 1. Velēnu karbonātaugsne; 3. Podzolaugsne; 4 – Podzoli; 5. Nepilnīgi izveidota augsne; 6. Antropogēna augsne; 7. Glejaugsne; 8. Podzolētās glejaugsnes; 9. Aluviāla augsne; 10. Zemā purva kūdraugsne; 11. Pārejas purva kūdraugsne 12. Augtā purva kūdraugsne

Lai analizētu galvenos ietekmējošos faktorus, kas nosaka Eiropas Savienības nozīmes zālāju (daļēji dabisko zālāju) augšņu īpašības un regulējošos ekosistēmu pakalpojumus, tika izveidota MS Excel datu bāze ar augsnes ķīmisko un fizikālo parametru kvantitatīvajiem rādītājiem (P_2O_5 , K^+ , N^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Al/Fe attiecība, pH vērtības, C %, N %, C/N attiecība, C t/ha, KAK). Datu matricās, galvenās komponentu analīzes veidošanai, augsnes virsējam un apakšējam horizontam (kas raksturo augsnes cilmieža īpašības) augsnes

kvalitatīvajiem faktoriem tika piešķirti šādi kodi:

- 1) ES nozīmēs zālāju biotopi (pēc mitruma režīmu un auglības no sausākiem uz mitrākiem zālājiem) : 6210 – 1, 6230* - 2, 6270* - 3, 6510 – 4, 6410 – 5.
- 2) Granulometriskā sastāva grupas: smilts – 1, mālsmilts – 2, smilšmāls – 3, māls – 4.
- 3) Gruntsūdens līmenis: 0 līdz 39 – 1, 40 līdz 79 – 2, 80 līdz 109 – 3, 109.. – 4.
- 4) Augsnes klase: automorfa augsne – 1, pushidromorfa augsne 2, hidromorfa augsne 3.
- 5) Augsnes tips: 1 – velēnu karbonātaugsne, 3 – podzolaugsne, 7 – glejaugsne, 8 – podzolēta glejaugsne, 9 – aluviālā glejaugsne, 10 – zemā purva kūdraugsne
- 6) Augsnes apakštips: 11 – rendzīna, 31 – velēnu podzolaugsne, 71 – velēnglejota augsne, 74 – velēnu glejaugsne, 78 – kūdrainā augsne, 81 – velēnpodzolēta glejota augsne, 82 – velēnpodzolēta virsēji glejota augsne, 83 – velēnpodzolēta pseidoglejota augsne, 84 – velēnpodzolēta glejaugsne, 91 – graudainā aluviālā augsne, 92 – kārtainā aluviāla augsne, 93 – velēngleja aluviālā augsne, 104 – zemā purva trūdaini kūdrainā augsne.

- 7) Glejošanās (cik cm dziļumā ir sastopami glejošanās procesi): 20 cm – 35 cm – 1, 36 cm – 51 cm – 2, 52 cm – 66 cm – 3, 67 cm – 81 cm – 4, 82 cm – 96 cm – 5, 97 cm... - 6
- 8) Zemes kvalitatīvās vērtības: līdz 15 balles – 1, 20 balles – 25 balles – 2, 30 balles – 3.
- 9) Ap horizonta biezums: 0 cm – 20 cm – 1, 21 cm – 30 cm – 2, 31cm... - 3

Pēc tam dati tika analizēti ar netiešo ordinācijas metodi - galveno komponentu analīzi (PCA)-izmantojot *PC-ORD 5.0* programmu tika noskaidrotas galvenās likumsakarības atbilstoši augsnes virsējiem un apakšējiem horizontiem saistībā ar augsnes ķīmiskajām un fizikālajām īpašībām un kvalitatīvajiem faktoriem. Savukārt būtiskas atšķirības starp kvalitatīvajiem rādītājiem pēc augsnes īpašībām, tika noteiktas, izmantojot vienfaktora dispersiju analīzi (ANOVA), pielietojot *Tukey*, *Scheffe* būtiskuma testus un *Dunnet's T3* korekciju.

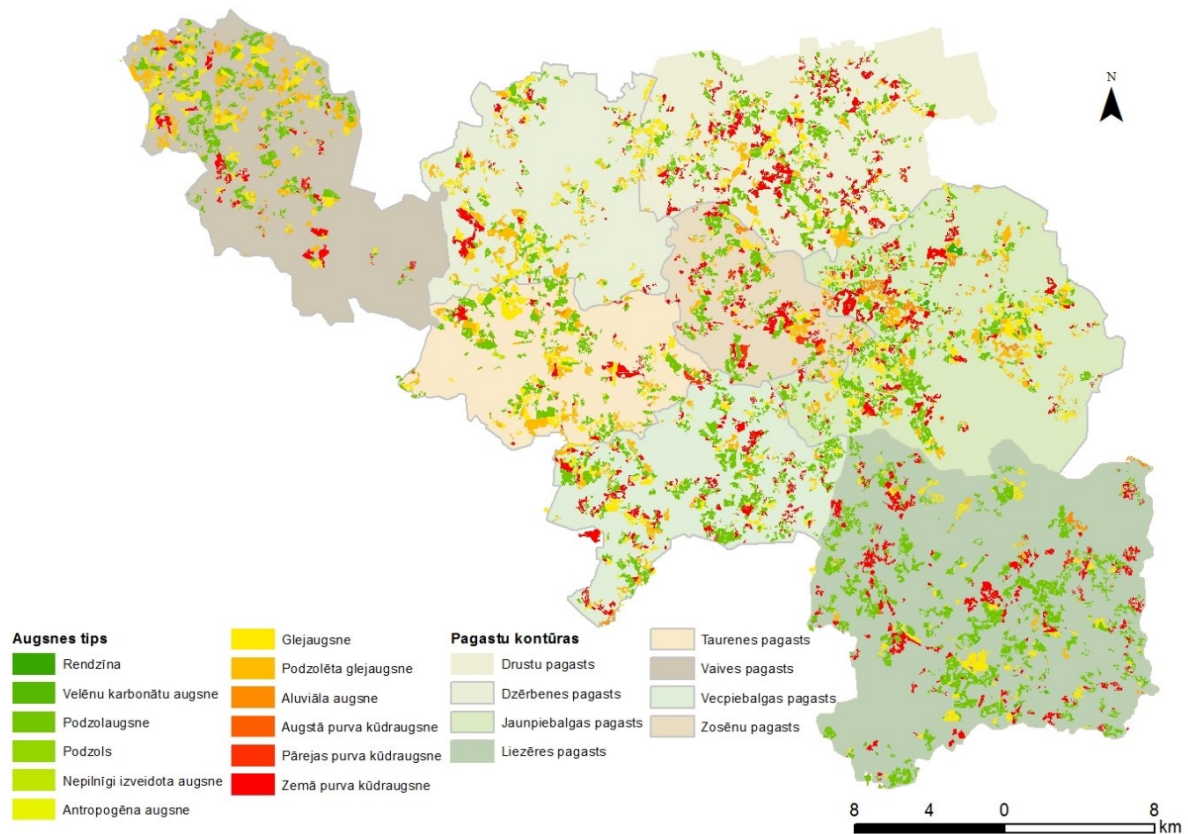
Lai raksturotu etalonteritorijas augsnes un pētījuma parauglaukumus, kartogrāfisko materiālu izveidei tika izmantota *ArcMap 10.3.1*. programmatūra.

5. Rezultāti un diskusija

5.1. Zālāju un to regulējošo ekosistēmu pakalpojumu (augnes faktoru) telpiskās izplatības raksturojums un sakarības Vidzemē

5.1.1. Zālāju un augnes faktoru telpiskās izplatības raksturojums

Pastāvīgās pļavas un ganības Vidzemes centrālajā daļā ir izplatījušies nevienmērīgi mozaīkveidā (5.1.1. att.) aplūkotajos pagastos (Drustu, Dzērbenes, Jaunpiebalgas, Liezēres, Taurenas, Vaives, Vecpiebalgas un Zosēnu), un kopumā veido 15314,29 ha.

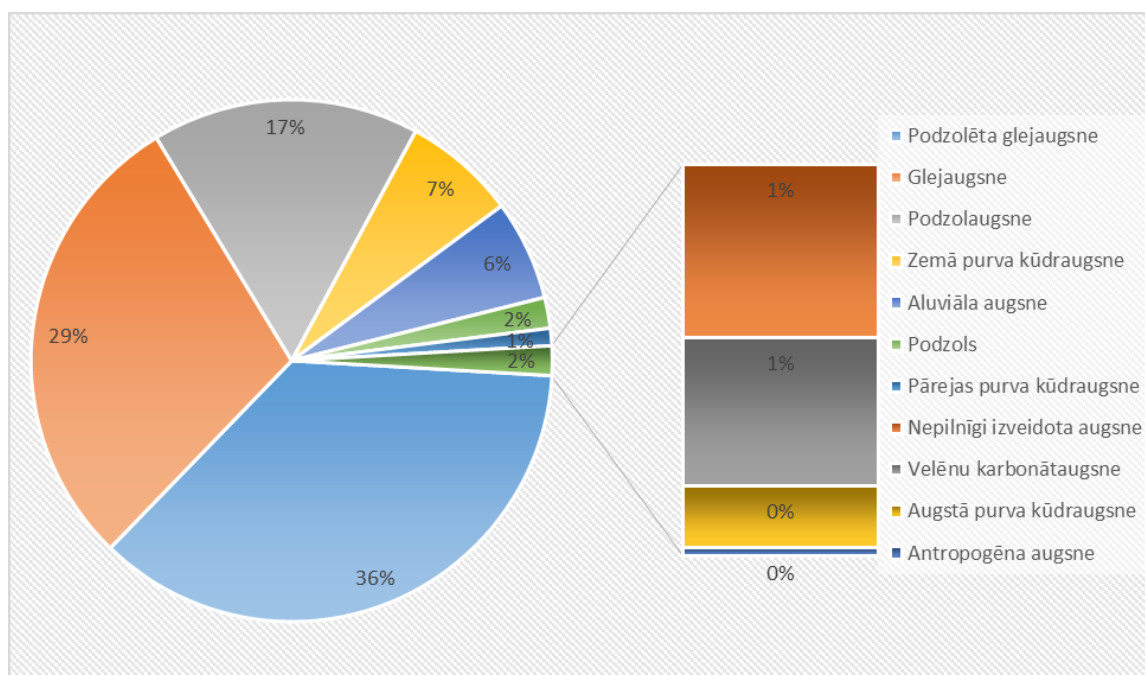


5.1.1.attēls Pastāvīgo pļavu un ganību izplatība Vidzemes centrālajā daļā un to augšņu tipi (sagatavoja autore, izmantojot Lauku atbalsta dienesta datus)

Cilvēka saimnieciskās darbības rezultātā Eiropā pēdējo 60-70 gadu laikā daļēji dabisko zālāju ekosistēmas ir nozīmīgi ietekmētas, pārveidojot tās par aramzemēm un kultivētajiem zālājiem, veicot, galvenokārt, meliorāciju un mēslošanu (eutrofikācija), lai palielinātu augsnes auglību (Blackstock et al., 1999).

Tādēļ arī Vidzemē ir vērojama mozaīkveida zālāju izplatība, kuras izplatību ietekmējošie faktori galvenokārt ir augsnes auglība.

Vidzemes centrālajā daļā zālāji ir izvietojušies uz dažāda tipa un granulometriskā sastāva augsnēm - 65 % no zālājiem ir sastopami uz podzolētām glejaugsnēm (36 %) un glejaugsnēm (29 %). Savukārt atlikušie 35 % zālāju, ir sastopami uz podzolaugsnēm (17%), zemā purva kūdraugsnēm (7%), aluviālajām augsnēm (6%), kā arī podzoliem, pārejās purva kūdraugsnēm, velēnu karbonātaugsnēm, augstā purva kūdraugsnēm, nepilnīgi veidotām augsnēm un atropogēnām augsnēm (5.1.2.attēls).

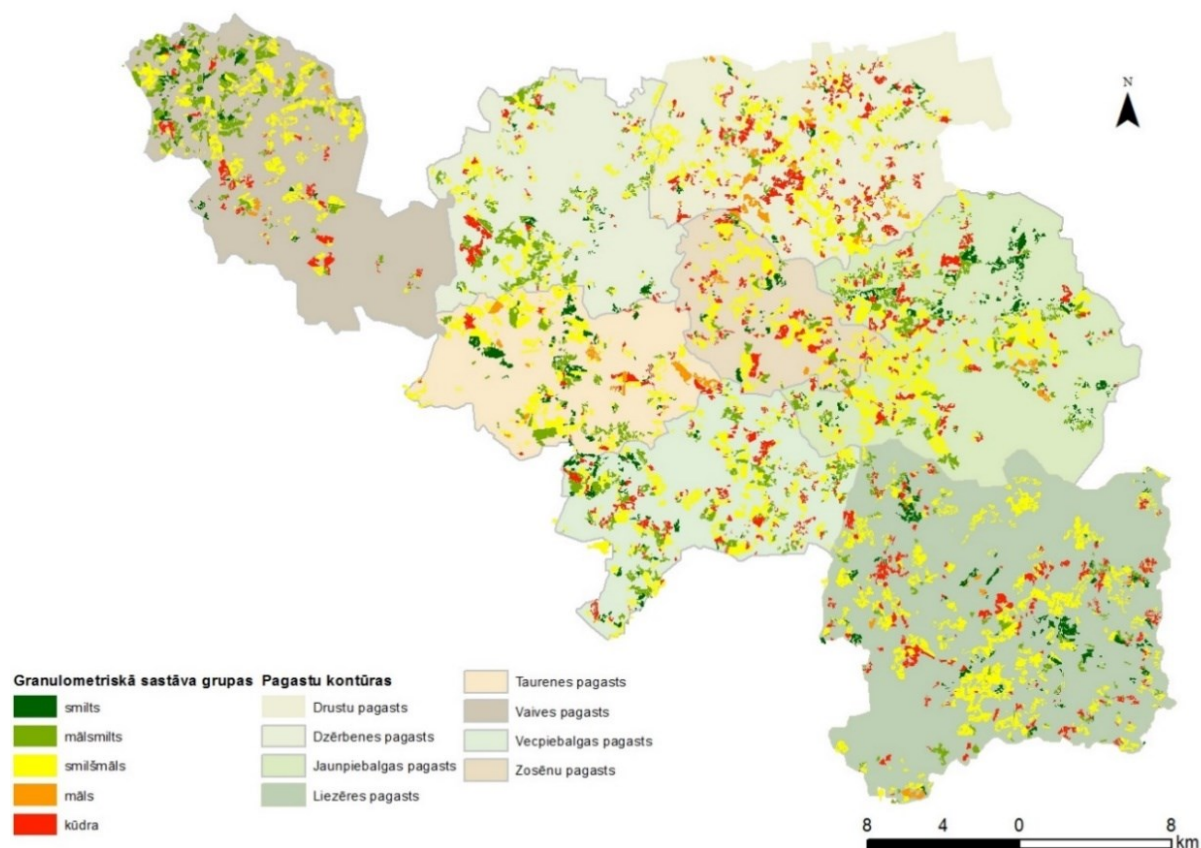


5.1.2.attēls. Pastāvīgo pļavu un ganību izplatība % Vidzemes centrālajā daļā uz dažāda tipa augsnēm (sagatavoja autore, izmantojot Lauku atbalsta dienesta datus)

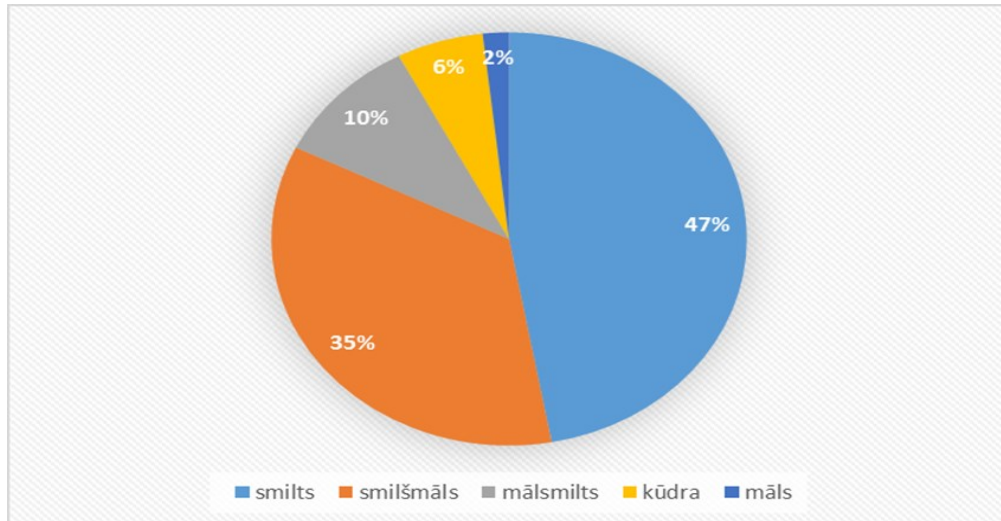
Pēc (5.1.2. attēla) var redzēt, ka zālāji pārsvarā sastopami uz pushidromorfajām augsnēm un organogēnajām augsnēm. To iespējams skaidrot ar strauju platību samazināšanos, kur auglīgākas augsnes ir transformētas aramzemēs, savukārt augsnes, kur mitruma apstākļu dēļ ir sarežģītāk lietot smago tehniku apstrādei vai ņemot vērā Vidzemes augstienes teritorijas

ģeoloģiskās veidošanās apstākļus un ģeomorfoloģiju t.i. saposmoto reljefu, tad iespējams, ka ar tehniku ir sarežģītāka piekļuve un darbs neatmaksājās.

Kā arī būtisks ietekmējošs faktors ir granulometriskā sastāva grupas. Tika izdalītas četrām granulometriskā sastāva grupām – smilts, mālsmilts, smilšmāls, māls, kā arī kūdra. Kā var redzēt zālāju granulometriskā sastāva izplatības kartē (5.1.3. attēlā), tad lielu daļu teritorijas smilšmāla augsnes un smilts augsnes. Kuras ir arī sagrupējušās lielākos lauku blokos.



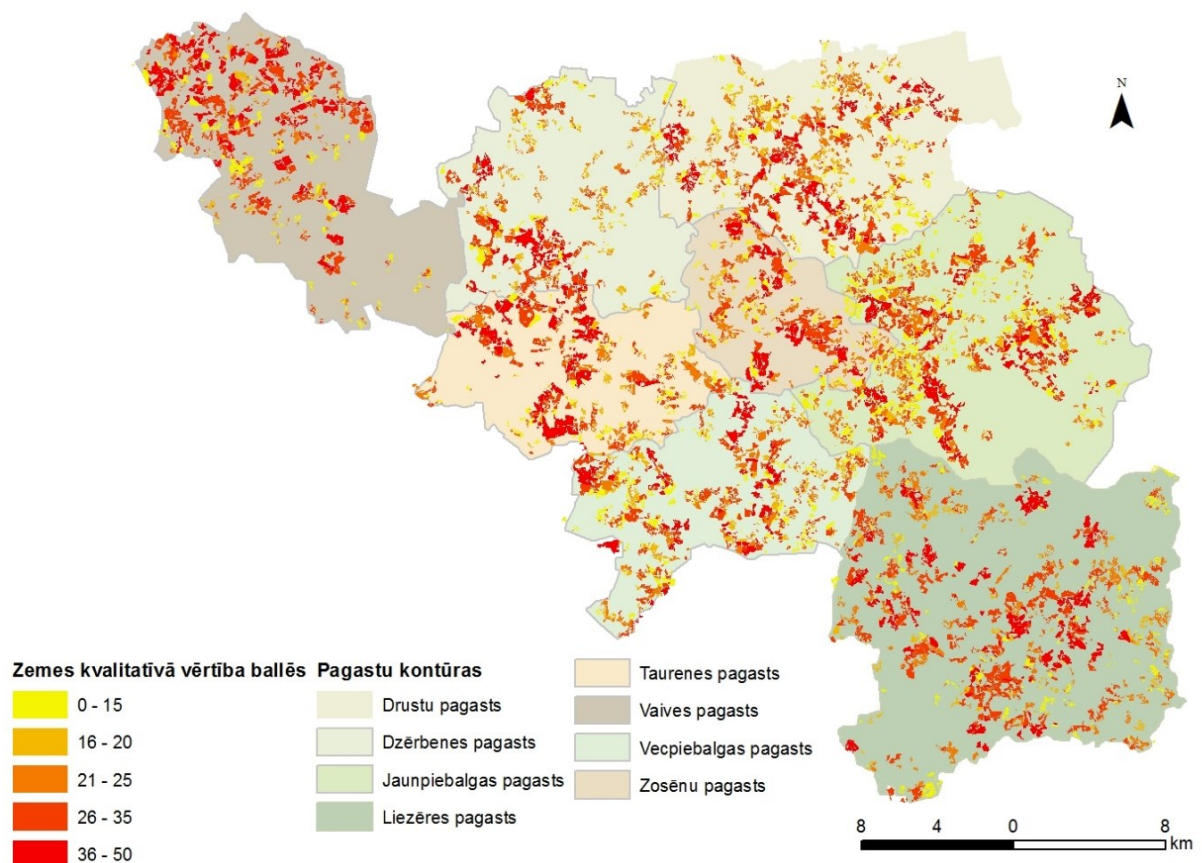
5.1.3. attēls Pastāvīgo pļavu un ganību izplatība Vidzemes centrālajā daļā un to un to granulometriskā sastāva grupas (sagatavoja autore, izmantojot Lauku atbalsta dienesta datus)



5.1.4.attēls Pastāvīgo pļavu un ganību izplatība % Vidzemes centrālajā daļā uz dažāda granulometriskā sastāva grupām (sagatavoja autore, izmantojot Lauku atbalsta dienesta datus)

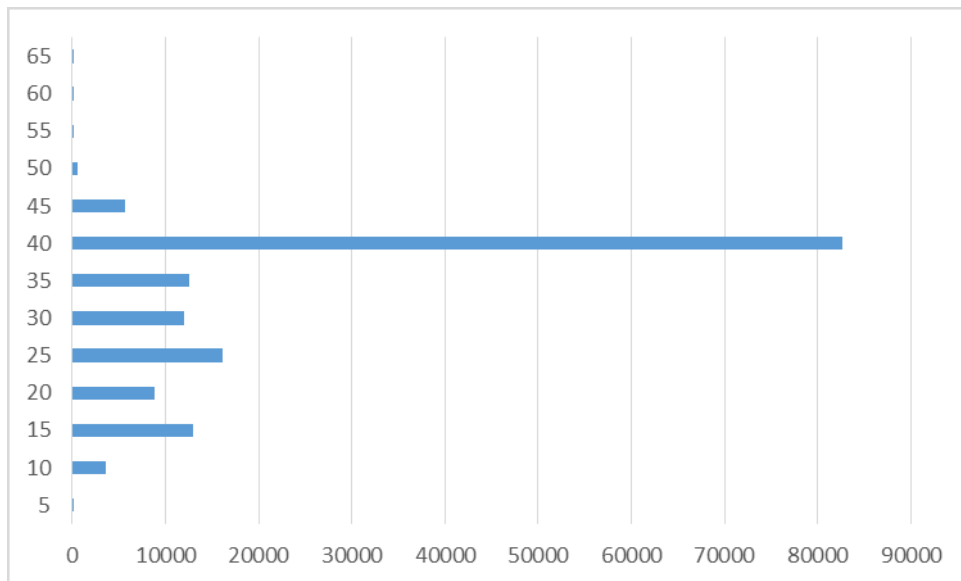
Zālāji ir izplatīti uz šādā granulometriskā sastāva grupām – smilts (47%), smilšmāls (35%), mālsmilts (10%), kūdra (6%) un māls (2%) (5.1.4. att.).

Zemes kvalitatīvās vērtības ir klasificētas piecās iedaļās (5.1.5. attēls). Aprēķinot mediānu šīm vērtībām, lai izslēgtu ļoti augsto un ļoti zemo vērtību ietekmi uz rezultātu konstatēts, ka mediāna ir 30 balles. Ar 30 ballēm parasti novērtēja no smilts līdz mālsmilts granulometriskā sastāva augsnes, ar viļņotu reljefu, periodiski mitras augsnes, augšņu iekultivēšanās pakāpe zem vidējās ar seklu trūdu akumulācijas horizontu (18 – 22 cm). Augsnes varbūt skābas pH – 4,5 – 5,0. Šādas zemes lauksaimniecības vajadzībām izmantojamas ierobežoti (Boruks, 2001).



5.1.5. attēls Pastāvīgo pļavu un ganību izplatība Vidzemē un to zemes kvalitatīvās vērtības ballēs (sagatavoja autore, izmantojot Lauku atbalsta dienesta datus)

Zemes kvalitatīvo vērtību jeb kvalitāti lielā mērā nosaka augsnes faktors – augsnes tips, mehāniskais sastāvs un iekultivēšanas pakāpe. Kā arī, protams, meliorācijas sistēmas stāvoklis, reljefs, akmeņainība, kontūru platības un izvietojums, mēslošanas pasākumi (tos ietekmē zemes lietošanas veids. Minimālais novērtējums pļavām un ganībām ir 10 balles (Boruks, 2001).

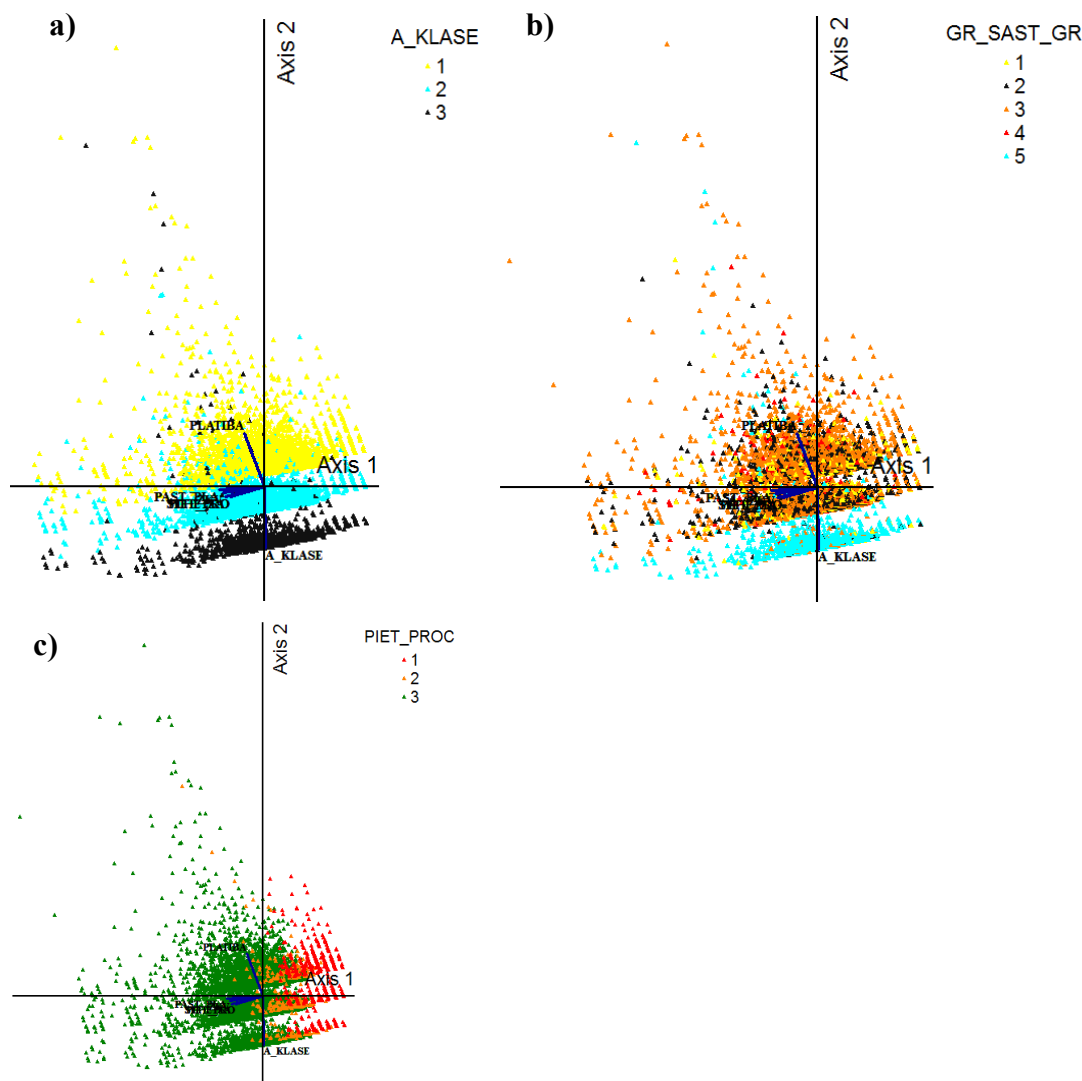


5.1.6. attēls Pastāvīgo pļavu un ganību zemes kvalitatīvās vērtība (ballēs) Vidzemes centrālajā daļā (sagatavoja autore, izmantojot Lauku atbalsta dienesta datus)

Aplūkojot 5.1.6. attēlu, var redzēt, ka visvairāk zālāju platību ir raksturīgi ar zemes kvalitatīvo vērtību - 40 balles, tad seko 25 balles, 15 balles un 35 balles.

5.1.2. Zālāju un augsnes faktoru telpiskās izplatības likumsakarības Vidzemes centrālajā daļā

Galveno komponentu analīzē analizēto sēto zālāju un pastāvīgo pļavu kontūru izvietojums koordinātu plaknē statistiski būtisks ir ar 1. un 2. asi ($p = 0,01$), kas kopumā izskaidro 46,13 % no kopējās dispersijas. Ar 1. asi, kas izskaidro 26,79 % no kontūru kopējās dispersijas, ir konstatēta būtiska ($r > 0,50$) pozitīva sakarība starp zemes kvalitatīvo vērtību ($r = -0,63$), ES atbalsta maksājumiem pieteiktajiem procentiem ($r = -0,52$), sēto zālāju platību ($r = -0,60$) un pastāvīgo pļavu platību ($r = -0,68$), savukārt šiem rādītājiem pastāv negatīva tendence ar mitruma gradientu, ko izsaka augsnes klases ($r = 0,02$) (5.1.2.1. attēls).



5.1.2.1. attēls. Sēto zālāju (SETIE_ZALAJI – sēto zālāju platības (ha)) un pastāvīgo pļavu kontūru (PAST_PLAVAS – pastāvīgo pļavu platības (ha)) un augsnes faktoru (ZKV – zemes kvalitatīvā vērtība ballēs (%); PLATIBA – augsnes kontūru platība ha; A_KLASE – augsnes klases (raksturo mitruma gradientu)) izvietojums komponentanalīzē nodalītajās asīs saistībā ar a) A_KLASE – augsnes klases (raksturo mitruma gradientu)); b) GR_SAST_GR – granulometriskā sastāva grupa; c) PIET_PROC – ES atbalsta maksājumiem pieteiktie procenti

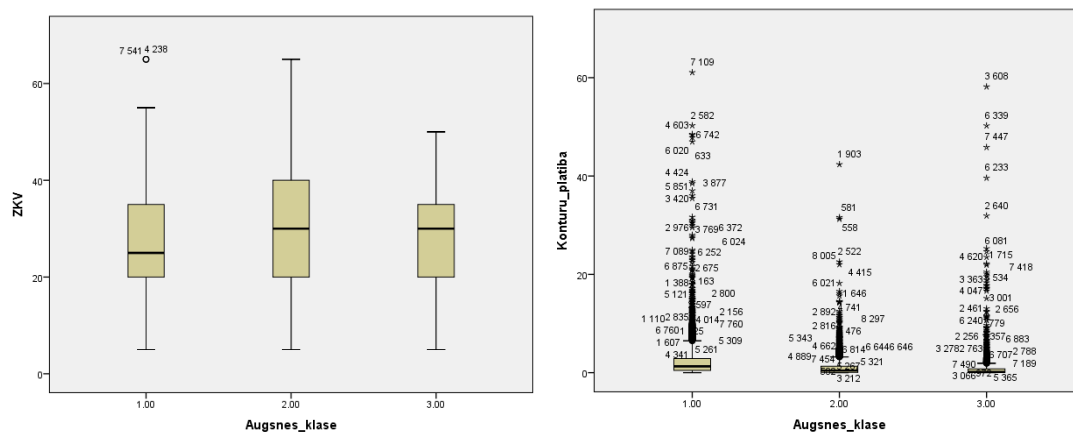
Tas nozīmē, ka augstākas zemes kvalitatīvās vērtības ir saistāmas ar lielākām telpiskām kontūrām, kuras tiek pieteiktas atbalsta maksājumiem, savukārt relatīvi mazas telpiskās kontūras netiek pieteiktas atbalsta maksājumiem, un tām iespējams pastāv risks saglabāties nākotnē kā zālāju apsaimniekotām platībām, jo šajās teritorijās ir relatīvi zema kvalitatīvā vērtība, ko nosaka relatīvi viegla granulometriskā sastāva augsnes grupas, piemēram, smilts

(izvietotas 1. ass labajā pusē), savukārt auglīgas augsnes, ko veido smilšmāls un māls, ir izvietotas ass kreisajā pusē.

Savukārt 2. Ass izskaidro 19,34 % no kontūru kopējās dispersijas, un tām ir konstatēta būtiska negatīva sakarība starp zālāju kontūru platību ($r = 0,69$) un mitruma gradientu, ko parāda augsnes klases ($r = -0,79$).

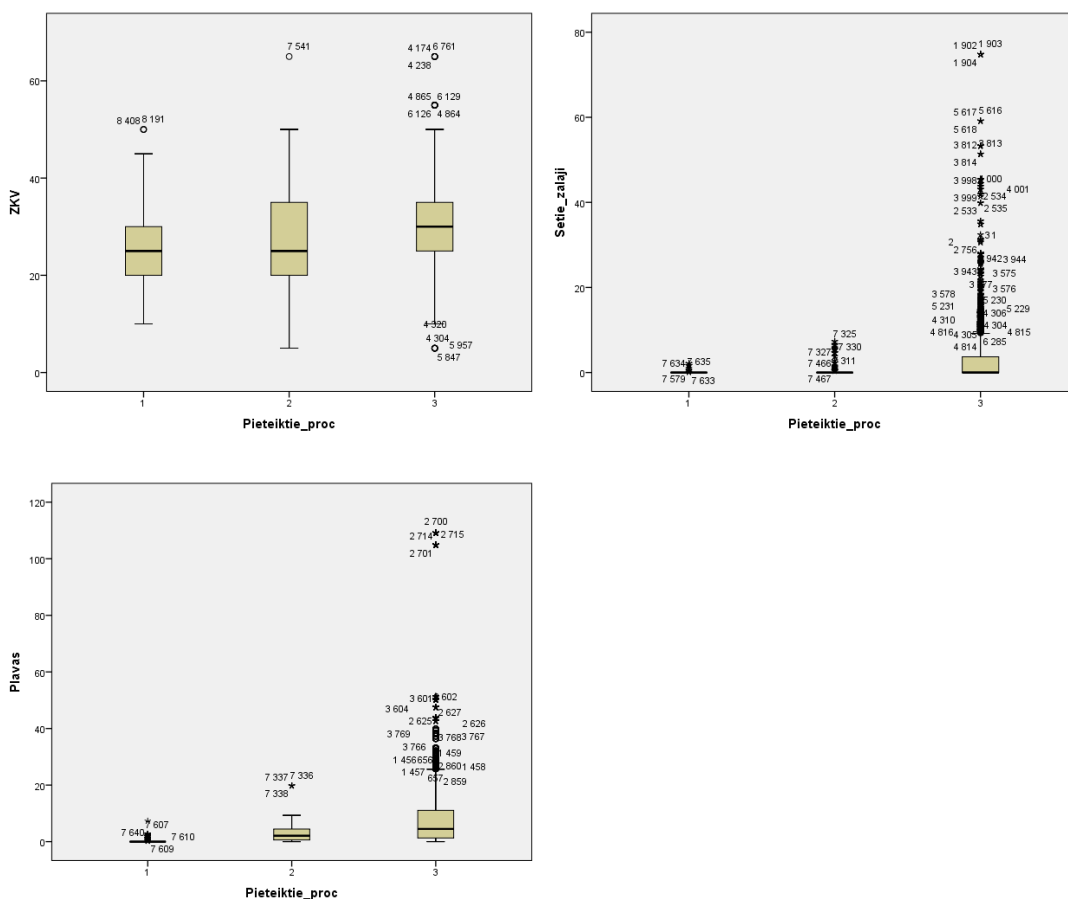
Vidzemes centrālās daļas pētīto novadu zālāju un pastāvīgo pļavu kontūru raksturojošo augšņu faktoru un ES vienoto platību maksājumu pieteikto procentu savstarpējais salīdzinājuma rezultāti starp kvalitatīvajiem faktoriem parāda būtiskas atšķirības vairākos rādītājos (1. pielikums).

Izmantojot vienfaktora dispersiju analīzi (One-way ANOVA) pēc *Tukey*, *Scheffe* un *Dunnets T3* korekcijas, konstatētas statistiski būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības starp **augšņu klasēm** (5.1.2.1. attēls). Automorfajām un pushidromorfajām augsnēm atšķirības ir – zemes kvalitatīvajā vērtībā, augsnes kontūru platībā, sēto zālāju platībā, pastāvīgo pļavu platībā un ES vienoto platību maksājumu pieteiktajos procentos. Starp pushidromorfajām augsnēm un hidromorfajām statistiski būtiskas atšķirības bija pēc zemes kvalitatīvajām vērtībām un pastāvīgajām pļavām. Kā arī starp automorfajām augsnēm un hidromorfajām augsnēm būtiskas atšķirības bija kontūru platībās.



5.1.2.1. attēls. Zemes kvalitatīvās vērtības (balles) un zālāju kontūru platību (ha) sadalījums atbilstoši augsnes klasēm (1 – automorfās; 2 – pushidromorfās; 3 - hidromorfās)

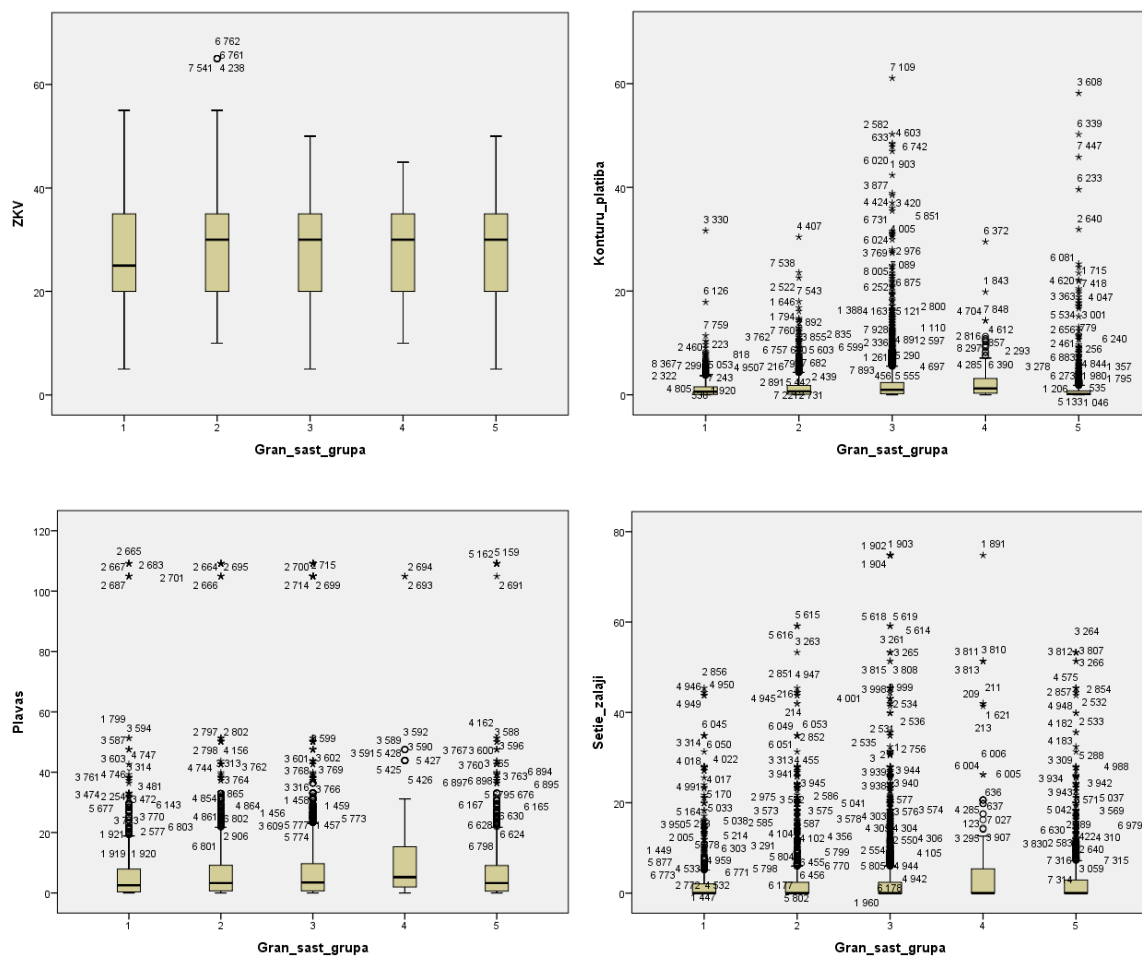
Konstatētas arī statistiski būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības **ES atbalsta maksājumiem pieteiktajām platībām procentos** atbilstoši zemes kvalitatīvajai vērtībai, sētajiem zālājiem un pastāvīgajām pļavām, platībām no 0 – 33 % (5.1.2.1.2. attēls).



5.1.2.2. attēls. Zemes kvalitatīvās vērtības (balles), sēto zālāju platību (ha) un pastāvīgo pļavu platību (ha) sadalījums atbilstoši ES atbalsta maksājumu pieteiktajiem procentiem (1 – 0-33%; 2 – 34-67%; 3 – 68-100%)

Diapazonā no 34% - 67% statistiski būtiskas atšķirības ir zemes kvalitatīvajai vērtībai, sētajiem zālājiem un pastāvīgajām pļavām. Savukārt diapazonā no 0 – 33% un 68 – 100% statistiski būtiskas atšķirības ir zemes kvalitatīvajā vērtībā, kontūru platībā, sēto zālāju platībā un pastāvīgo zālāju platībā.

Izmantojot vienfaktora dispersiju analīzi (One-way ANOVA) pēc *Tukey*, *Scheffe* un *Dunnets T3* korekcijas, konstatētas statistiski būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības starp šādām granulometriskā sastāva grupām (5.1.2.3. attēls).



5.1.2.3. attēls. Zemes kvalitatīvās vērtības (balles), augsnes kontūru platību (ha), pastāvīgo pļavu platību (ha) un sēto zālāju platību (ha) sadalījums atbilstoši granulometriskā sastāva grupām (1 – smilts; 2 – mālsmilts; 3 – smilšmāls; 4 – māls) un kūdrai (5)

Konstatētas šādas būtiskas atšķirības:

- Smilts atšķiras no mālsmilts un smilšmāla (pēc zemes kvalitatīvās vērtības, kontūru platības un ES vienoto platību maksājumiem);
- Mālsmilts atšķiras no smilšmāla (pēc kontūru platības);
- Smilšmāls atšķiras no māla (pēc kontūru platības, ES vienoto platību maksājumiem);
- Kūdra atšķiras no smilšmāla un māla (pēc kontūru platības kā arī ES vienoto platību maksājumiem) (5.1.2.3. attēls; 1. pielikums).

5.2. Pētīto etalonteritoriju ES nozīmes zālāju biotopu augšņu un to īpašību raksturojums


Pētījuma rezultāti (5.2.1. tab.) parāda, ka 24 pētītajos parauglaukumos ES nozīmes zālāju biotopos pēc augsnes morfoloģiskajām īpašībām un augsnes veidošanās procesiem, dominējošie augsnes tipi atbilstoši Latvijas augšņu klasifikācijai ir podzolētās glejauksnes (10), glejauksnes (5), aluviālās augsnes (3), podzolaugsnes (4), velēnu karbonātaugsne (1), zemā purva kūdraugsne (1). Relatīvi lielākā augšņu daudzveidība raksturīga mitriem zālājiem periodiski izžūstošās augsnēs (5.2.1. tab.).

Savukārt atbilstoši starptautiskajai FAO WRB augšņu klasifikācijai, dominējošās augsnes pamatgrupas ir: Stagnosols (9), Luvisols (3), Fluvisols (3), Arenosols (2), kā arī atsevišķi Cambisols (1), Regosols (1), Histosols (1), Gleysols (1), Anthrosols (1), Planosols (1) un Retisols (1).




5.2.1.tabula

Pētījuma etalonteritoriju parauglaukumu raksturojums ES nozīmes zālāju biotopos


(raksturīgākie augšņu dziļrakumu profili iezīmēti zilā krāsā)

Tipiskākie augsnes profili un zālāji *	Eiropas Savienības nozīmes zālāju biotops (24)	Glacigēnie nogulumi (6)	Glaciofluviālie nogulumi (6)	Glaciolimniskie nogulumi (7)	Aluviālie nogulumi (4)	Organogēnie nogulumi/ glaciolimniskie nogulumi (1)
	6210 - Sausie zālāji kalņainās augsnēs (3)		Rendzīna (Regosols)		Kārtainā aluviālā augsne (<i>Fluvisols</i>) Velēngleja aluviālā augsne (<i>Fluvisols</i>)	

5.2.1.tabulas turpinājums

Tipiskākie augšnes profili un zālāji *	Eiropas Savienības nozīmes zālāju biotops (24)	Glacigēnie nogulumi (6)	Glaciofluviā lie nogulumi (6)	Glaciolimniskie nogulumi (7)	Aluviālie nogulumi (4)	Organogēnie nogulumi/ glaciolimniskie nogulumi (1)
	6230* - Vilkakūla s zālāji (5)	Velēnu podzolaugsne (Arenosols)	Velēnu podzolaugs- ne (Cambisols) Velēn- podzolētā glejaugsne (Stagnosols)	Velēnglejotā augšne (Stagnosols)	Graudainā aluviālā augšne (Fluvisols)	
	6270* - Sugām bagātas pļavas (7)	Velēnpodzolētā glejotā augšne (Luvisols) Velēnu podzolaugsne (Arenosols) Velēnpodzolēta glejaugsne (Stagnosols) Velēnglejotā augšne (Retisols)	Velēn- podzolēta viršēji glejotā augšne (Stagnosols)	Velēnu glejaugsne (Gleysols) Velēnu podzolaugsne (Luvisols)		
	6510 - Mēreni mitras pļavas (1)			Velēnpodzolētā viršēji glejotā augšne (Luvisols)		

5.2.1.tabulas turpinājums

Tipiskākie augsnes profili un zālāji *	Eiropas Savienības nozīmes zālāju biotops (24)	Glacigēnie nogulumi (6)	Glaciofluviālie nogulumi (6)	Glaciolimniskie nogulumi (7)	Aluviālie nogulumi (4)	Organogēnie nogulumi/glaciolimniskie nogulumi (1)
	6410 - Mitrie zālāji periodiski izzūstošās augsnēs (8)	Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne (<i>Stagnosols</i>)	Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne (<i>Stagnosols</i>) Zemā purva trūdaini kūdrainā augsne (<i>Histosols</i>)	Velēnpodzolētā glejaugsne (<i>Stagnosols</i>) Apraktā kūdrainā glejaugsne (<i>Anthrosols</i>) Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne (<i>Stagnosols</i>)	Velēnpodzolētā pseidoglejotā augsne (<i>Planosols</i>)	Velēnglejotā augsne (<i>Stagnosols</i>)

* - Tabulas augšdaļā norādītas relatīvi nabadzīgākas augsnes, savukārt tabulas lejasdaļā norādītas relatīvi auglīgākas augsnes ar homogēnāku zālāju veģetāciju)

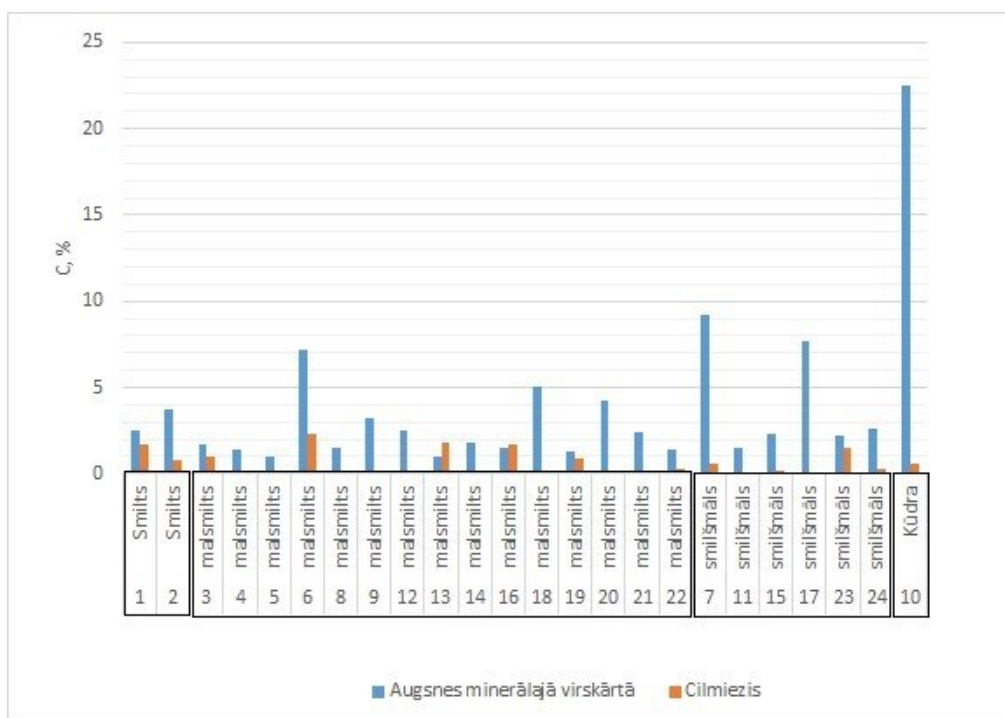
Augsne nodrošina svarīgus ekosistēmu regulējošos pakalpojumus, piemēram, oglekļa pieaiste un uzkrāšanos, ūdens filtrāciju un attīrīšanu un nodrošina pārtikas ražošanu cilvēkiem. Izmaiņas augsnes īpašībās būtiski ietekmē arī visus ekosistēmu pakalpojumus, kurus cilvēki saņem.

Augsnes granulometriskā sastāva grupas un reljefs ietekmē ne tikai augsnes erozijas risku samazināšanos, bet arī **organisko vielu akumulāciju**. Organisko vielu akumulācijas horizonta (Ap) biezums liecina par mēslošanas ietekmi, kā arī augsnes auglību. Automorfajās augsnēs Ap horizonta biezums ir relatīvi plānāks salīdzinājumā ar pushidromorfo augšņu zālājiem, kur ir relatīvi lielāki organiskā oglekļa krājumi, kā arī kopējā slāpekļa saturs, kur organisko vielu sadalīšanās process ir lēnāks. Šajos zālajos organisko vielu akumulācijai, sadalīšanās un mineralizācijas procesu norisei ir liela nozīme augsnes faunai un tās daudzveidībai, kā arī biomasai. Zālajos organiskā oglekļa krājumi vislielākie tika konstatēti tieši pushidromorfajās minerālaugsnēs, kur arī Ap horizonts bija biezāks un sadalīšanās process lēnāks.

Par mitruma apstākļiem liecina **glejošanās process**, kur kā indikatoru iespējams izmantot glejoto vai gleja horizontu dziļumu no minerālaugsnes virskārtas (4.pielikums).

5.2.1. Regulējošie zālāju ekosistēmu pakalpojumi un nozīmīgākās augsnes ķīmiskās īpašības

Kopējais oglekļa vidējais saturs augsnes virskārtā etalonteritorijas mainās no 0,96 % (13. paraugl.) līdz 9,26 % (parauglaukumā) savukārt kūdraugsnē 22,51 % (10. paraugl.) (5.2.1. attēls). Šādas datu diferenciacijai pamatā ir tas, ka kūdraugsnēs akumulējās vairāk oglekļa.



5.2.1. attēls **Kopējais oglekļa vidējais saturs (%) augsnes minerālajā virskārtā un cilmiezi un granulometriskā sastāva grupas** (izstrādājusi autore, izmantojot Danas Prižavoites LU ĢZZF augšņu laboratorijā iegūtos datus)

Kopējā oglekļa saturs % augsnes profilos ir dažāds, šādu sadalījumu starp augsnes minerālo virskārtu un cilmiezi ietekmē veģetācijas tips (Lipenīte un Kārklīšs, 2011), zemes lietošanas veids un granulometriskais sastāvs, piemēram, augsnēm ar lielāku māla daļiņu saturu un intensīvām ganībām ir zemāks organiskā oglekļa saturs, nekā rupja granulometriskā sastāv augsnēm uz kurām notiek intensīvas ganības (Mcsherry and Ritchie, 2013).

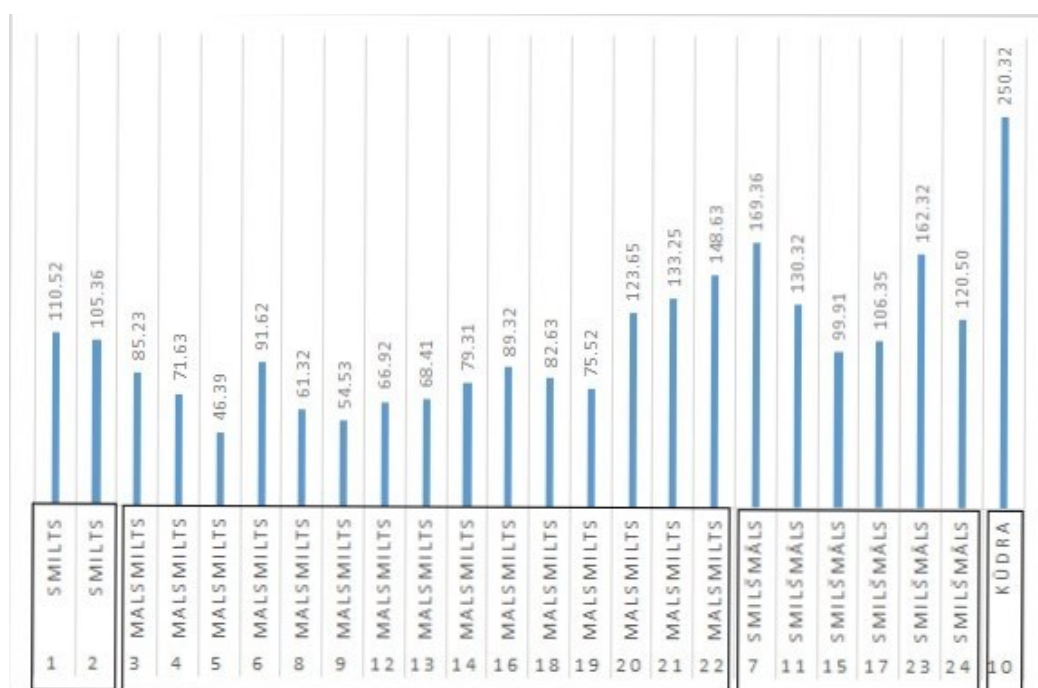
Tādēļ iespējams nepastāv izteiktas sakarības starp granulometrisko sastāvu un kopējā oglekļa vidējo saturu augsnēs etalonteritorijās. Jo būtisks ir ne tikai augsnes faktors, bet arī apsaimniekošana.

Organiskā oglekļa satura uzkrāšanos augsnes profilā apraksta nepārtraukta eksponenciāla funkcija (Lipenīte un Kārklīšs, 2011). Šādas lielas atšķirības starp augsnes

minerālo virskārtu un cilmiezi var novērot tieši zālāju ekosistēmās, jo intensīvi apstrādātos laukos organiskais ogleklis nevien uzkrājas, bet arī tā daudzums augsnē papildinās mineralizācijas procesu rezultātā, kurus katalizē dažāda veida lauksaimniecības darbības. Tomēr lauksaimniecības darbību rezultātā ogleklis atkal atgriežas atmosfērā, līdz ko lauki tiek uzarti.

Savukārt transformējot šīs zemes par zālājiem notiek lielāka oglekļa akumulēšanās gan virszemes augu atlieku dēļ, gan sakņu biomasas, kā arī būtiskākais iemesls ir, ka nenotiek intensīva augsnes apstrāde, līdz ar to ogleklis vairs neatgriežas atmosfērā.

Saistība ar **oglekļa krājumiem (t/ha)** etalonteritorijās var konstatēt, ka tie ir salīdzinoši līdzīgi starp visām granulometriskā sastāva grupām – mainās no 46,39 t/ha (5.parauglaukumā) līdz 169,36 t/ha (7. parauglaukumā), savukārt kūdraugsnē oglekļa krājumi bija 250,35 //ha (10. parauglaukumā) (5.2.2. attēls).

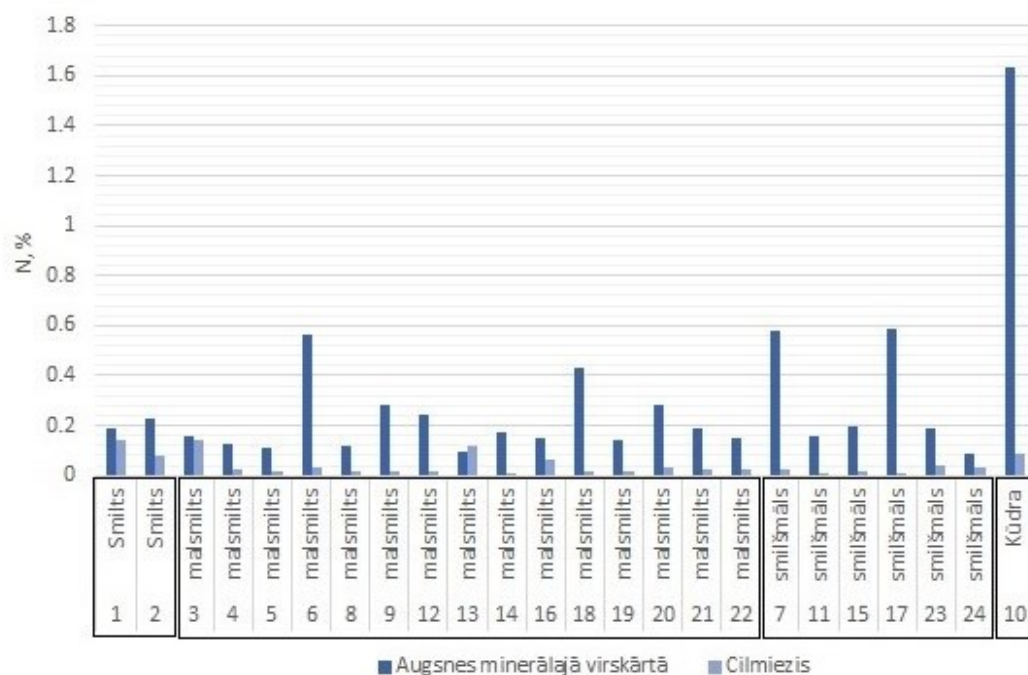


5.2.2.attēls **Kopējā oglekļa krājumi (t/ha) augsnes parauglaukumos pēc granulometriskā sastāva grupām** (izstrādājusi autore, izmantojot analīžu rezultātus)

Šie rezultāti tieši ir ietekmēti no tā, ka šīs teritorijas ir bijušas intensīvi apsaimiektotas un augsnes, kuras ir mazāk auglīgas (smilts un mālsmilts), visticamāk ir mēslošanas ar kūtmēsliem vai cita veida līdzekļiem, tādējādi nav vērojamas relatīvi lielas atšķirības, bet vairāk oglekļa krājumi ir smilšmāla augsnēs un tad mālsmilts augsnēm.

Vidēji zālajos Latvijā ir 89,4 t/ha oglekļa krājumi, kas rēķinot vidēji parauglaukumos oglekļa saturu mineralaugsnēs neskaitot ekstremālo vērtību (10.parauglaukumu) ir 98,5 t/ha, kas praktiski sakrīt ar LVMI “Silava” veiktājo pētījumu rezultātiem.

Slāpekļa vidējais saturs % augsnes minerālajā virskārtā mainās no 0,088 % (24. parauglaukumā) līdz 0,59 % (17. parauglaukumā), bet kūdraugsnē bija pat līdz 1,63 % (10. parauglaukumā), savukārt cilmiezī no 0,01 % (11. parauglaukumā) līdz 0,14 % (1. parauglaukumā) (5.2.3. attēls).

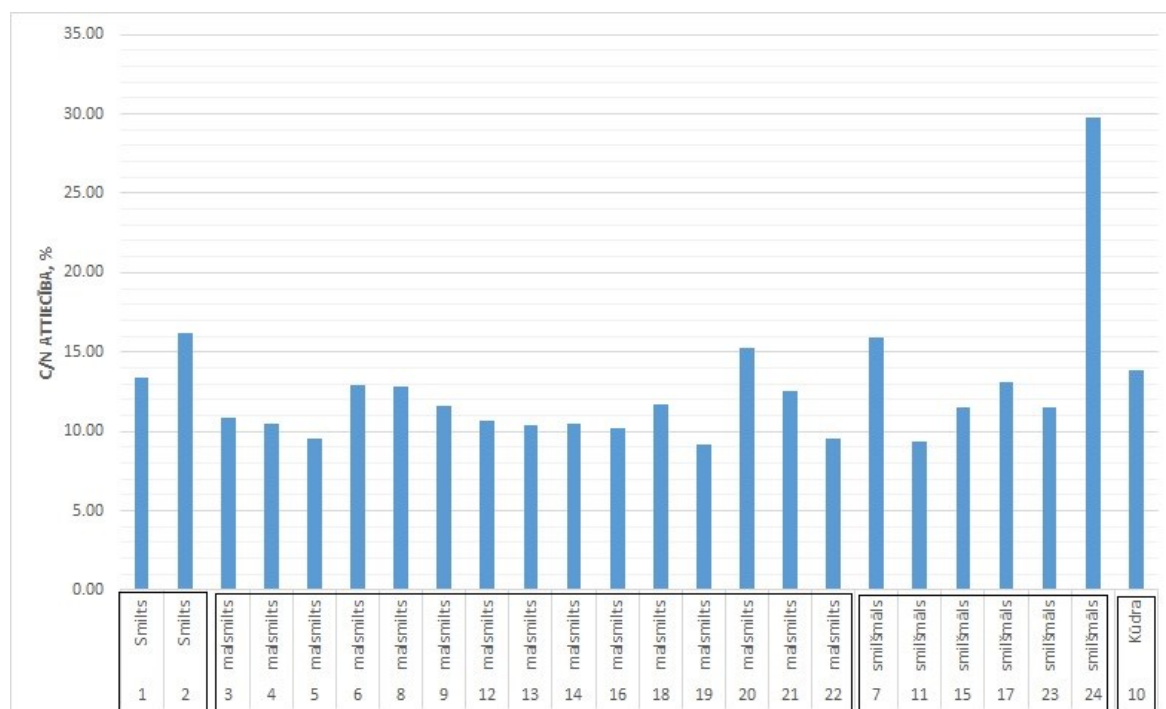


5.2.3.attēls **Kopējā slāpekļa vidējais saturs (%) augsnes minerālajā virskārtā**
(izstrādājusi autore, izmantojot Danas Prižavoites iegūtos datus)

Kopējā slāpekļa saturs korelē ar kopējā oglekļa saturu, izteikti lielāks tas ir 6., 7., 17. un 10. parauglaukumā, tas varētu būt saistāms ar iepriekšējo apsaimniekošanas veidu un veģētācijas. Pētījumi citur pasaulē ir pierādījuši, ka augstākas vērtības augsnes organiskā oglekļa saturam un kopējā slāpekļa ir novērotas mālsmits un smilšmāla augsnēs, nekā smilts augsnēs. Kā arī šī maģistra darba rezultāti to apstiprina.

Augsnes granulometriskajam sastāvam ir būtiska loma oglekļa uzkrāšanai, barības vielu pieejamībai, rupjakā granulometriskā sastāva augsnēs ir stabilāki augsnes agregāti un slāpekļis, kā arī ogleklis nenonāk augsnes šķīdumā (Najmuldeen, 2010).

Oglekļa un slāpekļa attiecība augsnes minerālajā virskārtā mainās no 9,21 (14.parauglaurkumā) līdz 29,77 (24.parauglaurkumā) (5.2.4.attēls).



5.2.4.attēls. Oglekļa un slāpekļa attiecība augsnes minerālajā virskārtā, pēc granulometriskā sastāva grupām (izstrādājusi autore, pēc Danas Prižavoites datiem)

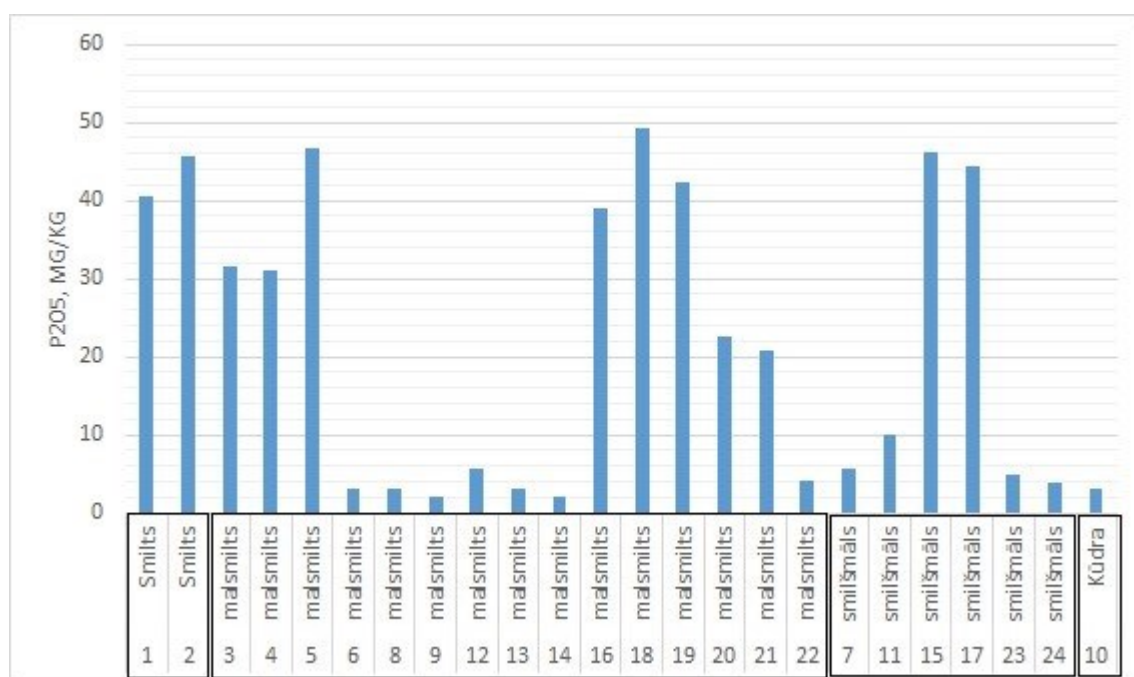
Augsta C/N attiecība (>25 %) (24. parauglaurkums) norādā uz to, ka organiskais materiāls akumulējās straujāk nekā noārdās, līdz ar to veidojās biezs A horizonts (Fazhu et al., 2015). Veiktā pētījumā Eiropā saistībā ar ekosistēmu pakapojumu vērtēšanu ir pierādīts, ka augsta C/N attiecība augsnē samazina ziedputekšņu enerģētisko vērtību, kā rezultātā apputeksnētāji izvairās no šādiem laukiem tos neizmantojot, līdz ar to no ekoloģiskā viedokļa, apputeksnētāji drīzāk apputeknē laukus, kur šīs vērtības ir zemākas. Kā arī augstas vērtības palēlina organisko nobiru sadalīšanās ātrumu un samazina lauka produktivitāti (Ghaley, et al., 2014).

Citās valstīs Eiropā C/N attiecība zālajos rēķināta kā mediāna, piemēram, – Polijā 17,36 (Kopáček et al., 2004), savukārt Lielbritānijā 13,80 (Turner et al., 2001). Vidzemes etalonteritorijās mediānas vērtība ir 11,58.

Augiem pieejamā fosfora vidējā koncentrācija augsnes virskārtā variē no 2,06 mg/kg (9. parauglaurkumā) līdz 49,33 mg/kg (18. parauglaurkumā) (5.2.5. attēls).

Zālāju kopējo sugu sastāvu un indikatoraugu skaitu galvenokārt nosaka augiem pieejamā fosfora koncentrācija augsnēs. Fosfora saturu visbiežāk iespējams saistīt ar cilvēka saimniecisko darbību augsnes minerālajā virskārtā, ko tieši neietekmē augsnes cilmiezis, ģeoloģiskie nogulumi un novietojums reljefā, bet netieši ietekmē mēslošanas nepieciešamība.

Pētījums Eiropā pierāda, ka palielinoties augiem pieejamam fosforam augsnē, īpatņu skaits samazinās. Pētnieki ir pierādījuši, ka ja augsnē ir vairāk par 5 mg/100g ekstrahējamā fosfors, daļēji dabiskajos zālajos nebūs sastopamas vairāk par 20 īpatņu sugām uz 100 m². Sugu maksimumu ir iespējams sasniegt, ja augsnē ir optimāli 4mg/100g ekstrahējamā fosfora (Janssens et al., 1998).



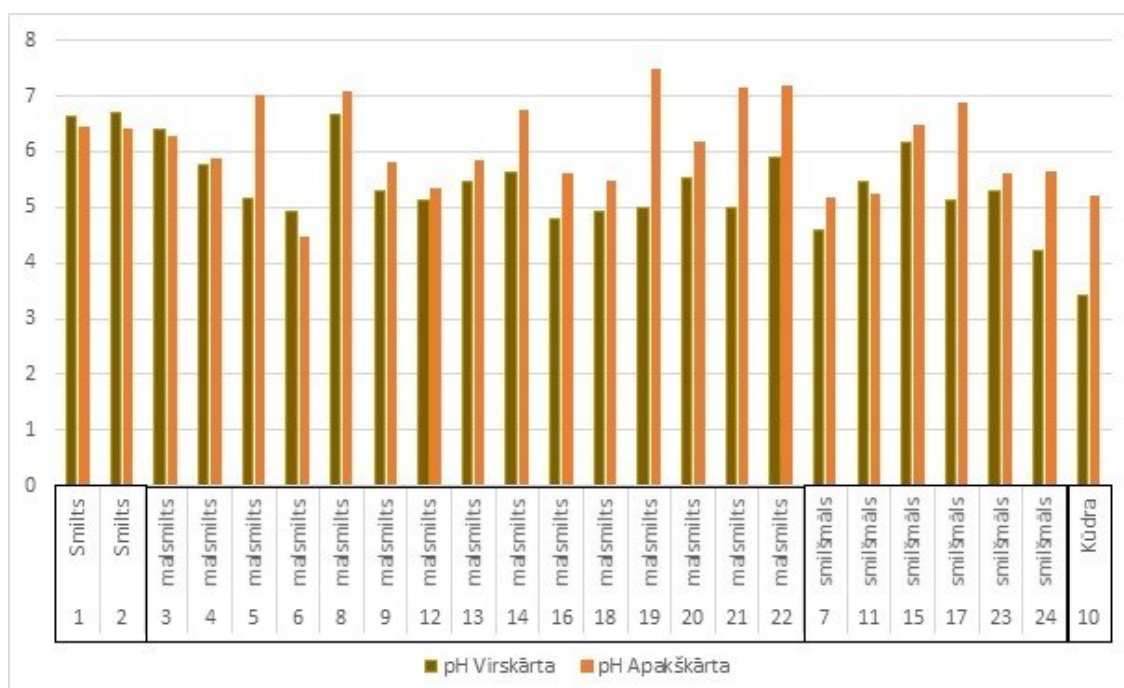
5.2.5.attēls. Kustīgā fosfora vidējā koncentrācija (P₂O₅ mg/kg) augsnes minerālajā virskārtā saistība ar granulometriskā sastāva grupām (izstrādājusi autore, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Pētāmajā teritorijā var novērot, ka fosfora koncentrācijas ir relatīvi augstākas daļā teritorijas, otrā daļā tas ir ievērojami mazākas, to var skaidrot ar granulometriskā sastāva grupām un apsaimniekošanas praksi, iepriekš šīs teritorijas iespējams izmantoja lauksaimniecībā un tika mēslojama, piemēram 1. un 2. parauglaukums, kur ir smilts augsnes, droši vien mēslojama, lai palielinātu augsnes auglību.

Savukārt var redzēt, kā 6., 8., 9., 12., 13., 14. parauglaukumā uz mālsmilts augsnēm kustīgā fosfora vidējās koncentrācijas nepārniedz pieļaujamo 5 mg/100 g ekstrahējamā fosfora daudzumu, kas liecina par to, ka šajos parauglaukumos ir iespēja liela sugu daudzveidība.

Parauglaukumos, kuros ir sastopamas lielās kustīgā fosfora vērtības iespējams vēl nesenā pagātnē ir notikusi minerālmēslošana un sākotnējā fosfora daudzums augsnē vēl nav samazinājies. Pastāv sakarība, ka nepieciešams paiet no 4 līdz pat 70 gadiem, lai daļēji dabiskajos zālajos samazinātos kustīgā fosfora daudzums līdz pieļaujamajam (Marrs et al., 1991).

Analizējot pH_{BaCl_2} minerālā virsējā horizontā un augsnes cilmiezī, vidējās vērtību izmaiņa atkarībā no granulometriskā sastāva grupām (5.2.6. attēls), var redzēt, ka vērtības parauglaukumos, mainās no 4,49 (6.parauglaukumā) līdz 7,47 (19. parauglaukumā) augsnes cilmiezī. Savukartā augsnes minerālajā virskārtā no 3,43 (12.parauglaukumā) līdz 6,69 (2. parauglaukumā).



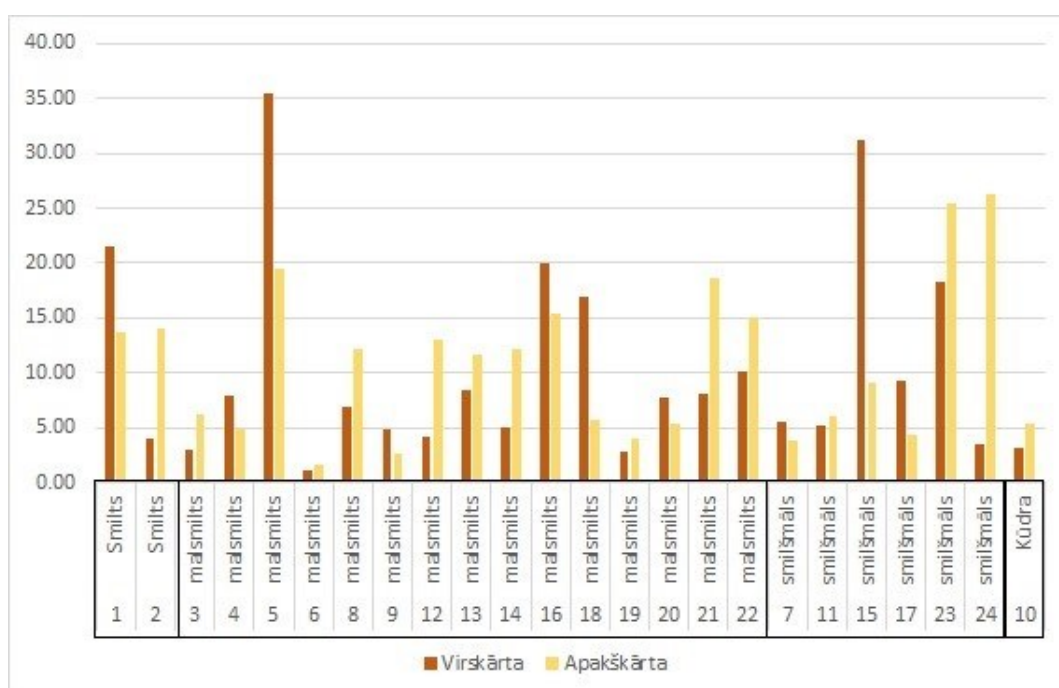
5.2.6. attēls. Augsnes minerālā virsējā horizonta un cilmieža vidējās pH_{BaCl_2} vērtības atkarībā no granulometriskā sastāva grupām etalonteritorijās (izstrādājusi autore izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Augsnes pH vērtībai ir liela ietekme uz augsnes barības vielu pieejamību. pH vērtības dažādos zālajos atšķirās, sezonāli mitros zālajos pH vērtības parasti ir starp 5-6,5, kaļķainos zālajos 6.5 – 8.5, savukārt zālajos mitrainēs, zem kuriem pārsvarā ir kūdraugsnes pH vērtības parasti ir aptuveni 4 līdz pat 7.5 (Duffey et al., 1974).

Kā arī jāņem vērā iepriekšējā zālāju izmantošana, ja zālājs ir bijis aramzeme, tad smilšainas augsnes droši vien ir kaļķotas un tādēļ 1 un 2 parauglaukumā pH vērtības ir relatīvi augstas, piemēram, Amerikā lauksaimniecības zemēs pH vidējās vērtības ir no 6.5 – 8 (McCauley et al., 2017).

Kā arī būtisks ir cilmiezis, var redzēt, ka atsevišķos zālajos virskārtā ir daudz zemāka vērtība, nekā cilmiezī, to var skaidrot ar to, ka virskārta ir antropogēni ietekmēta, augi iznes barības vielas utt, bet cilmiezī ir relatīvi inerta vide, piemēram, glaciolimniskajos nogulumos kur ir izplatītas vairāk māla daļiņas un teiksim ģipsis (veidojas vēlāk karbonātu dēdēšanas procesos), iespējamās augstākas pH vērtības augsnēm.

Apmaiņas katjonu kapacitāte izmaiņas augsnes cilmiezī un augsnes minerālajā virskārtā atkarībā no granulometriskā sastāva grupām (5.2.7. attēls). Augsnes cilmiezī vērtības mainās no 1.63 (6.parauglukumā) līdz 26.35 (24. parauglukumā, savukārt augsnes minerālajā virskārtā mainās no 1,21 (6. parauglukumā) līdz 35,52 (5. parauglukumā).

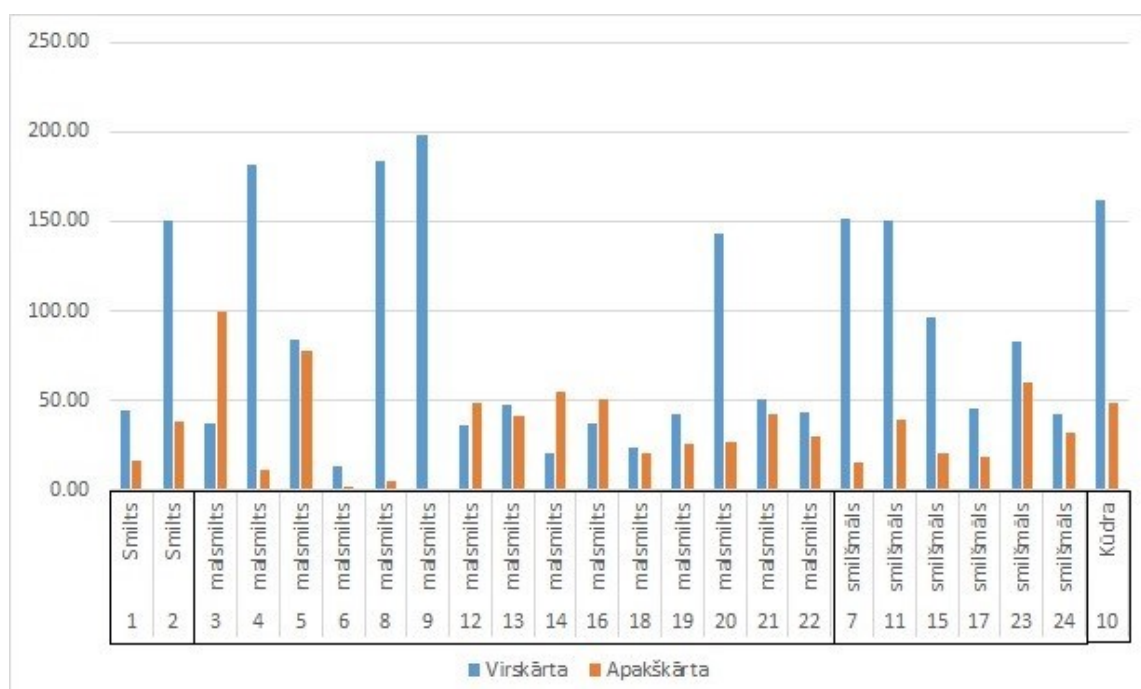


5.2.7.attēls. Augsnes minerālā virsējā horizonta apmaiņas katjonu kapacitāte pēc augsnes granulometriskā sastāva grupām (izstrādājusi autore, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Apmaiņas katjonu kapacitāti ietekmē augsnes pH vērtības un granulometriskais sastāvs. Smilšmāla augsnēs parasti 24.2 – 44.4, savukārt smilts un māsmilts augsnēs no 0.8 – 17.5. Kā arī apmaiņas katjonu kapacitāte ir saistīta arī ar organiskā oglekļa daudzumu augsnē (Caravaca et al., 1999). Savukārt citos avotos – smilšmāla un māla augsnēs KAK variē no 20 – 30, smilts un māsmilts augsnēs 10 – 20, podzolētās augsnēs pat 3 – 10 (Oorts, et, al., 2003).

Apmaiņas kālija vērtības augsnes minerālajā virsējā horizontā un augsnes cilmiezī vidējo vērtību izmaiņas atkarībā no granulometriskā sastāva grupām (5.2.8. attēls). Cilmiezī šīs vērtības mainās no 0.10 (9.parauglukumā) līdz 99.77 (3.parauglukumā). Savukārt augsnes

minerālajā virskārtā apmaiņas kālija vērtības ir no 12.98 (6.parauglaurumā) un 198.46 (9.parauglaurumā)



5.2.8.attēls. Augsnes minerālā virsējā horizonta un cilmieža vidējās apmaiņas kālija vērtības atkarībā no granulometriskā sastāva grupām etalonteritorijā (izstrādājusi autore, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Veiktajos pētījumos Eiropā ir pierādīts, ka daļēji dabiskajos zālajos īpatņu skaits samazinās, ja kālija saturs augsnē ir 30 mg/100g. Maksimālais sugu daudzums ir novērots, kad kālija saturs augsnē ir 20 mg/100g. Daļēji dabiskajos zālajos kālijs pārsvarā ir sastopams optimālā daudzumā, ņemot vērā to, ka tas viegli izskalojas no augsnes. Kā arī kāliju lielos daudzumos uzņem augi – 200 kg ha⁻¹ (Janssens et al., 1998).

Var konstatēt, ka kālijs optimālā daudzumā ir sastopams mazāk nekā pusē parauglaurumu, lielākajā daļā tas ir augsts, to var skaidrot ar zemes izmantošanu iepriekš un intensīvu saimniecību, iespējams augsnes ir mēslojtas un tādēļ lielā daļā parauglaurumu kālija daudzums ir augstāks par to, kādam tam būtu jābūt balstoties uz pētījumiem Eiropā.

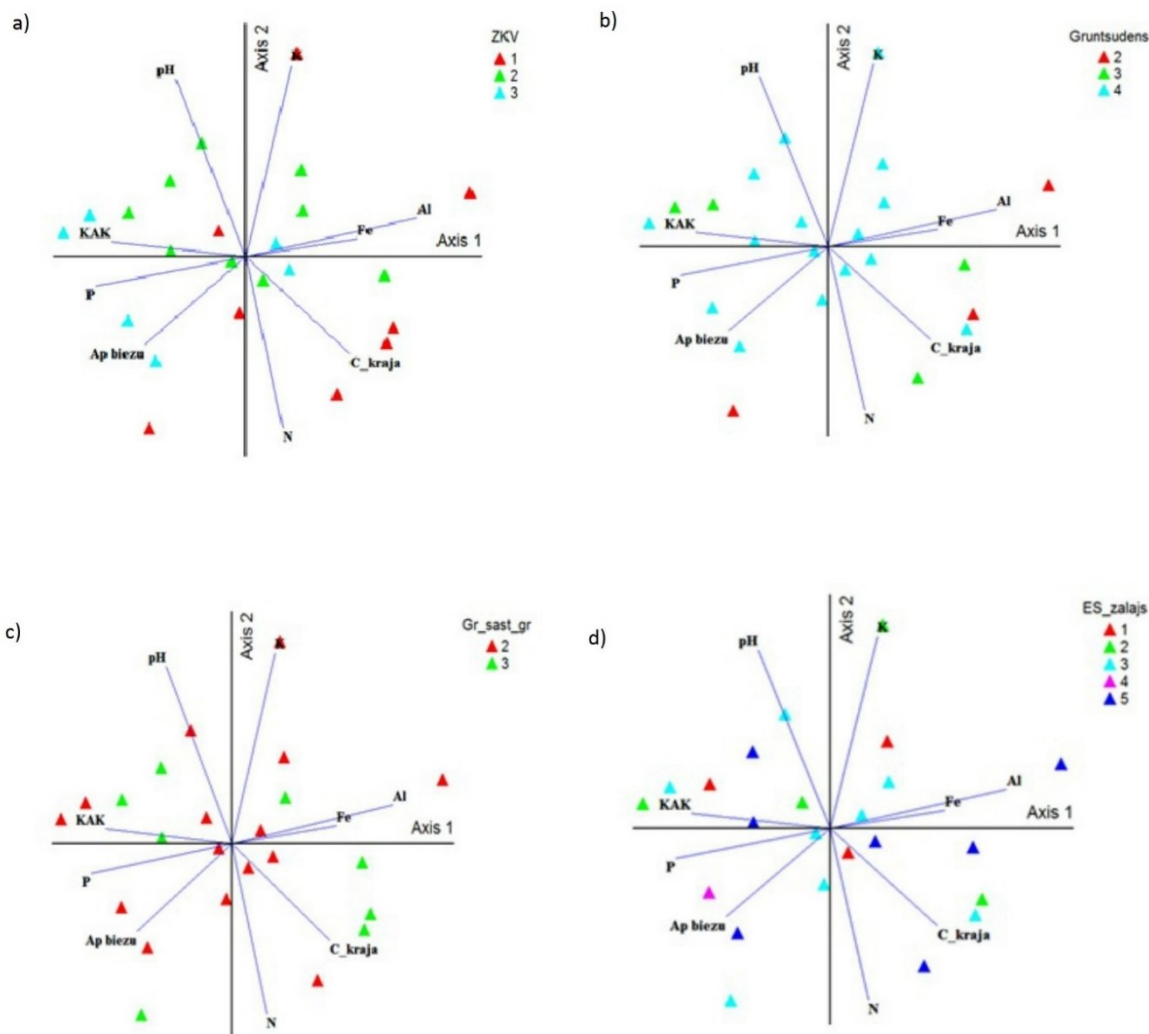
5.2.2. ES nozīmes zālāju biotopu pētīto etalonteritoriju un augsnes faktoru likumsakarības

Augsnes minerālās virskārtas parauglaukumu izvietojums koordinātu plaknē ir statistiski būtisks ar 1. asi ($p = 0,02$), kas izskaidro 29,07 % no parauglaukumu kopējās dispersijas. Ar pirmo asi ir konstatētas būtiska pozitīva sakarība ($r = 0,50$) starp oglekļa krājumiem t/ha ($r = 0,50$), apmaiņas Fe^{3+} ($r = 0,53$) un apmaiņas Al^{3+} ($r = 0,82$), savukārt šiem rādītājiem ir negatīva sakarība ar fosfora koncentrāciju ($r = -0,72$), katjonu apmaiņas kapacitāti ($r = -0,65$) un Ap horizonta biezumu ($r = -0,49$). Otrā ass ir saistāma ar mitruma gradientu, tomēr tā nav statistiski būtiska (5.2.2.1. attēls).

Pēc augsnes minerālās virskārtas galvenās komponentu analīzes rezultātiem saistībā ar pirmo asi nav konstatēta granulometriskā sastāva grupu un Eiropas Savienības nozīmes zālāju biotopi nodalīšanās (5.2.2.1. attēls). To iespējams skaidrot ar dažādu ārējo faktoru ietekmi (antropogēno – apsaimniekošana, augsnes veidošanās procesi utt.).

Turpretim konstatētas parauglaukumu grupu nodalīšanās pēc *gruntsūdens līmeņa dziļuma*. Augsnēm, kuras ir vāji drenētas un ir lielāka Al^{3+} un Fe^{2+} koncentrācija, savukārt augsnēm, kurām gruntsūdens līmenis ir zem 90 cm ir tendence būt auglīgākām ar lielākām $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ vērtībām, kā arī apmaiņas katjonu kapacitāti, Ap horizonta biezumu un augiem pieejamā P_2O_5 koncentrācijām.

Konstatēta arī parauglaukumu grupu nodalīšanās pēc zemes kvalitatīvās vērtības. Zemākās vērtības, ko raksturo 15 balles, ir sastopamas uz nabadzīgām augsnēm, kurās ir lielākas Al^{3+} un Fe^{2+} koncentrācijas, lielāki oglekļa krājumi un kopējā slāpekļa saturs. Savukārt 20 – 25 balles raksturo nedaudz auglīgākas augsnes ar augstāku apmaiņas kālija koncentrāciju un augstāku $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ vērtību. Savukārt augsnēm ar 30 ballēm ir raksturīga relatīvi liela katjonu apmaiņas kapacitāte un augstākas pieejamā P_2O_5 koncentrācijas, kā arī biežāks Ap horizonts (5.2.2.1. attēls; 4.pielikums).



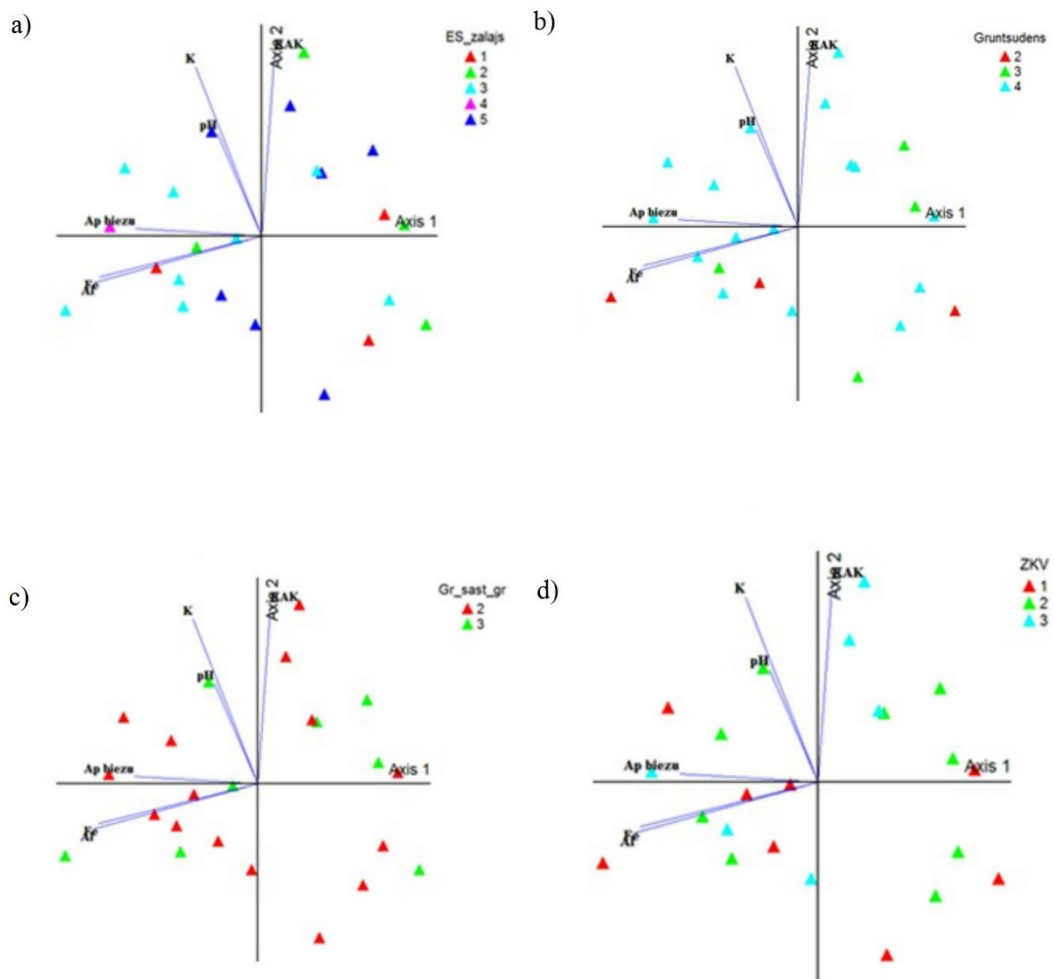
5.2.2.1. attēls. **Pētīto ES nozīmes zālāju ekosistēmu augsnes minerālās virskārtas parauglaukumu ķīmisko īpašību** (pH – $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ vērtība; K – K^+ koncentrācija; Fe – Fe^{3+} koncentrācija; Al – Al^{3+} koncentrācija; N – kopējā N saturs (%); P – P_2O_5 koncentrācija (mg kg^{-1}); KAK – katjonu apmaiņas kapacitāte (cmol kg^{-1}); C_kraja – oglekļa krājumi (t/ha); Ap_biezu – Ap horizonta biezums (cm)) **izvietojums ar komponentanalīzi nodalītajās asīs saistībā ar kvalitatīvajiem faktoriem** (ZKV – zemes kvalitatīvo vērtību kodi: 1 – 0-15 balles; 2 – 20-25 balles; 3 – 30 balles; Gruntsudens – gruntsūdens līmeņa dziļuma kodi: 2 – 40-79 cm; 3 – 80-109 cm; 4 – 109 > cm; Gr_sast_gr – granulometriskā sastāva grupas kodi: 2 – mālsmilts; 3 – smilšmāls; ES_zalajs – ES nozīmes zālāja biotopa kods: 1 – 6210; 2 – 6230; 3 – 6270; 4 – 6510; 5 – 6410)

Augsnes apakškārtas parauglaukumu izvietojums koordinātu plaknē ir statistiski būtisks ar 1. un ar 2. asi ($p = 0,05$), kuras kopumā izskaidro 64,14 % no parauglaukumu kopējās dispersijas. Ar pirmo asi, kas izskaidro 38,59 %, ir konstatēta būtiska pozitīva sakarība savstarpēji ar Ap horizonta biezumu ($r = -0,69$), Al^{3+} koncentrāciju ($r = -0,91$) un Fe^{3+} ($r = -0,89$).

Galveno komponentu analīzes otrā ass izskaidro 25,55 % no parauglaukumu dispersijas. Tika konstatēta pozitīva būtiska sakarība starp K^+ ($r = 0,75$), pH_{BaCl_2} vērtību ($r = 0,46$) un apmaiņas katjonu kapacitāti ($r = 0,82$).

Pēc 5.2.2.2. attēla var konstatēt, ka saistībā ar pirmo un otro asi nenodalās punktu grupas ar kopīga granulometriskā sastāva grupām. Savukārt vērojama ES nozīmes zālāju parauglaukumu grupu nodalīšanās saistībā ar pirmo asi labajā pusē - 6230* Vilkakūlas zālāji, kā arī 6410 Mitri zālāji periodiski izzūstošās augsnēs ar relatīvi nabadzīgām augsnēm (zema pH_{BaCl_2} vērtība un zema katjonu apmaiņas kapacitāte). Turpretim pirmās ass kreisajā pusē nodalās 6270* Sugām bagātas ganības un ganītas pļavas, kurām raksturīgs biežāks Ap horizonts, lielāka katjonu apmaiņas kapacitāte un augstākas pH_{BaCl_2} vērtības, augiem pieejamā fosfora koncentrācijas, kā arī Al^{3+} un Fe^{3+} koncentrācijas.

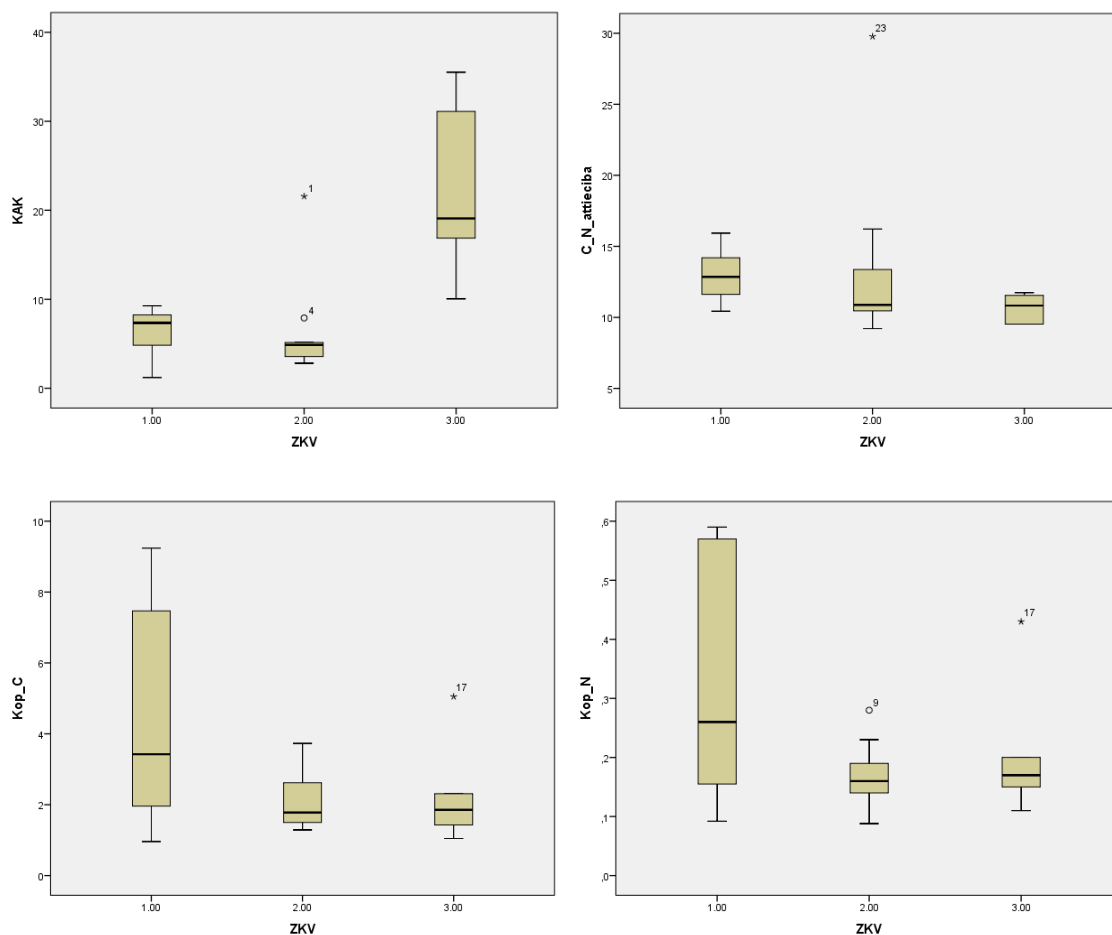
Pēc augsnes apakškārtas paraugu galvenās komponentanalīzes rezultātiem, saistībā ar otro asi - ass augšējā daļā, kuru raksturo relatīvi augsta katjonu apmaiņas kapacitātes vērtība, augsts apmaiņas K^+ un pH_{BaCl_2} vērtība, nodalās parauglaukumi, kuriem gruntsūdens līmeņa dziļums ir sastopams dziļāk par 109 cm un, kuriem raksturīga zemes kvalitatīvo vērtība – 30 balles, kas nozīmē relatīvi auglīgas augsnes. Atsevišķi nodalās parauglaukumi ar gruntsūdens līmeņa dziļumu 80 – 108 cm ar zemes kvalitatīvo vērtību 21 – 30 ballēm, kurās ir relatīvi lielākas Al^{3+} un Fe^{2+} koncentrācijas. 2. ass apakšējā daļā var izdalīt parauglaukumu kopu, kur gruntsūdens līmeņa dziļums ir no 40 – 79 cm un zemes kvalitatīvā vērtība ir 15 balles (5.2.2.2. attēls).



5.2.2.2. attēls. Pētīto ES nozīmes zālāju ekosistēmu augsnes apakškārtas parauglaukumu ķīmisko īpašību (pH – $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ vērtība; K – K^+ koncentrācija; Fe – Fe^{3+} koncentrācija; Al – Al^{3+} koncentrācija; KAK – katjonu apmaiņas kapacitāte (cmol kg^{-1}); Ap_biezu – Ap horizonta biezums (cm)) izvietojums ar komponentanalīzi nodalītajās asīs saistībā ar kvalitatīvajiem faktoriem (ZKV – zemes kvalitatīvo vērtību kodi: 1 – 0-15 balles; 2 – 20-25 balles; 3 – 30 balles; Gruntsudens – gruntsūdens līmeņa dziļuma kodi: 2 – 40-79 cm; 3 – 80-109 cm; 4 – 109 > cm; Gr_sast_gr – granulometriskā sastāva grupas kodi: 2 – mālsmilts; 3 – smilšmāls; ES_zalajs – ES nozīmes zālāja biotopa kods: 1 – 6210; 2 – 6230; 3 – 6270; 4 – 6510; 5 – 6410)

Pētīto ES nozīmes zālāju ekosistēmu augsnes virskārtas ķīmisko īpašību savstarpējā salīdzinājuma rezultāti starp kvalitatīvajiem faktoriem parāda būtiskas atšķirības vairākos rādītājos (5.2.2.3. attēls).

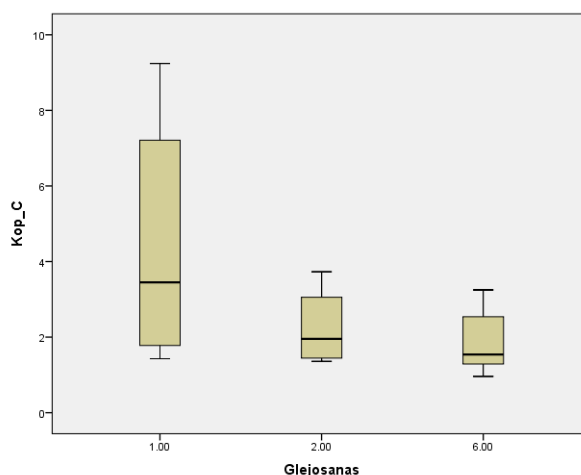
Izmantojot vienfaktora dispersiju analīzi (One-way ANOVA) pēc *Tukey*, *Scheffe* un *Dunnets T3* korekcijas, konstatētas statistiski būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības **zemes kvalitatīvās vērtības** iedalījumam starp 0-15 ballēm un 20-25 ballēm kopējā oglekļa saturā augsnes virskārtas slānī (5.2.2.3. attēls; 2. pielikums).



5.2.2.3. attēls. Katjonu apmaiņas kapacitātes (cmol kg^{-1}), C/N attiecības, kopējā C un kopējā N saturs (%) sadalījums atbilstoši zemes kvalitatīvai vērtībai ballēs (1 – 0-15 balles; 2 – 20-25 balles; 3 – 30 balles)

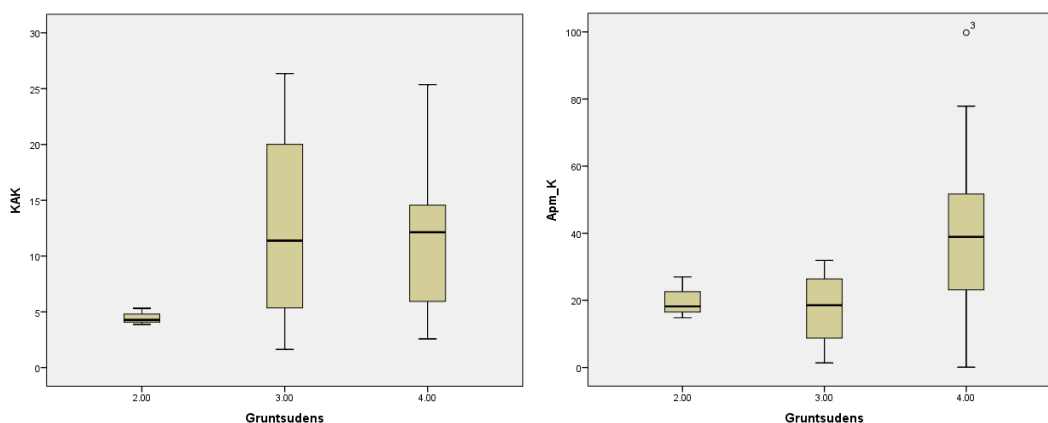
Kā arī konstatētas statistiski būtiskas atšķirības zemes kvalitatīvajām vērtībām 0 – 15 ballēm un 30 ballēm apmaiņas katjonu koncentrācijās un C/N attiecību augsnes minerālajā virskārtā, kā arī statistiski būtiskas atšķirības starp 20 – 25 ballēm un 30 ballēm. Var secināt, ka zemes kvalitatīvajām vērtībām savā starpā ir būtiskas atšķirības tieši saistībā ar apmaiņas katjonu kapacitāti (5.2.2.3. attēls; 2 pielikums).

Izmantojot vienfaktoru dispersijas analīzi (One-way ANOVA) pēc *Tukey* un *Scheffe* testa, saistība ar **glejošanās horizonta sastopamības dziļumu** statistiski būtisks ($p < 0,05$) ir kopējā oglekļa % saturs augsnes virskārtā starp augšņu grupām, kurām glejošanās ir sastopama 20 cm – 35 cm un 96 cm, un dziļāk (5.2.2.4. attēls; 2. pielikums).



5.2.2.4. attēls. **Kopējā C saturs (%) sadalījums atbilstoši glejošanās horizonta dziļuma kodam (1 – 20-35 cm; 2 – 36-51 cm; 6 – 96 > cm)**

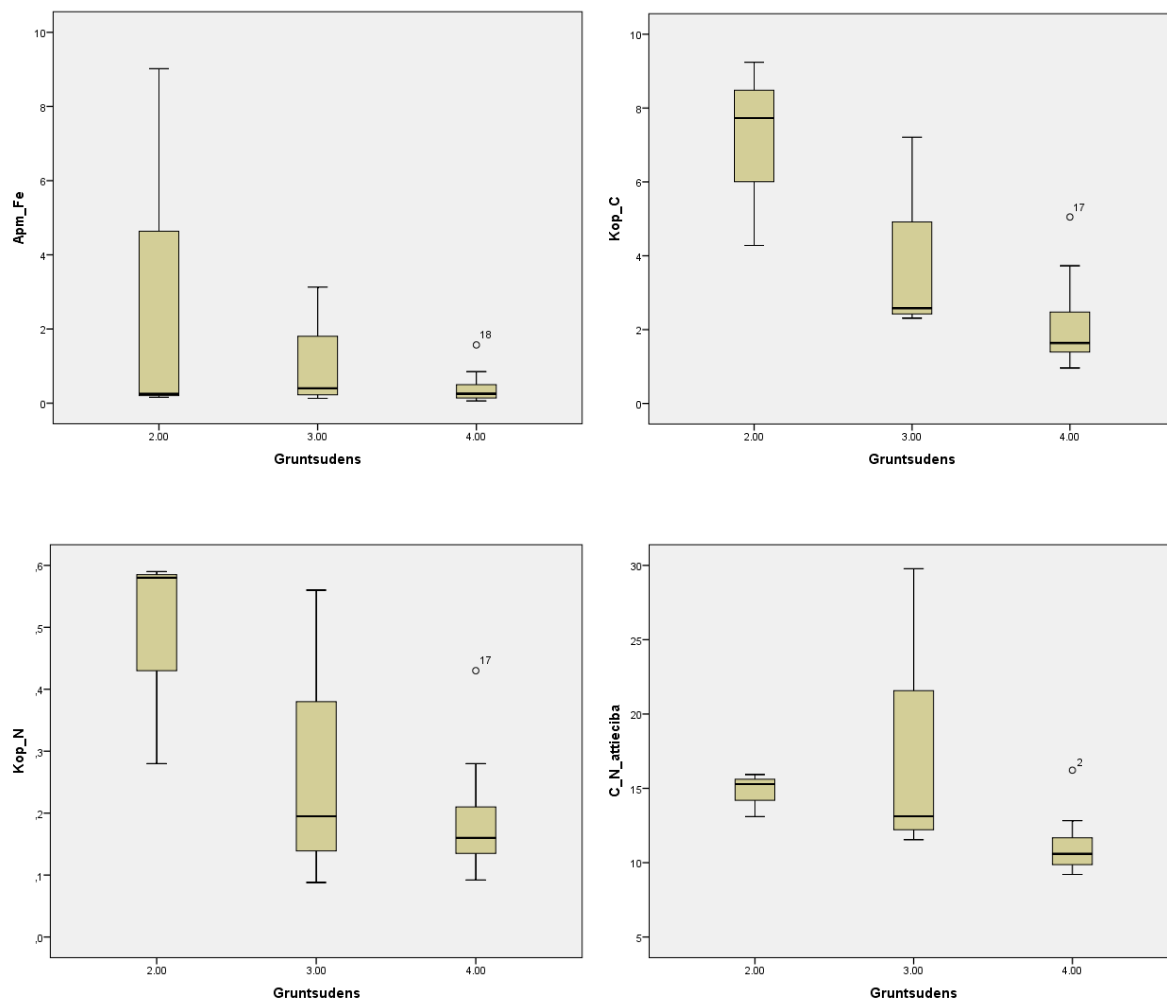
Veicot *Dunnet's T3* korekciju saistībā ar **gruntsūdens dziļumu** statistiski būtisks ($p < 0,05$) augsnes apakškārtā, diapozonā no 40 cm līdz 79 cm un 109 cm ir apmaiņas katjonu koncentrācijās un K^+ koncentrācijas (5.2.2.5. attēls).



5.2.2.5. attēls. **Katjonu apmaiņas kapacitātes (cmol kg^{-1}) un apmaiņas K^+ (mg kg^{-1}) (%) sadalījums atbilstoši gruntsūdens līmeņa dziļuma kodam (2 – 40-79 cm; 3 – 80-109 cm; 4 – 109 > cm)**

Pēc visiem testiem – *Tukey*, *Scheffy* un *Dunnet's T3* korekcijas gruntsūdens dziļumā diapazonā no 80 cm līdz 109 cm un dziļāk statistiski būtiska ($p < 0,05$) ir kopējā oglekļa un slāpekļa attiecība.

Izmantojot vienfaktoru dispersiju (One-way ANOVA) pēc *Tukey* un *Scheffe*, konstatētas statistiski būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības augsnes virskārtā, **gruntsūdens dziļuma** diapazonam starp 40 – 79 cm un 109 cm, un dziļāk Fe^{3+} koncentrācijās, kā arī kopējā oglekļa un slāpekļa % saturā augsnes minerālajā virskārtā. Kā arī gruntsūdens dziļumā diapazonā no 40 cm – 79 cm un 80 cm līdz 109 cm, statistiski būtiskas atšķirības bija kopējā oglekļa saturā % (5.2.2.6. attēls; 2. pielikums).



5.2.2.6. attēls. Fe^{3+} koncentrācijas (mg kg^{-1}), kopējā C un kopējā N saturs (%), C/N attiecības sadalījums atbilstoši gruntsūdens līmeņa dziļuma kodam (2 – 40-79 cm; 3 – 80-109 cm; 4 – 109 > cm)

SECINĀJUMI

1. Apkopojot zinātnisko literatūru var secināt, ka pēdējā laikā ir relatīvi daudz publikāciju saistībā ar regulējošiem ekosistēmu pakalpojumiem nekā ar citām ekosistēmu pakalpojumu grupām. Atrodamas publikācijas, piemēram, saistībā ar klimata regulāciju, pārtikas nodrošinājumu, ūdens plūsmas regulāciju u.c. Tomēr būtiski trūkst publikācijas saistībā ar augsnes faktoru nozīmi un augsnes indikatoriem ekosistēmas pakalpojumu novērtēšanā un nodrošināšanā.
2. Zālāju un augsnes faktoru telpiskās izplatības likumsakarības Vidzemes centrālajā daļā parādīja, ka konstatēta būtiska pozitīva sakarība starp zemes kvalitatīvo vērtību ($r = -0,63$), platībām, kas pieteiktas ES atbalsta maksājumiem ($r = -0,52$), sēto zālāju platību ($r = -0,60$) un pastāvīgo pļavu platību ($r = -0,68$), savukārt šiem rādītājiem pastāv negatīva tendence ar mitruma gradientu, ko izsaka augsnes klases ($r = 0,02$).
Tas nozīmē, ka būtiskas atšķirības veido augstākas zemes kvalitatīvās vērtības, kas ir saistāmas ar lielākām augšņu un zālāju telpiskajām kontūrām, kuras tiek pieteiktas atbalsta maksājumiem, un tajās sastopamas relatīvi auglīgas augsnes, ko veido smilšmāls un māls.
3. Relatīvi mazas telpiskās kontūras netiek pieteiktas atbalsta maksājumiem, un tām iespējams pastāv risks saglabāties nākotnē kā zālāju apsaimniekotām platībām, jo šajās teritorijās ir relatīvi zema kvalitatīvā vērtība, ko nosaka relatīvi viegla granulometriskā sastāva augsnes grupas, piemēram, smilts.
4. ES nozīmes zālāju ekosistēmās pētīto etalonteritoriju un augsnes faktoru likumsakarības konstatēts, ka pēc augsnes minerālās virskārtas paraugu galvenās komponentu analīzes rezultātiem nav konstatēta granulometriskā sastāva grupu un Eiropas Savienības nozīmes zālāju biotopu grupu nodalīšanās. To iespējams skaidrot ar dažādu ārējo faktoru ietekmi (piemēram, antropogēnā darbība, apsaimniekošana, augsnes veidošanās procesi utt.).
5. ES nozīmes zālāju ekosistēmās, izmantojot informāciju par augsnes apakšējo horizontu, konstatēta grupu nodalīšanās saistībā ar - vilkakūlas zālājiem (kods: 6230), kā arī mitriem zālājiem periodiski izžūstošās augsnēs (kods: 6410) uz relatīvi nabadzīgām augsnēm (zema pH_{BaCl2} vērtība un zema katjonu apmaiņas kapacitāte). Turpretim sugām bagātām ganībām un ganītām pļavām (kods: 6270) raksturīga lielāka katjonu apmaiņas kapacitāte un augstākas pH_{BaCl2} vērtības, augiem pieejamā fosfora koncentrācijas, kā arī Al^{3+} un Fe^{3+} koncentrācijas, turklāt arī raksturīgs biezāks Ap horizonts.
6. Kopumā pētījuma rezultāti parāda, ka būtiska nozīme ir arī mitruma apstākļiem, piemēram, gruntsūdens līmeņa dziļumam un glejošanās horizonta sastopamības dziļumam no minerālaugsnes virskārtas, kas arī ietekmē augsnes ķīmiskās īpašības un attiecīgi veido zālāju ekosistēmu regulējošos pakalpojumus, piemēram, ietekmē katjonu apmaiņas kapacitātes vērtību, apmaiņas K^+ un pH_{BaCl2} vērtību.

PATEICĪBA



Darba autore izsaka lielu pateicību savam maģistra darba vadītājam *Dr. geogr.* docentam un vadošajam pētniekam Raimondam Kasparinskim par veltīto laiku un atbalstu darba tapšanas gaitā, kā arī prof. *Dr. geogr.* Oļģertam Nikodemus, vides zinātņu maģistram Ingum Liepiņam, laborantam Konstantīnam Viliguram, doc. *Dr. biol.* Guntim Taboram un doktorantei Danai Prižavoitei.

Liels paldies arī šādiem projektiem, kas bija būtisks atbalsts maģistra darba izstrādē:

- LIFE Viva Grass starptautiskais projektam „Integrēta plānošanas pieeja zālāju dzīvotspējai” (Nr. LIFE13ENV/LT/000189).
- Eiropas Ekonomikas zonas finanšu instrumenta 2009.-2014. gada perioda programmas “Nacionālā klimata politika” starptautiskā zinātniskā projekta “Nacionālās sistēmas pilnveidošana siltumnīcefekta gāzu inventarizācijai un ziņošanai par politikām, pasākumiem un prognozēm” zinātniskā pētījuma projektam “Ilgspējīga zemes resursu pārvaldības veicināšana, izveidojot digitālu augšņu datubāzi”.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- Auniņš, A., Dolmans, G., Gustiņā, L., Kļaviņā, Ē., Lārmanis V., Priede, A., Rūsiņa, S., Spuņģis, V. 2016. Dabisko pļavu un ganību apsaimniekošanas vadlīnijas. Sagavots projekta "LIFE11NAT/LV000371NAT-PROGRAMME" ietvaros.
- Alonso, I., Weston, K., Gregg, R., Morecoft, M. 2012. Carbon storage by habitat: Review of the evidence of the impacts of management decisions and condition of carbon stores and sources. Natural England Research Report NERR043
- Andrist-Rangell, Y., Simonsson, M., Andersson, S., Öborn, I., Hillier, S. 2006. Mineralogical budgeting of potassium in soil: A basis for understanding standard measures of reserve potassium. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169, 605–615.
- Balasubramanian, A. 2017. Soil Morphology. *Centre for Advanced Studies in Earth Science, University of Mysore, Mysore*. Technical Report.
- Blackstock, T.H., Rimes, C.A., Stevens, D.P., Jefferson, R.G., Robertson, H., Mackintosh, J., Hopkins, J.J. 1999. The extent of semi-natural grassland communities in lowland England and Wales: a review. *Grass and Forage Science*. 54, 1–18.
- Barre, P., Berger, G., Velde, B. 2009. How element translocation by plants may stabilize illitic clays in the surface of temperate soils. *Geoderma*. 151. 22-30.
- Boruks, A. 2004. Dabas apstākļi un to ietekme uz agrovidi Latvijā. *Latvijas Republikas Valsts zemes dienests*. Rīga. 162 lpp.
- Caravaca, F., Albaladejo, A., L., J. 1999. Organic matter, nutrient contents and cation exchange capacity in fine fractions from semiarid calcareous soils. *Geoderma*. 161-176.
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Canadell, J., 2013. Carbon and other biogeochemical cycles. In: *Climate Change 2013: the Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Costanza, R. d'Arge, R., de Groot, M., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, V., Paruelo, R., Raskin, G., Sutton, P., van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 387. 253–260
- Cousins, S.A.O., Eriksson, O. 2002. The influence of management history and habitat on plant species richness in a rural hemiboreal landscape, Sweden. *Landscape Ecology*. 17, 517–529.
- Cremer, A., Chabbi, A., Rumpel, C. 2017. Biogeochemical nature of grassland soil organic matter under plant communities with two nitrogen sources. *Plant Soil*.
- Curtis, C.J., Emmett, B.A., Reynolds, B. & Shilland, J. (2006) How important is N₂O production in removing atmospherically deposited nitrogen from UK moorland catchments? *Soil Biology & Biochemistry*, 38, 2081–2091.
- de Groot, R., S., Wilson, M., A., Boumans, A. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*. 41. 393–408.
- Dessert, C., Dupré, B., Gaillardet, B., François, L., M., Allègre, C., J. 2003. Basalt weathering laws and the impact of basalt weathering on the global carbon cycle. *Chemical Geology*. 202, 3 – 4.
- DUFFEY, E., MORRIS, M.G., SHEAIL, J., WARD, L.K., WELLS, D.A. & WELLS, T.C.E. 1974. *Grassland ecology and wildlife management*. London: Chapman and Hall.
- Dorji, T., Odeh, I., O., A., Field, D. 2014. Vertical Distribution of Soil Organic Carbon Density in Relation to Land Use/Cover, Altitude and Slope Aspect in the Eastern Himalayas. *Land*. 3. 1232-1250.
- Dominati, E., Mackay, A., Green, S., Patterson, M. 2014. A soil change-based methodology for the quantification and valuation of ecosystem services from agro-ecosystems: A case study of pastoral agriculture in New Zealand. *Ecological Economics*. 100. 119-129.
- Eriksson, Å. & Eriksson, O. (1997) Seedling recruitment in semi-natural pastures: the effects of disturbance, seed size, phenology and seed bank. *Nordic Journal of Botany*, 17, 469-482.
- Iepema, G., L., Deru, J., G., Hoekstra, N., J., Van Eekeren, N. 2016. Rooting of permanent grassland in relation to build-up of soil organic matter for climate mitigation. *Grassland Science in Europe*, Vol. 21 – The multiple roles of grassland in the European bioeconomy

- Janssens, F., Peeters, A., Tallowin, J.R.B., Bakker, J.P., Bekker, R.M., Fillat, F., Oomes, M.J.M., 1998. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant and Soil*. 202, 69–78.
- Jarvie, H.P., Haygarth, P.M., Neal, C., Butler, P., Smith, B., Naden, P.S., Joynes, A., Neal, M., Wickham, H., Armstrong, L., Harman, S. & Palmer-Felgate, E.J. 2008. Stream water chemistry and quality along an upland-lowland rural land-use continuum, south west England. *Journal of Hydrology*, 350, 215–231.
- Jarvie, H.P., Withers, P.J.A., Bowes, M.J., Palmer-Felgate, E.J., Harper, D.M., Wasiak, K., Wasiak, P., Hodgkinson, R.A., Bates, A., Stoate, C., Neal, M., Wickham, H.D., Harman, S.A. & Armstrong, L.K. 2010. Streamwater phosphorus and nitrogen across a gradient in rural-agricultural land use intensity. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 135, 238–252.
- Jobbágy, E.G., Jackson, R.B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*. 10(2), 423–436.
- Kalka, I., Kasparinskis, R. 2017. Granulometriskā sastāva grupu nozīme oglekļa akumulācijā augsnes minerālajā virskārtā projekta *LUCAS 2009* piemērā.
- Kalvāne, I., Burkhard, B., Ruskule, A., Bojārs, E. 2014. Metodoloģiskās vadlīnijas zālāju ekosistēmu pakalpojumu kartēšanā un novērtēšanā. Baltijas Vides Forums, lpp. 32
- Kasparinskis, R., Nikodemus, O., Kukuļs, I., Rolavs, N., Tabors, G. 2011. Long term impact of afforestation on soil morphology and properties. *Mežzinātne* 24(57): 17–40.
- Kolli, R., Koster, T., Kauer, K. 2007. Organic matter of Estonian grassland soil. *Departments of Soil Science and Agrochemistry*. Estonian University of Life Science. 5. 109 – 122.
- Nikodemus, O., Brūmelis G., (red. Un sast.). 2011. Dabas aizsardzība. Rīga: LU akadēmiskais apgāds. 288 lpp.
- Lucie, T., Jana, S., Lenka D. 2015. INTERACTION BETWEEN LIMING AND NITROGEN FERTILIZATION ON SEMI-NATURAL GRASSLAND. *Department of Agrochemistry, Soil Science, Microbiology and Plant Nutrition Mendel University in Brno*.
- Gal, M., Arcan, L., Shainber, I., Keren, R. 1984. Effect of Exchangeable Sodium and Phosphogypsum on Crust Structure—Scanning Electron Microscope Observations. *Soil Science Society of America Journal*. 48. 4.
- Heinsoo, K., Melts, I., Sammul, M., Holm, B. 2010. The potential of Estonian semi-natural grasslands for bioenergy production. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137. 86–92.
- Helm, A., Hanski, L., & Pärtel, M. (2006) Slow response of plant species richness to habitat loss and fragmentation. *Ecology Letters*, 9, 72–77.
- Hopkins, A., Pywell, R.F., Peel, S., Johnson, R.H., Bowling, P.J. 1999. Enhancement of botanical diversity of permanent grassland and impact on hay production in Environmentally Sensitive Areas in the UK. *Grass and Forage Science*. 54, 163–173.
- Hönigová, I., Vačkář, D., Lorencová, E., Melichar, J., Götzl, M., Sonderegger, G., Oušková, V., Hošek, M., Chobot, K. 2012. Survey on grassland ecosystem services. Report to the EEA – European Topic Centre on Biological Diversity. Prague: Nature Conservation Agency of the Czech Republic, lpp 78.
- Machon, A., Horváth, L., Weidinger, T., Grosz, B., Mórting, A., Führer, E. 2015. Measurement and Modeling of N Balance Between Atmosphere and Biosphere over a Grazed Grassland (Bugacpuszta) in Hungary. *Water Air Soil Pollut.* 226, 27.
- Machon, A., Horváth, L., Weidinger, T., Pintér, K., Grosz, B., Nagy, Z., & Führer, E. 2011. Weather induced variability of N-exchange between the atmosphere and a grassland in the Hungarian Great Plain. *Időjárás*, 115, 219–232.
- Marrs, R.H. Gough, M.W., Griffiths, M. 1991. Soil chemistry and leaching losses of nutrients from semi-natural grassland and arable soils on three contrasting parent materials. *Biological Conservation*. 57(3), 257–271.
- Masiello, C., A., Chadwick, O., A., Southon, J., Torn, M., S., Harden, J., W. 2014. Weathering Controls on Mechanisms of Carbon Storage in Grassland Soils. Department of Earth Science, Rice University, Houston, TX 77005.
- McBratney, A., Damien, J., F., Andrea, K. 2014. The dimensions of soil security. *Geoderma*. 2013. 203–2013.

- McCauley, A., Jones, C., Olson-Rutz. 2017. Soil pH and organic matter. *Nutrient management modul no.8* 4449-8.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Mežāls, G., Skujāns, R., Freivalds, V., Bambergis, K. 1970. Augsnes zinātne un Latvijas PSRS augsnes. *Izdevniecība "Zvaigzne"*. Rīga. 523 lpp.
- Moonrungssee, N., Pencharee, S. Jakmunee, J. 2015. Colorimetric analyzer based on mobile phone camera for determination of available phosphorus in soil. *Talanta*. 136, 204-209.
- Mountford, J.O., Lakhani, K.H., Holland, R.J. 1996. Reversion of vegetation following the cessation of fertiliser application. *Journal of Vegetation Science*. 7, 219–228.
- Najmuldeen, M. 2010. EFFECTS OF SOIL TEXTURE ON CHEMICAL COMPOSITIONS, MICROBIAL POPULATIONS AND CARBON. The Egyptian Society of Experimental Biology. 6. 59 – 64.
- Li, Y., Y. Shao, M., A. 2006. Change of soil physical properties under long-term natural vegetation restoration in the Loess Plateau of China. *Journal of Arid Enviroments*. 64. 77-96.
- Prach, K., Jongepierova, I., Rehounkova, K., Fajmon, K. 2014. Restoration of grasslands on ex-arable land using regional and commercial seed mixtures and spontaneous succession: Successional.
- Pärtel, M., Zobel, M., Zobel, K., & van der Maarel, E. (1996) The species pool and its relation to species richness: evidence from Estonian plant communities. *Oikos*, 75, 111-117.
- Soms, J., Kasparinskis, R., Ruskule, A. 2015. Augsnes ūdens erozija un tās novērtēšana. Rīga: LU akadēmiskais apgāds. ISBN 978-9934-18-050-7.
- Silva, E., A., Vasconcellos Gomes, J., B., Vidal – Torrado, P., Cooper, M. 2012. Morphology, mineralogy and micromorphology of soils associated to summit depressions of the Northeastern Brazilian... *Ciência e Agrotecnologia*.
- Shaw, C.F. 1930. Potent Factors in Soil Formation. *Ecology*. 11(2), 239-245.
- Smith, R.S., Shiel, R.S., Millward, D., Corkhill, P. 2000. The interactive effects of management on the productivity and plant community structure of an upland meadow: an 8-year field trial. *Journal of Applied Ecology*. 37, 1029–1043.
- Soussana, J.F., Loiseau, P., Vuichard, N., Ceschia, E., Balesdent, J., Chevallier, T. & Arrouays, D. 2004. Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil Use and Management*. 20. 219–230.
- Torok, P., Miglecz, T., Valko, O., Kelemen, A., Toth, K., Lengyel, S., Tothmeresz, B. 2012. Fast restoration of grassland vegetation by a combination of seed mixture sowing and low-diversity hay transfer. *Ecological Engineering*. 44, 133-138.
- Tērauds, V. 1972. Pļavas un ganības. *Izdevniecība "Zvaigzne"*. Rīga. 304 lpp.
- Quénard, L., Samouëlian, A., Laroche, B., Cornu, S. 2011. Lessivage as a major process of soil formation: A revisitation of existing data. *Geoderma*. 167-168. 135–147.
- Wallor, E., Zeitz, J. 2016. How properties of differently cultivated fen soils affect grassland productivity — A broad investigation of environmental interactions in Northeast Germany. *Catena*. 147. 288-299.
- Weatherhead, E.K. & Howden, N.J.K. 2009. The relationship between land use and surface water resources in the UK. *Land Use Policy*, 26, S243–S250.
- Willems, J.H., Van Nieuwstadt, M.G.L. 1996. Long-term after effects of fertilization on above-ground phytomass and species diversity in calcareous grassland. *Journal of Vegetation Science*. 7. 177–184.
- Wyckoff, J., W. 1973. The effects of soil texture on species diversity in an arid grassland of the eastern great basin. *The Great Basin Naturalist*. 33. 163-168.
- Miller, W., P., Newman, K., D., Frenkel, H. 1990. Flocculation Concentration and Sodium/Calcium Exchange of Kaolinitic Soil Clays. *Soil Science Society of America Journal*. 54.2.

Interneta resursi

- Ecosystem services in different grasslands. 2017. Life Viva Grass. Sk. 28.20.2017. Pieejams: <http://vivagrass.eu/ecosystem-services/ecosystem-services-in-different-grasslands/>
- Humphreys, M., W., O'Donovan, G., Sheehy-Skeffington M. [Bez data.]. Comparing synthetic and natural grasslands for agricultural production and ecosystem service. Sk. 28.02.2017. Pieejams: http://cadair.aber.ac.uk/dspace/bitstream/handle/2160/26478/Mike_Humphreys_Plenary_Grasslands_for_Ecosystem_Service.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Revised Universal Soil Loss Equation. Bez data. Agriculture and Forestry. Sk. 20.03.2017. Pieejams: http://www.gov.pe.ca/photos/original/af_fact_rusle.pdf

Nepublicētie materiāli

- Kasparinskis, R., 2012. Latvijas meža augšņu daudzveidība un to ietekmējošie faktori: promocijas darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Prižavoite, D., 2014. Telpiskās un ekoloģiskās likumsakarības lauksaimniecības zemju aizaugšanai ar baltalksni un parasto egli morēnas paugurainē Vidzemē: maģistra darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Rolavs, N. 2013. Podzolēšanās procesa attīstība un to ietekmējošie faktori aizaugošās lauksaimniecības zemju augsnēs: maģistra darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Rūsiņa, S. 2006. Latvijas mezofīto un kserofīto zālāju daudzveidība un kontaktsabiedrības: promocijas darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

PIELIKUMS

Vidzemes centrālās daļas pētīto novadu sēto zālāju un pastāvīgo pļavu kontūru raksturojošo augsnes faktoru un ES vienoto platību maksājumu pieteikto procentu savstarpēja salīdzinājuma rezultāti starp kvalitatīvajiem faktoriem

Salīdzināmie kvalitatīvie faktori	Savstarpēji salīdzināmo kvalitatīvo faktoru kodi	Zemes kvalitatīvā vērtība (balles)	Kontūru platība (ha)	Sēto zālāju platība (ha)	Pastāvīgo pļavu platība (ha)	ES vienoto platību maksājumiem pieteiktie procenti
Augsnes klase	1-2	*T; S; D	*T; S; D	*T; S; D	*T; S; D	*T; S; D
	2-3	*T; S; D	n.b.	n.b.	*T; S; D	n.b.
	1-3	n.b.	*T; S; D	n.b.	n.b.	n.b.
Pieteiktie procenti	1-2	*T; S; D	n.b.	*D	*T; S; D	n.b.
	2-3	*T; S; D	n.b.	*T; S; D	*T; S; D	n.b.
	1-3	*T; S; D	*T; S; D	*T; S; D	*T; S; D	n.b.
Granulometriskā sastāva grupa	1-2	*T; S; D	*D	n.b.	*T; S; D	*T; S; D
	1-3	*T; D	*T; S; D	n.b.	n.b.	*T; S; D
	1-4	n.b.	*T; S; D	*T; S; D	*T; S; D	*T; S; D
	2-3	n.b.	*T; S; D	n.b.	n.b.	n.b.
	3-4	n.b.	*T; S; D	*T; S; D	*T; S; D	*T; S; D
	3-5	n.b.	*T; S; D	n.b.		n.b.
	4-5	n.b.	*T; S; D	*T; S	*T; S; D	*T; S; D
	1-5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*T; S; D
	3-4	n.b.	n.b.	*T; S	n.b.	*T; S; D

* – atšķirības starp kvalitatīvajiem faktoriem ir būtiskas ($p < 0,05$) pēc *Tukey* testa (T), *Scheffe* testa (S) un *Dunnett's T3* korekcijas (D)
n.b. – atšķirības starp kvalitatīvajiem faktoriem nav būtiskas

Pētīto etalonteritoriju augsnes virskārtas horizontu un augsnes apakškārtas horizontu (cilmieža) īpašību raksturojošo parametru savstarpēja salīdzinājuma rezultāti

Salīdzināmie kvalitatīvie faktori	Savstarpēji salīdzināmo kvalitatīvo faktoru kodi	pH _{BaCl2} vērtība	KAK (cmol kg ⁻¹)	Apmaiņas elementu koncentrācija (mg kg ⁻¹)				Kopējais ogleklis (%)	Kopējais slāpeklis (%)	Kopējā oglekļa / kopējā slāpekļa attiecība	Oglekļa krājumi (t/ha)	P ₂ O ₅ koncentrācija (mg kg ⁻¹)	Virskārtas horizonta biezums (cm)
				K ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Fe ³⁺ /Al ³⁺						
Grūntsūdens dziļums	2-4												
	Augsnes virskārta	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*T; S	n.b.	*T; S	*T; S	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	Augsnes apakškārta	n.b.	*D	*D	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	2-3												
	Augsnes virskārta	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*T; S	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	Augsnes apakškārta	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	3-4												
Augsnes virskārta	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*T; S; D	n.b.	n.b.	n.b.	
Augsnes apakškārta	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
Glejošanās horizonta sastopamības dziļums	1-6												
	Augsnes virskārta	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*T; S	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	Augsnes apakškārta	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Zemes kvalitatīvā vērtība ballēs	1-2												
	Augsnes virskārta	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*T	*T	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	Augsnes apakškārta	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	1-3												
	Augsnes virskārta	n.b.	*T; S; D	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	*D	n.b.	n.b.	n.b.
	Augsnes apakškārta	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	2-3												
Augsnes virskārta	n.b.	*T; S; D	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
Augsnes apakškārta	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	

* – atšķirības starp kvalitatīvajiem faktoriem ir būtiskas (p<0,05) pēc Tukey testa (T), Scheffe testa (S) un Dunnett's T3 korekcijas (D)

n.b. – atšķirības starp kvalitatīvajiem faktoriem nav būtiskas

ES nozīmes zālāju biotopu pētījuma etalonteritoriju parauglaukumu un augšņu dzīlrakumu profilu raksturojums



1.attēls. 1. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Fluvisols

Augsnes apakštips (LV): Kārtainā aluviālā augsne

Novietojums Reljefā: līdzenums

Drenētība: labi drenēta augsne

Cilmiezis: Aluviālie nogulumu

Profila apraksts:

Ap 0-20 cm smalka smilts

EApB 20 – 30 cm smalka smilts

C1 30 – 50 cm smalka smilts

C2 50 – 65 cm smalka smilts



2.attēls 2. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Planosols

Augsnes apakštips (LV): Velēnpodzolēta pseidoglejota augsne

Novietojums Reljefā: līdzenums

Drenētība: Vidēji labi drenēta augsne

Cilmiezis: Glacigēnie nogulumu

Profila apraksts:

Ap 0 – 20 cm ļoti smalka smilts

EB 20 – 38 cm ļoti smalka smilts

BgC1 38 – 50 cm ļoti smalka smilts

BgC 50 – 62 cm putekļains smilšmāls



3.attēls. 3. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Stagnosols

Augsnes apakštips (LV): Velēnpodzolēta virsēji glejota augsne

Novietojums Reljefā: līdzenums

Drenētība: vidēji labi drenēta augsne

Cilmiezis: Glacigēnie

Profila apraksts:

Ap 0 30 cm mālsmilts

EgBs 30 – 49 cm mālsmilts

Btg 49 – 70 cm putekļains smilšmāls

Btg 70 - ... putekļains smilšmāls



4.attēls. 4. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Stagnosols

Augsnes apakštips (LV): Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne

Novietojums Reljefā: starppauguru ieplaka

Drenētība: Nepietiekami drenēta augsne

Cilmiezis: Glacigēnie

Profila apraksts:

Ap 0 - 36cm. Smalka smilts.

EgBs 36 – 59 cm. Vidēja smilts.

Eg 18 – 35 cm. Rupja smilts.

Bg 59 – 70 cm. Putekļains smilšmāls.



5.attēls. 5. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Fluvisols

Augsnes apakštīps (LV): Graudainā aluviālā augsne

Novietojums Reljefā: līdzenums

Drenētība: labi drenēta augsne

Cilmiezis: Aluviālie nogulumi

Profila apraksts:

Ap 0 – 23 cm. Smalka smilts.

B 28 – 62 cm ļoti smalka smilts

ApB 62 – 83 cm ļoti smalka smilts

B2 83 – 100 cm ļoti smalka smilts



6.attēls. 6. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Stagnosols

Augsnes apakštīps (LV): Velēnglejota augsne

Novietojums Reljefā: Paugura pakāje

Drenētība: nepietiekama drenētība

Cilmiezis: Glaciolimniskie nogulumi

Profila apraksts:

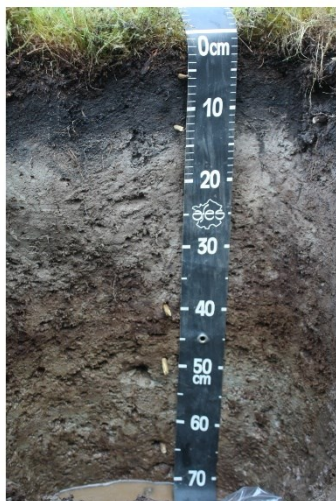
Ap1 0 – 15 cm. Smalka smilts.

Ap2 15 – 28 cm. Smalka smilts.

EAhg 28 – 35 cm. Vidēja smilts.

Btg 35 – 68 cm. Puteklains smilšmāls.

BCrk 68 – 77 cm. Smilšmāls.



7.attēls. 7. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Stagnosols
Augsnes apakštīps (LV): Velēnpodzolēta glejaugsne
Novietojums Reljefā: Līdzenums
Drenētība: vidēji drenēta augsne
Cilmiezis: Glacigēnie nogulumi

Profila apraksts:
 O1 0 – 2 cm
 Oh 2 – 4 cm
 Ap 4 – 12 cm. Smalka smilts.
 Egh 12 – 50 cm. Smalka smilts.
 Bsh 50 – 65 cm. Vidēja smilts.
 BgsC 65 – 70 cm. Rupja smilts.
 BgC2 70 - .. cm. Putekļains smilšmāls.



8.attēls. 8. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Cambisols
Augsnes apakštīps (LV): Velēnu podzolaugsne
Novietojums Reljefā: Ieplaka
Drenētība: Labi drenēta augsne
Cilmiezis: Glaciofluviālie nogulumi

Profila apraksts:
 O 0 – 1 cm
 Ap 1 – 22 cm
 AhEB 22 – 30 cm
 EBg 30 – 45 cm
 Bs 45 – 95 cm
 Bgs 95 – 125 cm
 Cg 125 – 133 cm
 Cr 133 – 145 cm



9.attēls. 9. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Calcisols

Augsnes apakštīps (LV): Rendzīna

Novietojums Reljefā: paugura virsotne

Drenētība: Labi drenēta augsne

Cilmiezis: Glacigēnie nogulumi

Profila apraksts:

Apk 0 – 25 cm vidēja smilts

Ck 25 – 60 cm rupja smilts



10.attēls. 10. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Histosols

Augsnes apakštīps (LV): Zemā purva trūdaini kūdrainā augsne

Novietojums Reljefā: ieplaka

Drenētība: slikta

Cilmiezis: Organogēnie

Profila apraksts:

Ap 0 – 27 cm.

H1 27 – 45 cm.

H2 45- 75 cm.

H3 75 – 100 cm.

HCr 10 - ... cm.



11.attēls. 11. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Luvisols

Augsnes apakštīps (LV):

Velēnupodzolaugsne

Novietojums Reljefā: Līdzenums

Drenētība: labi drenēta augsne

Cilmiezis: Glaciofluviālie nogulumu

Profila apraksts:

Ap 0 – 19 cm. Mālsmilts

BtE 19 – 39 cm. Putekļains smilšmāls.

Bt 39 – 56 cm. Putekļains smilšmāls.

BCr 56 – 84 cm. Vidēja smilts.

Cr 84 – 100 cm. Rupja smilts.



12.attēls. 12. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Luvisols

Augsnes apakštīps (LV): Velēnupodzolaugsne

Novietojums Reljefā: Līdzenums

Drenētība: labi drenēta augsne

Cilmiezis: Glaciogēnie nogulumu

Profila apraksts:

Ap 0 – 23 cm. Smalka smilts.

EB 23 – 46 cm. Smalka smilts.

Bt 46 – 79 cm. Mālsmilts.

BCK 79 – 82. Putekļains smilšmāls.



13.attēls. 13. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Arenosols
Augsnes apakštīps (LV): Velēnpodzolaugsne
Novietojums Reljefā: Līdzenums
Drenētība: labi drenēta augsne
Cilmiežis: Glacofluviālie nogulumi

Profila apraksts:
 Ap 0 – 23 cm. Rupja smilts.
 B 23 – 48 cm. Rupja smilts.
 BC 48 - 75 cm. Rupja smilts.
 C 75 – 95 cm. Mālsmilts.



14.attēls. 14. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Retisols
Augsnes apakštīps (LV): Velēnpodzolēta glejaugsne
Novietojums Reljefā: Līdzenums
Drenētība: vidēji labi drenēta augsne
Cilmiežis: Glaciģēnie nogulumi

Profila apraksts:
 Ap 0 – 26 cm. Mālsmilts.
 EBgs 26 – 45 cm. Vidēja smilts.
 Bg 45 – 70 cm. Mālsmilts.
 BCk 70 – 85 cm. Mālsmilts.
 BCk2 85 – 95 cm. Mālsmilts.



15.attēls. 15. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Luvisols
Augsnes apakštīps (LV): Velēnu podzolaugsne
Novietojums Reljefā: Līdzenums
Drenētība: labi drenēta augsne
Cilmiezis: Glacigēnie nogulumi

Profila apraksts:
 Ap 0 – 30 cm. Mālsmilts.
 EB 30 - 40 cm. Mālsmilts.
 Bt 36 – 70 cm. Vidēja smilts.
 BC 70 – 100 cm. Mālsmilts.



16.attēls. 16. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Luvisols
Augsnes apakštīps (LV): Velēnu podzolēta virsēji glejota augsne
Novietojums Reljefā: ieplaka
Drenētība: nepietiekami drenēta augsne
Cilmiezis: Glacigēnie nogulumi

Profila apraksts:
 Ap 0 – 38 cm. Mālsmilts.
 EApB 38 – 50 cm. Putekļi
 BgstE 50 – 66 cm. Putekļaina mālsmilts.
 BgstC 66 – 80 cm. Putekļaina mālsmilts.



17.attēls. 17. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Gleysols

Augsnes apakštips (LV):

Velēnu glejaugsne

Novietojums Reljefā: Nogāzes pakāje

Drenētība: nepietiekami drenēta

Cilmiezis: Glaciolimniskie

Profila apraksts:

Ap 0 – 21 cm. Ļoti smalka smilts.

Egs 21 – 32 cm. Mālsmilts.

Brs 32 – 41 cm. Putekļains smilšmāls.

Crs 41 - ... cm.



18.attēls. 18. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Stagnosols

Augsnes apakštips (LV): Velēnu podzolēta glejota

Novietojums reljefā: ieplaka

Drenētība: nepietiekami drenēta augsne

Cilmiezis: Glaciolimniskie nogulumi

Profila apraksts:

Ap 0 – 28 cm. Smalka smilts.

ApEg 28 – 35 cm. Smalka smilts.

BgE 35 -55 cm. Mālsmilts.

Btgk 55 – 70 cm. Putekļains smilšmāls.



19.attēls. 19. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Fluvisols

Augsnes apakštips (LV): Velēngleja aluviālā augsne

Novietojums Reljefā: Līdzenums

Drenētība: labi drenēta augsne

Cilmiezis: Aluviālie nogulumu

Profila apraksts:

Ap 0 -23 cm. Smalka smilts.

BA 23 – 41 cm. Smalka smilts.

Bsg 41 – 59 cm. Vidēja smilts.

Cg1 59 – 74 cm. Vidēja smilts.

Cg2 74 – 120 cm. Ļoti smalka smilts.



20.attēls. 20. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Anthrosols

Augsnes apakštips (LV): Apraktā kūdrainā glejaugsne

Novietojums Reljefā: ieplaka

Drenētība: slikti drenēta augsne

Cilmiezis: Glaciģēnie nogulumu

Profila apraksts:

ApH1 0 – 26 cm.

H2 26 – 43 cm.

Brs 50 – 70 cm. Vidēja smilts.



21.attēls. 21. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Stagnosols
Augsnes apakštīps (LV): Velēnu glejotā augsne
Novietojums Reljefā: ieplaka
Drenētība: slikti drenēta augsne
Cilmiezis: Glacigēnie nogulumi

Profila apraksts:
 O 0 – 6 cm.
 Ap 6 - 14 cm. Ļoti smalka smilts.
 Ap2 14 – 33 cm. Ļoti smalka smilts.
 ApBs 33 – 40 cm. Mālsmilts.
 Bsg 40 - 55 cm. Ļoti smalka smilts.
 Bg 55 – 69 cm. Ļoti smalka smilts.



22.attēls. 22. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Retisols
Augsnes apakštīps (LV): Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne
Novietojums Reljefā: Līdzenums
Drenētība: Vidēji labi drenēta augsne
Cilmiezis: Glacigēnie nogulumi

Profila apraksts:
 Ap 0 – 26 cm. Smalka smilts.
 Eg 26 – 32 cm. Vidēja smilts.
 Bg 32 – 69 cm. Puteklains smilšmāls.
 Btg 69 – 84 cm. Puteklains smilšmāls.



23.attēls. 23. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Stagnosols
Augsnes apakštīps (LV): Velēnu podzolēta virsēji glejota augsne
Novietojums Reljefā: nogāzes lejasdaļā
Drenētība: vidēji drenēta augsne
Cilmiezis: Glacigēnie nogulumu

Profila apraksts:
 Ap 0 – 20 cm. Mālsmilts.
 EgAp 20 - 28 cm. Mālsmilts.
 Bs 28 – 35 cm. Putekļains smilšmāls.
 Btg 35 – 60 cm. Putekļains smilšmāls.
 Btgk 60 – 70 cm. Putekļains smilšmāls.



24.attēls. 24. augsnes profils un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Augsnes grupa (FAO WRB): Stagnosols
Augsnes apakštīps (LV): Velēnu podzolaugsne
Novietojums Reljefā: Nogāzes lejasdaļa
Drenētība: nepietiekami drenēta augsne
Cilmiezis: Glacigēnie nogulumu

Profila apraksts:
 Ap 0 – 25 cm. Mālsmilts.
 EgBs 25 – 40 cm. Mālsmilts.
 Btg 40 – 75 cm. Putekļains smilšmāls.
 Btgk 75 – 82 cm. Putekļains smilšmāls.

Pētīto ES nozīmes zālāju etalonteritoriju parauglaukumu un regulējošo ekosistēmu pakalpojumi (augsnēs rādītāji virskārtai)

Zālāja tips (pēc mitruma apstākļiem)	Augsnis apakštīps	Rādītāji (regulējošie ekosistēmu pakalpojumi)					
		Klimata regulācija globālā mērogā (t c/ha)	Barības vielu regulācija			Erozijas riska samazināšana	Organisko vielu regulācija
			Katjonu apmaiņas kapacitāte	Granulometriskais sastāvs	Augnes organiskais ogleklis (%)	Ah horizontna biezums (cm)	Sugu un indivīdu skaits (n)
6210 - Sausie zālāji kaļķainās augsnēs	Rendzīna (Calcisols) (9)	54.53	4.88	mālsmilts	3.25	22	19
	Kārtainā aluviālā augsne (<i>Fluvisols</i>) (1)	110.52	21.57	smilšmāls	2.54	20	33
	Velēngleja aluviālā augsnes (<i>Fluvisols</i>) (19)	75.52	2.81	mālsmilts	1.29	28	22
6230* - Vilkakūlas zālāji	Velēnu podzolaugsnes (<i>Arenosols</i>) (13)	68.41	8.44	smilšaina mālsmilts	0.96	23	25
	Velēnu podzolaugsne (<i>Cambisols</i>) (8)	61.32	6.93	smilšaina mālsmilts	1.54	15	14.7
	Velēnu podzolēta glejaugsne (<i>Stagnosols</i>) (7)	130.32	5.47	smilšmāls	9.24	14	10
	Velēnglejtā augsne (<i>Stagnosols</i>) (21)	133.25	8.03	mālsmilts	2.38	26	27
	Graudainā aluviālā augsne (<i>Fluvisols</i>) (5)	46.39	35.52	mālsmilts	1.048	26	21.3
	Velēnpodzolētā glejtā augsne (<i>Luvissols</i>) (11)	169.36	5.14	smags smilšmāls	1.5	27	24.3
	Velēnu podzolaugsne (<i>Luvissols</i>) (15)	66.92	4.19	mālsmilts	2.57	26	27
6270* - Sugām bagātas pļavas	Velēnpodzolēta glejaugsne (<i>Stagnosols</i>) (14)	79.31	4.97	mālsmilts	7.73	23	17.3
	Velēnglejtā augsne (<i>Retisols</i>) (22)	133.25	10.06	mālsmilts	1.43	20	22
	Velēnpodzolēta virsēji glejtā augsne (<i>Stagnosols</i>) (4)	71.63	7.90	mālsmilts	1.36	20	20
	Velēnu glejaugsne (<i>Gleysols</i>) (17)	106.35	9.26	smilšmāls	1.78	38	18.3
	Velēnu podzolaugsne (<i>Luvissols</i>) (12)	99.91	31.11	smilšmāls	2.31	19	23
	Velēnpodzolētā virsēji glejtā augsne (<i>Luvissols</i>) (16)	89.32	19.91	putekļaina mālsmilts	1.53	30	23
6410 - Mitrie zālāji periodiski izžūstošās augsnēs	Velēnpodzolēta virsēji glejtā augsne (<i>Stagnosols</i>) (23)	85.23	2.92	mālsmilts	2.18	25	
	Zemā purva trūdaini kūdrainā augsne (<i>Histosols</i>) (10)	250.35	3.17	putekļi	22.51	25	21.7
	Velēnpodzolētā virsēji glejtā augsne (<i>Stagnosols</i>) (3)	162.32	18.25	smilšmāls	1.74	36	24.3
	Velēnpodzolētā glejaugsne (<i>Stagnosols</i>) (18)	82.63	16.86	putekļaina mālsmilts	5.05	21	22
	Apraktā kūdrainā glejaugsne (<i>Anthrosols</i>) (20)	123.65	7.76	mālsmilts	4.28	23	34.7
	Velēnpodzolētā virsēji glejtā augsne (<i>Stagnosols</i>) (24)	120.50	18.25	putekļains smilšmāls	2.62	12	
	Velēnpodzolētā pseidoglejtā augsne (<i>Planosols</i>) (2)	105.36	3.56	smilšmāls	3.73	30	35.7
	Velēnglejtā augsne (<i>Stagnosols</i>) (6)	91.62	1.21	mālsmilts	7.21	28	28

Ar šo apliecinām, ka maģistra darbs „Augsnes faktoru nozīme zālāju ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā Vidzemē” ir sagatavots aizstāvēšanai gala pārbaudījumu komisijā **dabaszinātņu maģistra grāda vides zinātnē** iegūšanai.

Autors Ieva Rotkovska,
vārds, uzvārds *paraksts* *datums*

Zinātniskais vadītājs:

LU ĢZZF docents, vadošais pētnieks, Dr. geogr.

Raimonds Kasparinskis,
paraksts *datums*

Noslēguma darba saņemšanas reģistrācija:

Darba reģistrācijas Nr.....

Vides zinātnes nodaļas lietvede:

Inese Silamiķele
paraksts *datums*

Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:

Bakalaura darbs aizstāvēts maģistra studiju

gala pārbaudījumu komisijā
datums

un aizstāvēts ar atzīmi

Priekšsēdētājs: asoc.prof. Iveta Šteinberga
vārds, uzvārds *paraksts* *datums*

Sekretāre: doc. Kristīne Āboliņa
vārds, uzvārds *paraksts* *datums*