



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOGRĀFIJAS NODAĻA

**DABISKO ZĀLĀJU AUGŠŅU DAUDZVEIDĪBA
VIDZEMES CENTRĀLAJĀ DAĻĀ
BAKALaura DARBS**

Autors: Ieva Rotkovska

Stud. apl. ir12073

Darba vadītājs:

Raimonds Kasparinskis Dr. geogr., docents

RĪGA 2015

ANOTĀCIJA

Dabisko zālāju platību samazināšanās ir ļoti aktuāla pēdējos gados Latvijas teritorijā, t.sk. Vidzemes centrālajā daļā. Viens no nozīmīgākajiem zemes izmantošanas struktūras ietekmējošiem faktoriem ir augsnes daudzveidība. Tādēļ bakalaura darba mērķis - raksturot Vidzemes centrālajā daļā izplatītāko dabisko zālāju augšņu daudzveidību, augsnes īpašības, to ietekmējošos faktorus un augsnes veidošanās procesus.

Bakalaura darbā iegūtie rezultāti parādīja, ka Vidzemes centrālajā daļā izplatītie dabiskie zālāji raksturojami ar relatīvi lielu augšņu daudzveidību, ko nosaka augsnes veidošanās faktori un procesi, kas atspoguļojas augsnes īpašībās un auglībā un tādejādi ietekmē dažādu zālāju tipu izplatību.

Iegūtie rezultāti ir nozīmīgi saistībā ar dabisko zālāju un augšņu daudzveidības likumsakarībām, kā arī dabisko zālāju ilgtspējīgu saglabāšanu un atjaunošanu atkarībā no augsnes īpašībām un to ietekmējošiem faktoriem un augsnes veidošanās procesiem, kas ir būtiski ilgtspējīgā lauksaimniecībā un zālāju apsaimniekošanā.

Atslēgvārdi: augsnes īpašības, augsnes auglība, ietekmējošie faktori, veidošanās procesi, klasifikācija, galveno komponentu analīze.

ANNOTATION

Semi-natural grassland distribution is vital important in last years in Latvia, including central part of Vidzeme. Soil diversity is one of the most important factors influencing land-use structure. Therefore the aim of the bachelor's thesis is to characterize major semi-natural grassland soil diversity, soil characteristics, influencing factors and soil formation processes in the central part of Vidzeme.

Bachelor thesis results showed that the central part of Vidzeme distributed semi - natural grasslands is characterized by a relatively high diversity of soils, determining soil formation factors and processes that are reflected in soil characteristics and fertility, and thus affect the prevalence of different types of grasslands.

The results are significant in relation to the natural grasslands and soil diversity regularities, as well as natural grassland sustainable conservation and renewal, depending on soil characteristics and influencing factors and soil formation processes that are essential for sustainable agriculture and grassland management.

Key words: soil properties, soil fertility, influencing factors, formation processes, classification, principal component analysis.

SATURS

Ievads

1. Dabisko zālāju nozīme, to izplatības ietekmējošie faktori un raksturojums Latvijā un pasaulē.....	7
1.1. Dabisko zālāju apsaimniekošana.....	9
1.2. Zemes izmantošanas struktūra un lauksaimniecības zemju apsaimniekošana (esošā prakse un vēsturiskā izmantošana).....	11
2. Augsnes, to fizikālās un ķīmiskās īpašības un to ietekmējošie faktori.....	12
2.1. Augsnes dzīvie organismi.....	18
2.2. Dabiskie faktori (augšņu abiotiskie un biotiskie faktori).....	19
2.2.1. Klimats un laika apstākļi.....	19
2.2.2. Teritorijas ģeoloģiskā uzbūve, augšņu cilmiezis un augšņu veidošanās procesi.....	20
2.2.3. Reljefs un nogāzes ekspozīcija.....	22
3. Materiāls un metodes.....	23
3.1. Pētījuma teritoriju vispārīgs raksturojums.....	23
3.2. Izejas dati.....	24
3.3. Pētījumu metodes.....	25
4. Rezultāti un diskusija.....	27
4.1. Dabisko zālāju un augšņu telpiskās izplatības sakarības Vidzemes centrālajā daļā.....	27
4.2. Augšņu ķīmisko īpašību raksturojums.....	29
4.3. Dabisko zālāju augšņu daudzveidības ietekmējošie faktoru izvērtējums.....	40
Secinājumi.....	48
Pateicība	
Izmantotā literatūra un avoti	
Pielikums.....	57

IEVADS

Daļēji dabiskie zālāji reprezentē nelielu daļu Eiropas ainavas, tomēr to nozīme slēpjas tajā, ka dabiskajos zālājus ir ārkārtīgi liela sugu bagātība, kas ir saistīta ar kombinētu ietekmi – cilvēka un dabas (Melts et al., 2013).

Dabisko zālāju platību samazināšanās ir ļoti aktuāla pēdējos gados Latvijas teritorijā. Dabiskie zālāji ir būtisks lauksaimniecībā izmantojamais resurss, piemēram, Vidzemē dabisko zālāju vēsturiskā saglabāšanās ir saistāma ar piena lopkopību, ko galvenokārt, nosaka ģeogrāfiskais novietojums un dabas apstākļi. Tādejādi dabiskie zālāji ir uzskatāms kā nozīmīgs ainavas elements, kas pašlaik, dažādu sociālekonomisko un politisko faktoru rezultātā tiek pakļauts izmaiņām dažādās teritorijās Latvijā, t.sk. Vidzemē.

Viens no nozīmīgākajiem zemes izmantošanas struktūras ietekmējošiem faktoriem ir augsnes daudzveidība, ar to saistīta ir auglība un augsnes īpašības, to ietekmējošie faktori, kā arī augsnes veidošanās procesi, un to telpiskā un temporālā mainība, tādēļ, balstoties uz pētījumā iegūtajiem rezultātiem, būs iespējams noskaidrot raksturīgākās augsnes, to īpašību (morfoloģisko, fizikālo un ķīmisko) ietekmējošos faktorus un augsnes veidošanās procesus dabisko zālāju izplatības teritorijās Vidzemes centrālajā daļā. Tādejādi tiks uzlabota izpratne par dabisko zālāju un augšņu daudzveidības likumsakarībām, saistībā ar dabisko zālāju ilgtspējīgu saglabāšanu un atjaunošanu atkarībā no augsnes īpašībām un to ietekmējošiem faktoriem un augsnes veidošanās procesiem, kas ir būtiski ilgtspējīgā lauksaimniecībā un zālāju apsaimniekošanā.

Darba **mērķis**: raksturot Vidzemes centrālajā daļā izplatītāko dabisko zālāju augšņu daudzveidību, augsnes īpašības, to ietekmējošos faktorus un augsnes veidošanās procesus.

No darba mērķa izriet šādi darba **uzdevumi**:

1. Apkopot zinātnisko literatūru par dabisko zālāju nozīmi un to izplatības ietekmējošiem faktoriem un raksturojumu Latvijā un pasaulē, kā arī augsnes daudzveidību, augsnes īpašībām, to ietekmējošiem faktoriem un veidošanās procesiem.
2. Dabisko zālāju raksturīgākajās izplatības teritorijās Vidzemes centrālajā daļā, lauka darbu apstākļos pētījuma etalonteritorijās veikt:
 - augšņu daudzveidības noteikšanu (augšņu aprakstīšanu atbilstoši Latvijas un starptautiskajai FAO WRB augšņu klasifikācijai), to ietekmējošo faktoru (novietojums reljefā, ģeoloģiskie nogulumi, gruntsūdens līmeņa dziļums, brīvo kalcija karbonātu dziļums);
 - augsnes veidošanās procesu (t.sk. morfoloģisko īpašību) raksturošanu;
 - augsnes paraugu ievākšanu no ģenētiskajiem horizontiem;

- augsnes fizikālo īpašību (augšņu granulometriskā sastāva grupas, augsnes tilpummasa) noteikšanu;
3. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes augšņu laboratorijā veikt augsnes ķīmisko īpašību noteikšanu (kopējā organiskā oglekļa saturs (%), kopējā slāpekļa saturs (%), apmaiņas elementu (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Mn^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+}) koncentrācijas (mg/kg), augsnes $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ reakcijas vērtības noteikšanu;
 4. Veikt iegūto datu statistisko apstrādi (galveno komponentu analīzi (PCA)) un rezultātu interpretāciju, lai raksturotu augšņu un to ietekmējošo faktoru, kā arī veidošanās procesu saistību ar dabisko zālāju izplatības teritorijām Vidzemes centrālajā daļā.

Pētījums tiek veikts LIFE Viva Grass starptautiskā projekta „Integrēta plānošanas pieeja zālāju dzīvotspējai” (Nr. LIFE13ENV/LT/000189) ietvaros.

Bakalaura darba autore ir sagatavojusi ziņojumu LU 73. Zinātniskās konferences sekcijas „Zemes un Vides zinātne” apakšsekcijā Zemes un augsnes ilgtspējīga izmantošana, rezultāti tika prezentēti 2015. gada 4. februārī:

- 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. konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātne. Referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 478-480.

Lauka darbi norisinājās 2014. gada oktobrī. Datu apstrāde un analīze tika veikta 2014./2015. gada ziemas un pavasara sezonā.

Bakalaura darba autore ir piedalījies lauka darbos 24 parauglaukumos, t.sk. ir veikusi augsnes paraugu ievākšanu no 93 ģenētiskajiem horizontiem 2014. gada oktobrī. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes augšņu laboratorijā darba autore ir veikusi 144 augsnes paraugu apstrādi augsnes fizikālo un ķīmisko īpašību noteikšanai, kā arī datu bāzes izveidi.

Pamatinformācija literatūras sadaļai iegūta no zinātniskajām datubāzēm „Science Direct”, „Springerlink” un „Elsevier” pieejamajiem starptautiskajiem zinātniski recenzējamiem žurnāliem.

Bakalaura darba apjoms ir 58 lapas, ar pielikumu 8 lapu apjomā. Darbu ilustrē 21 attēls un 1 tabula.

1. DABISKO ZĀLĀJU NOZĪME, TO IZPLATĪBAS IETEKMĒJOŠIE FAKTORI UN RAKSTUROJUMS LATVIJĀ UN PASAULĒ

Ar dabiskajiem zālājiem dabas aizsardzības izpratnē uzskata neielabotus dabiskos zālājus vai daļēji dabiskos zālājus, kas atbilst Eiropas Savienības Sugu un biotopu direktīvas objektam (Apzināto bioloģiski vērtīgi... bez dat.). Dabisko zālāju izveidošanās un izplatība, lai ražotu lopbarību zālēdājiem ir sākusies Eiropā kopš vēlā mezolīta (7600.-4500. g. p. m. ē.), kā rezultātā šīs ekosistēmas ir ieguvušas svarīgu nozīmi Eiropā, gan ainaviskā līmenī, gan bioloģiskās daudzveidības aspektā (Scotton et al., 2014). Šie zālāji ir izveidojušies un veidojas pateicoties cilvēku aktivitātei, galvenokārt ganībām un pļaušanai. Eiropā šīs augu sabiedrības bieži vien ir ekosistēmas ar augstāko bioloģisko daudzveidību gan mikro - līmenī, gan plašākā ainaviskā līmenī (Melts et al., 2013).

Izpratne par mijiedarbību, starp zemes izmantošanas maiņu, sugu daudzveidību un ekosistēmas funkcijām, ir būtiska, lai prognozētu globālo pārmaiņu ietekmi uz ekosistēmas pakalpojumiem (Gross et al., 2009).

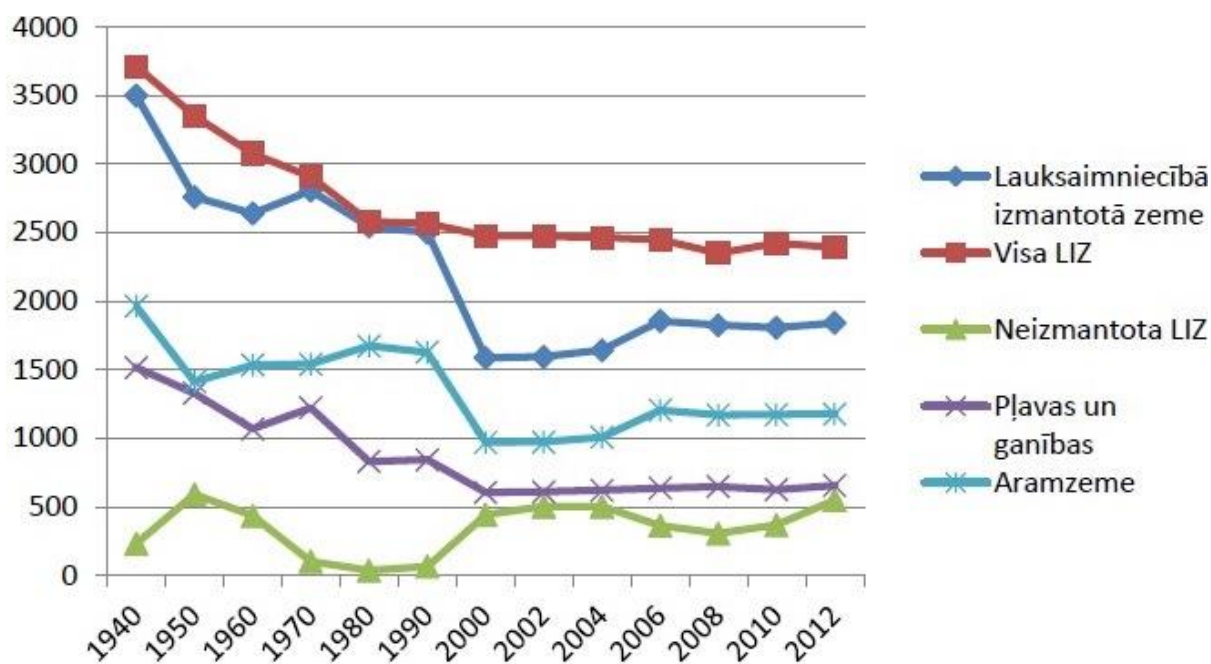
Dabiskie zālāji sniedz dažādus ekosistēmas pakalpojumus:

- atbalsta pakalpojumi (primārā produktivitāte un barības vielu aprīte);
- nodrošināšanas pakalpojumi (pārtikas ražošana, sugu ģenētiskās daudzveidības saglabāšana, apkārtnes regulēšanas pakalpojumi (uzturēt vienmērīgu klimatu, ūdens uzkrāšana, oglekļa uzkrāšanos apmēram 35 %);
- kultūras pakalpojumi (atpūta, zālāju saglabāšana, vides saglabāšana) (Forda et al., 2012).

Dabiskajos zālajos, ekosistēmas pakalpojumu mērķis ir izveidot kompromisu starp intensīvu apsaimniekošanu, lai palielinātu pārtikas iegūvi un ekstensīvu saimniecību, kuras mērķis ir samazināt produkcijas daudzumu, bet palielinās sugu daudzveidību un kultūras pakalpojumus (Forda et al., 2012).

Ar sugām bagātie zālāji pastāvīgi samazinās visā Eiropā un pasaulē, it īpaši pēdējo desmitgadu laikā (Kiehl et al., 2010), pasaulē dabiskie zālāji aizņem 12,7 % (FAO Corporate document repository, bez dat.).

Latvijā dabisko zālāju platības ir būtiski sarukušas (1.1. attēls). Kopš 1940. gada, tajā laikā apmēram 65 % no lauksaimniecībā izmantojamajām zemēm aizņēma dabiskie zālāji. Šis skaits strauji samazinājās, līdz 21. gs, kad dabiskie zālāji aizņem tikai 0.3 % no Latvijas teritorijas. Vislielākās 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
(Prižavoīte, 2014)

Citur pasaulē, piemēram, Lielbritānijā 97 % neielabotu zālāju ir izzuduši, pašreiz atlikuši ir tikai 50000-100000 ha (Critchleya et al., 2002), Igaunijā dabisko zālāju platības samazinājušās diezgan dramatiski no 1571000 ha 1939.gadā, līdz 130000 ha 2006.gadā (Melts et al., 2013), Norvēģijā pašreiz dabisko zālāju platības ir mazinājušās un tās aizņem 1 % no Norvēģijas teritorijas apmēram 450 000 ha (Stenseke, 2006).

Dabiskie zālāji ar tiem īpašo floru un faunu, kļūva apdraudēti pagājušā gadsimta vidū līdz ar lauksaimniecības zemju intensifikācijas palielināšanos (Kahmen and Poschlod, 2008), un zālāju dažādu apsaimniekošanas pieeju dēļ, jo īpaši aršana, atkārtota sēšana, drenēšana, neorganiskā mēslojuma un herbicīdu pielietošana (Critchleya et al., 2002), kā arī būtisks faktors ir piesārņojums, kurš samazina bioloģisko daudzveidību, piemēram, sēra dioksīds, smagie metāli un slāpekļa savienojumi (piemēram, NO_x, NH_y, HNO₃), tie ir plaši izplatīti un ietekmē bioloģisko daudzveidību, augsnes apmaiņas katjonus un indikatoraugus.

Augsnes fizikālās un ķīmiskās īpašības ir ļoti nozīmīgi faktori, kas nosaka augstāk minētās antropogēnās aktivitātes saistībā ar zemes izmantošanas struktūras veidošanu un teritoriju apsaimniekošanu, tādejādi nosakot zālāju izplatību un daudzveidību. Apmežošanās rada būtiskas gan abiotiskās, gan biotiskās izmaiņas ekosistēmā (Oxbrough et al., 2006). Pēc zemju pamešanas, kuras kādreiz ir bijušas kultivētas mainās arī augsnes īpašības. Sākoties sekundārajai sukcesijai, veģetācijas izmaiņas ir galvenais virzītājspēks augsnes ķīmisko īpašību izmaiņām (Gabarrón-Galeote et al., 2015).

Zālāju izplatību ietekmē augsne un tās īpašības. Kopumā zālāji ar augstu botānisko vērtību atrodas uz augsnēm ar zemu barības vielu daudzumu. Barības vielu ierobežojums ir

viens no būtiskākajiem faktoriem kas ietekmē augu sugu sabiedrību struktūru. Sugu bagātībai ir tendence samazināties līdz ar barības vielu pieejamības palielināšanos, kas veicina konkurētspējīgu sugu spēju ātru resursu piesaisti un strauju biomasas pieaugumu (Critchley et al., 2002). Norvēģijā dabiskie zālāji ir sākuši izzust, jo ir samazinājies ganāmo lopu skaits, bet šie biotopi ir sugām bagāti un vēsturiski vērtīgi. Bet liela daļa zālāju tiek pamesti un vēlāk apmežojas. Tie ir izvietoti pa visu teritoriju un lielākā daļa neatrodas aizsargājamajās teritorijās, valdība gan piedāvā lauksaimniekiem, kuriem pieder šādi zālāji papildus maksājumus, bet tas tomēr nedod nepieciešamo rezultātu – ganāmo lopu skaits turpina sarukt un zemes tiek pamestas (Stenseke, 2006).

Ir veikti pētījumi Zviedrijā, par sekām, kādas ir pēc lauksaimniecības zemju racionalizācijas, pēdējā gadsimta laikā, kad šīs zemes ir aizaugušas un notikusi fragmentācija, kura būtiski ietekmē dabiskos zālājus. No pagājušā gadsimta 20. gadiem dabiskie zālāji lielākoties tiek kultivēti, pamesti vai apmežoti (Kahmen and Poschlod, 2008).

1.1. Dabisko zālāju un augšņu apsaimniekošana

Lauksaimniecības ainava Ziemeļeiropā ir kā mozaīka, kura sastāv no intensīvi apstrādātām zemēm un dabiskajiem zālājiem, pamestām zemēm, kā arī zemju gabaliem, kuri netiek apsaimniekoti vispār (Pihlgren et al., 2010).

Nesen ir atsākusies aramzemju lietojuma maiņa uz pļavām, lēnām atgūstot sugu daudzveidību. Ir svarīgi aspekti, kuri saistīti ar dabisko zālāju atjaunošanu, - pirmkārt nav skaidrs, vai konkrētajās vietās, tikai spontāni sēklām izsējoties atjaunosies sugu daudzveidība (Sojneková and Chytrý, 2015). Tomēr daudzas sugas nespēj izsēties lielās platībās un zemju fragmentācija tām traucē, tad var izmantot arī augu reintrodukciju (pārsēšanu) ar sēklu maisījumiem un tādā veida sugas ieviešas straujāk, bet jāņem vērā ģeogrāfiskais novietojums un reģions, kādā atrodas apsaimniekojamā zeme, jo sēklu maisījumi tiek sagatavoti dažādām teritorijām (Conrad and Tischew, 2011). Augsnes faktori ietekmē ne tikai augu augšanu, bet arī to iesēšanos un izplatību. Augsne rada dažādus ķīmiskos un fizikālos faktorus, kuri var ietekmēt sakņu anatomiju, struktūru un funkcijas. Augsnes īpašībām ir liela bioloģiskā nozīme, piemēram, porainība, ūdens daudzums un pretestība ietekmē sēklu iesēšanos. Iesēšanos ietekmē arī augsnes tips - augsnes tips un blīvums atspoguļo ūdens pieejamību, kas ir galvenokārt atkarīga no nokrišņiem un augsnes struktūras, augsnes struktūras savukārt ir atkarīga no ģeoloģiskajiem nogulumiem uz kuriem ir veidojusies augsne (Alameda and Villar, 2012).

Lai atgūtu dabiskos zālājus, kā efektīva metode, kura plaši tiek pielietota Nīderlandē - ir augsnes virskārtas (velēnas) noņemšana. Pamatā tiek noņemts barības vielām bagātais augsnes virskārtas horizonts (Ap), atstājot ar uzturvielām nabadzīgākos, smilšainos horizontus, kuros ir

zemākas slāpekļa un fosfora koncentrācijas. Šāda metode pozitīvi ietekmē ne tikai barības vielu saturu augsnē un ūdens pieejamību, bet arī oglekļa saturu, buferspējas, filtrāciju un mikroklimatu. Šo metodi izmanto degradētās teritorijas ierīkojot zālājus (Geissen et al., 2013).

Kad izvēlās veidu, kā tiks apsaimniekoti dabiskie zālāji, ir svarīgi apzināties, kāds ir mērķis apsaimniekošanai, jo atjaunojot pļavu vai ganību, mainās augu sabiedrības, kādas tur augs (Rūsiņa, 2008).

Viens no populārākajiem veidiem, kā tiek apsaimniekoti dabiskie zālāji, - liellopu ganīšana. Ganīšanu, kā dabisko zālāju atjaunošanas metodi var izmantot gan mitrās, gan sausās augsnēs (Rūsiņa, 2008). Ir veikts pētījums Somijā, kur Ellenberga rādītāju vērtības, parādīja, ka ganības ir palielinājušas sugu skaitu zālajos slāpekļa nabadzīgās augsnēs, ar augstu gaismas intensitāti un zemu augsnes mitrumu, tomēr sugas samazinājušās augsnēs ar augstu slāpekļa intensitāti. Ganību intensitāte arī iespaido sugu daudzveidību, teiksim lietainās vasarās liellopi tiek mazāk ganīti kā sausās un saulainās, šo faktoru ir grūti ietekmēt. Tomēr liellopi tiek uzskatīti par vislabvēlīgākajiem mājdzīvniekiem, kurus ganot atjauno dabiskos zālājus (Pykala, 2005). Bet tas vai tiek ganītas aitas vai liellopi, nav tik būtiski, cik paša ganīšanas intensitāte (Sochera et al., 2013). Ganīšana negatīvi ietekmē augsnes īpašības zālajos, jo lielle zālējāji nereti izraisa augsnes sablīvēšanos, kas pēc tam paaugstina mitruma noteci veidojot ūdens eroziju. Kā arī liellopi ar nagiem rada tukšumus augsnē, un temperatūrai šajās vietās izmainoties, tiek ierobežota sugu izplatība, tomēr šādas nepilnības zelmenī samazina sugu konkurenci (Ludvíková et al., 2014).

Piemēram, Zviedrijā mērķis ir ar ganību un siena vākšanas palīdzību samazināt barības vielu daudzumu augsnē un palielināt nobiru uzkrāšanos, kas pozitīvi ietekmēs sugu daudzveidību (Pihlgren et al., 2010).

Dabiskos zālājus ir iespējams uzturēt arī pļaujot, tas ir selektīvs veids, kā veicināt sugu attīstību ar augstu sugu daudzveidību un zemu dominanci. Tomēr pļaušana ietekmē ne tikai virszemi, bet arī augsni, kas var atgriezeniski vēlāk radīt ietekmi uz sugām, kuras aug zālājā. Jo tiek traucēta organisko vielu ķīmiskā un bioķīmiskā transformācija un ilgstoša pļaušana noved pie augsnes barības vielu samazināšanās. Piemēram, subarktiskajās pļavās pļaušanas dēļ ir samazinājusies slāpekļa mineralizācija, jo ir traucēta organiskajās vielās esošā slāpekļa transformācija augiem uzņemamā formā un tam ir būtiska ietekme uz augiem (Ilmarinen and Mikola, 2009). Būtiski ir izvēlēties pļaušanas laiku, parasti izvēlās laiku vasaras vidū, kas ir saistīts ar augu fenoloģiju, jo daži augi ir jau noziedējuši, bet daži vēl zied. Barības vielas vēl ir saglabājušās augā un siena vērtība ir lielāka (Rūsiņa, 2008).

1.2. Zemes izmantošanas struktūra un lauksaimniecības zemju apsaimniekošana (esošā prakse un vēsturiskā izmantošana)

Zemes izmantošanas struktūra ir būtiski mainījies pēdējo 20 gadu laikā Vidzemē saistībā ar restrukturizāciju un politiekonomiskās situācijas maiņu (Vanwambeke et al., 2012).

Latvijā lauksaimniecības zemes tiek pamestas, it īpaši sākot no 1990. gada (Ruskule et al., 2012). Atjaunojoties neatkarībai Latvijā, lauksaimniecībā darbība apsīka, par iemeslu kalpoja padomju laiku kolektīvās lauksaimniecības sistēmas sabrukums un cilvēku aizplūšana no laukiem uz pilsētām, labāka darba atalgojuma meklējumos, kā arī zemes reforma, kuras mērķis bija atgriezties pie pirmskara īpašuma struktūras. Periodā no 1991. – 1993. tika atjaunotas apmēram 50 000 zemnieku saimniecības, bet īpašniekiem trūka vēlme, zināšanas vai spējas uzsākt lauksaimniecisko darbību un zeme tika pamesta. Vienīgās Eiropas valstis, kurās laika posmā no 1999. līdz 2000. gadam būtiski palielinājās lauksaimniecības zemju platības bija Spānija, Portugāle un Grieķija (Prižavoite, 2014).

Daudzās apkaimēs, lauksaimniecības zemju pamešana noved pie pēkšņas apmežošanās un tiek zaudēta gan ainava, gan ir arī ievērojamas ekoloģiskās sekas, kad mozaikveida ainavas struktūra kļūst homogenizēta, līdz ar to arī samazinās bioloģiskā daudzveidība (Ruskule et al., 2013). Tomēr tiek aktīvi meklēti risinājumi, lai nenotiktu sekundārā sukcesija un tādējādi samazinātu biotopu un bioloģiskās daudzveidības samazināšanos (Schroedera et al., 2008). Latvijai iestājoties Eiropas Savienībā, palielinājās zemniekiem pieejamie atbalsta maksājumi, taču šajā laikā strauji palielinājās mežu platības, jo lauksaimniecības zemes tika transformētas par mežu zemēm (Prižavoite, 2014).

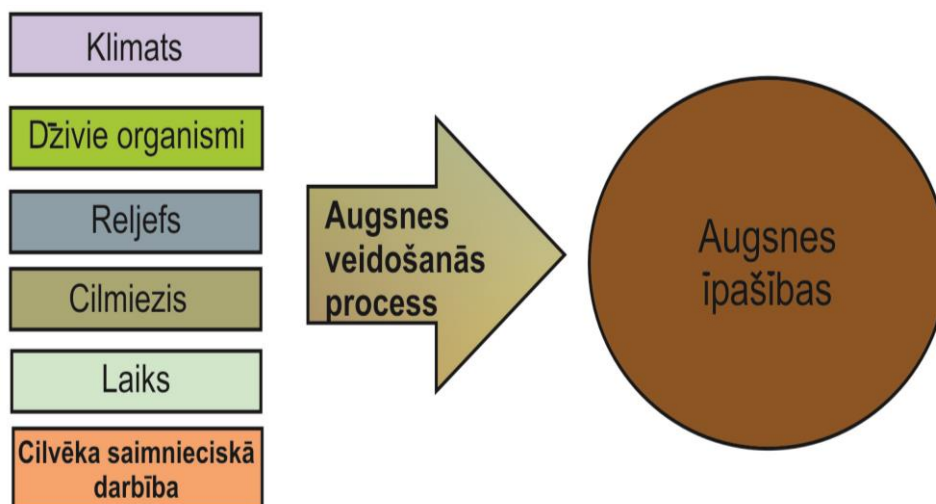
Lēnām aizaugot lauksaimniecības zemēm, izmainās augsnes fauna. Zālājiem apmežojoties pazeminās augsnes faunas biomasa, ogleklis, augsnes elpošana, augsnes paskābinās, tas viss liecina par augsnes auglības vispārēju samazināšanos, pēc zemju apmežošanās (Chen et al., 2008). Apmežošanās ietekmē arī kopējo fosforu un kālija koncentrāciju. ja auglīgās zālāju augsnes tiks transformētas uz meža zemēm, tad samazināsies pH vērtība, attīstīsies barības vielu izskalošanās procesi un podzolēšanās, kā rezultātā samazināsies augsnes auglība virskārtā (Kasparinskis, 2012).

2. AUGSNES, TO FIZIKĀLĀS UN ĶĪMISKĀS ĪPAŠĪBAS UN TO IETEKMĒJOŠIE FAKTORI

Augsne ir viens no galvenajiem elementiem, no visām sauszemes ekosistēmām. Tā nodrošina ar barības vielām labvēlīgu vidi augiem, biomasas veidošanā un degradēšanās procesos (Bradl, 2004). Augsnes veidošanās faktoros (2.1. attēls) apraksta A. Makbratnija (McBratney et al., 2003) papildinātais vienādojums, izsakot to šādi:

$$S = f(s, c, o, r, p, a, n),$$

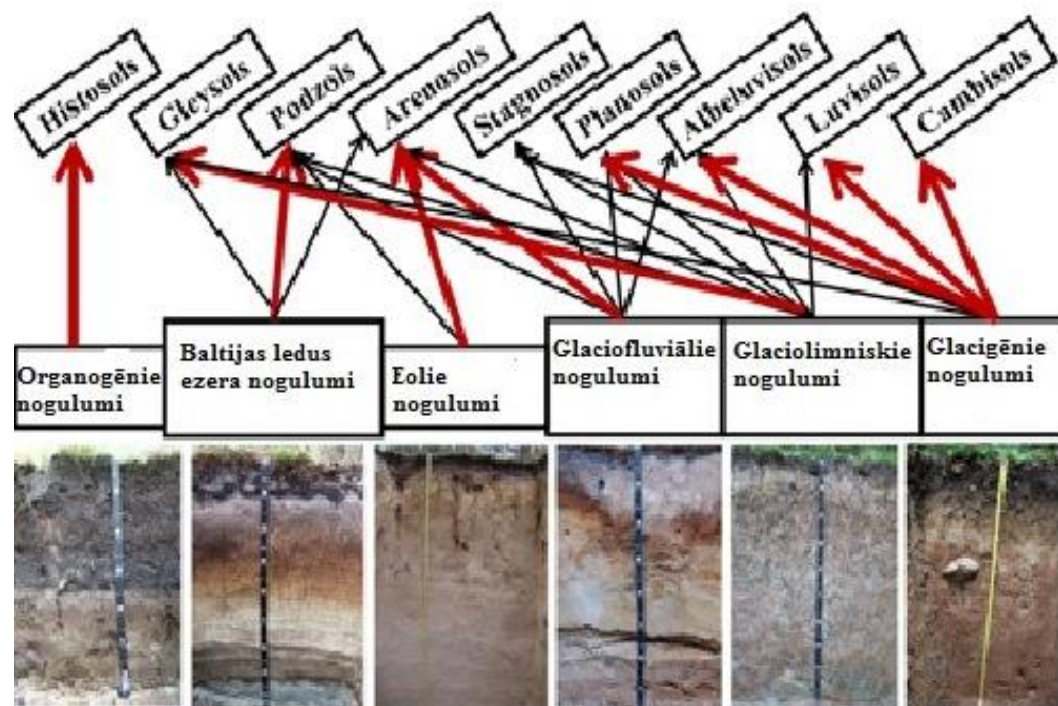
saglabājot apgalvojumu, ka augsnes un augsnes īpašības ir funkcija no šādiem ietekmējošiem faktoriem: augsnes īpašības (s), klimats (c), dzīvie organismi (o), reljefs, ainavu atribūti (r), cilmiezis, litoloģiskais sastāvs (p), augsnes veidošanās laiks (a), ģeogrāfiskā novietojuma prognoze (n) (Gray et al., 2009). Augsnes tipus klasificē pamatojoties uz tās īpašībām un pazīmēm (organisko vielu saturs, pH, mālu saturs) un augsnes horizontiem (trīsdimensiju struktūras, kas satur vienu vai vairākas augsnes īpašības) (Gray et al., 2009).



2.1. attēls. Dabas un cilvēku faktoru ietekme uz augsnes veidošanos

(Nikodemus u.c., 2008)

Boreālajā apgabalā, kurā atrodas Latvija, atbilstoši starptautiskajai FAO WRB augšņu klasifikācijai, smiltāju teritorijās ir sastopamas Podzols, Cambisols, Arenosols, Fluvisols, Umbrisols, savukārt mitruma režīma ietekmē sastopamas Gleysols un Stagnosols, savukārt relatīvi smaga granulometriskā sastāva teritorijās ir sastopamas Luvisols, Albeluvisols augšņu pamatgrupas (3.1. attēls). Teritorijās, kur notiek organogēno nogulumu uzkrāšanās – sastopamas Histosols augšņu pamatgrupas. Ir konstatēts, ka līdz ar māla un putekļu daļiņu īpatsvara palielināšanos, palielinās arī augšņu daudzveidība (Kasparinskis, 2012).



3.1.attēls. Ģeoloģisko nogulumu un augšņu pamatgrupu izplatības sakarības Latvijā
(Kasparinskis, 2012)

Bakalaura darba ietvaros veiktajā pētījumā tika konstatēts, ka Vidzemes centrālajā daļā dabiskie zālāji atrodas uz Stagnosols, Luvisols, Cambisols, Calcisols, Histosols, Fluvisols, Anthrosols un Planosols augšņu pamatgrupām (Matuko u.c., 2015).

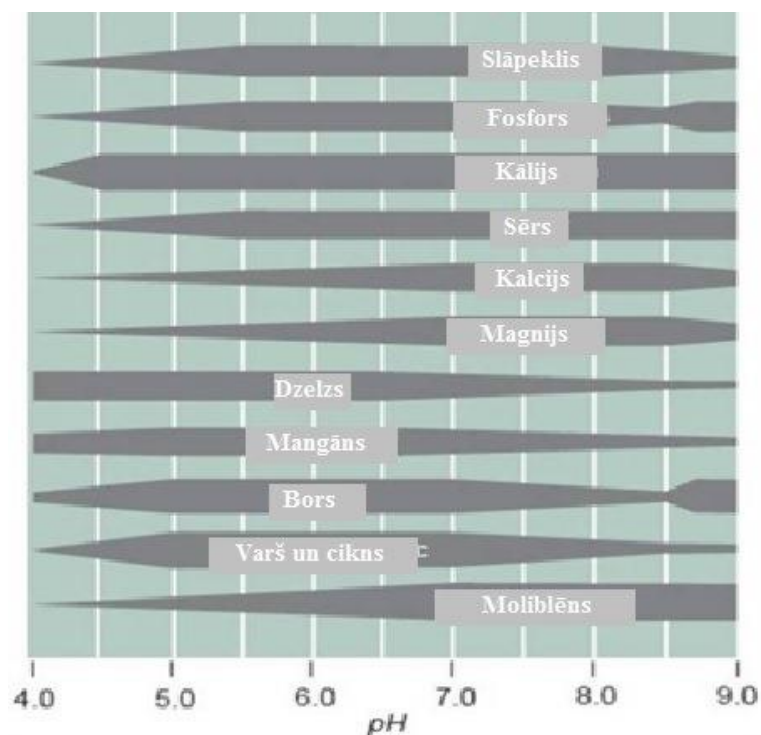
Augsnes organiskās vielas un dažādi fizikālie rādītāji ir būtiski augsnes kvalitātei un tiem ir liela loma augsnes ražotspējas produktivitātē, piemēram, augsnes aerācija, augsnes agregāti, ūdens plūsmas tieši ietekmē augsnes virsējos slāņus (Huang et al., 2015).

Augsnes aerāciju, gaisa un ūdens režīmu, mikrobioloģisko aktivitāti un temperatūru ietekmē tukšumi starp augsnes agregātiem (Nikodemus u.c., 2008). Augsnes agregātu stabilitāte ir svarīgs rādītājs, lai novērtētu augsnes degradācijas riskus (Stirzaker et al., 1996). Augsnes agregāti un augsnes struktūra ir cieši saistīta ar sakņu attīstību (Thomaz and Fachin, 2014). Uzlabojot augsnes agregātu stabilitāti, samazinās augsnes oglekļa, fosfora un slāpekļa zudumi, palielinās makroagregātu daudzums kopējā un efektīvā porainība. Augsnes kopējā stabilitāte ietekmē ūdens plūsmu un piesārņojuma nonākšanu gruntsūdenī. Svarīgs augsnes cementējošais materiāls un rādītājs ir māla daļiņu īpatsvars un augsnes organiskās vielas. Elementiem, kuri viegli sadalās ir sekundārā loma, tomēr augsnēs ar zemu organisko vielu saturu, brīviem dzelzs un alumīnija oksīdiem ir svarīga loma augsnes granulometriskajā sastāvā. Kad mikroagregāti veidojas savienojoties ar daudzvērtīgajiem katjoniem (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+}) un humusu, tie uzrāda augstu stabilitāti. Un otrādi, ja mikroagregāti saistās ar vienvērtīgo Na^+ , un tajā atrodas liels māla daļiņu īpatsvars, sastopama augsne ar smagu granulometrisko sastāvu (Jakšik et al., 2015) uz smaga granulometriskā sastāva augsnēm,

augiem rodas grūtības uzņemt ūdeni un minerālvielas, jo saknēm ir traucēti apstākļi iekļūt dziļāk augsnē. Savukārt smilšainās augsnēs šis efekts ir apgriezti proporcionāls - kontakts starp saknēm un augsni ir tik vājš, ka augiem ir grūti uzņemt barības vielas (Stirzaker et al., 1996). Augsnes fizikālās īpašības ietekmē lauksaimniecības prakse, piemēram, augsnes apstrāde, zemkopības sistēma un mēslošana. Intensīva zemkopība var palielināt augsnes sablīvēšanos, samazināt augsnes stabilitāti, pastiprināt zaudējumus ūdens noteces un erozija dēļ (Huang et al., 2015).

Augsnes ķīmisko sastāvu nosaka ļoti daudzi faktori – ģeoloģiskie nogulumi, granulometriskais sastāvs, antropogēnā ietekme, tanī skaitā augsnes iekultivēšana utt.

Viens no svarīgākajiem rādītājiem ir **augšnes pH**. Augšnes reakcija ir būtiska īpašība, kas ietekmē augu augšanu un dažādu ķīmisko elementu uzņemšanu augos (4.3. attēls). Katram augam ir optimālais pH intervāls, lielai daļai kultūraugu tas ir pH_{KCl} 6.5-7.0 pH (Nikodemus u.c., 2008).



4.3.attēls. pH ietekme uz ķīmisko elementu uzņemšanu augos
(Kingwell, 1981)

Augiem ir svarīga augsnes pH vērtība, tā ir atkarīga no augsnes buferspējas (Bahr et al., 2012). Augsnes buferspēja ar augsnes cieto fāzi saistīto jonu spēja pretoties to koncentrācijas izmaiņām augsnes šķīdumā (Nikodemus u.c., 2008). Augsnes buferspēja neitrālās līdz sārmainās augsnēs lielā mērā nosaka ar $CaCO_3$ saturu un katjonu apmaiņas kapacitāti (KAK), un skābie nokrišņi var būtiski samazināt KAK. Smilšainās augsnēs $CaCO_3$ saturs ir

vissvarīgākais faktors, kurš nosaka augsnes bufer spēju, jo KAK ir zems sakarā ar smilšainām augsnēm un zemu organisko vielu daudzumu augsnē. Skābo nokrišņu dēļ CaCO_3 izšķīst un izšķīdušie Ca^{2+} joni izskalojas no augsnes (Bahr et al., 2012). Ir pierādīts, ka pamatā apmaiņas katjoni ir galvenais iemesls, augsnes pH pieaugumam. Kā arī sadaloties augu atliekām izdalās anjoni un katjoni, tie tiek mobilizēti ar augsnes mikrobu palīdzību un arī ietekmē augsnes pH (Xua et al., 2006). Intervāls no pH 6-8 ir vislabvēlīgākais augsnes mikroorganismu darbībai, kuri noārda organiskās vielas (Nikodemus u.c., 2008). Bez tam augi, kuri satur lielu daudzumu organisko slāpekli, piemēram, olbaltumvielas un aminoskābes, kuras augsnē mineralizējās par amonija vai nitrātu joniem. Turklāt amonifikācija producē hidroksila jonus un arī palielina augsnes pH, savukārt nitrifikācijas procesā pH samazinās un augsnes paskābinās (Xua et al., 2006).

Augsne ir sarežģīta un neviendabīga, tā sastāv no vairākām vidēm - cietā fāzē (cilmiezis) satur minerālvielas un organiskās vielas un šķidrā fāzē (augšņu ūdens un augsnes gaiss). Šīm fāzēm ķīmiskos procesos mijiedarbojoties vienai ar otru, augsnē nonāk apmaiņas joni (Bradl, 2004).

Augsnē **mangāns (Mn)** ir svarīgs elements, kas aktivizē enzīmus augos, lai veicinātu hlorofila sintēzi un fotosintēzi (Heidak and Schöler, 2014). Mangāna deficīts ir bīstams augu hloroplastiem, tas ietekmē ūdens sadalīšanās sistēmas. Mangāns kļūst toksisks augiem, kad izkrīt lielos daudzumos ar skābajiem nokrišņiem. Samazinoties pH, apmaiņas mangāns Mn^{2+} daudzums pieaug augsnes šķīdumā. Šis Mn^{2+} ir pieejams augiem (Millaleo et al., 2010).

Augsnē mangāna bioķīmija ir sarežģīta, tas ir vairākās oksidācijas formās (Mn , Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+} , Mn^{6+} un Mn^{7+}). Minerāliem sadēdot Mn^{2+} saistās karbonātos un absorbējās uz koloīdu virsmas. Augsnē tas veido konkrēcijas augsnes B horizontā. Mn mijiedarbojoties ar anjoniem un katjoniem iesaistās oksidēšanās reducēšanās procesos. Gan pH, gan oksidēšanās reducēšanās procesi augsnē ietekmē Mn bioloģisko apriti. Vairumā skābo augšņu pie $\text{pH} < 5,5$ un paaugstinātu redokspotenciālu Mn, mangāna oksīdi pārvēršās par apmaiņas joniem. Oksidējoties mangāns kļūst grūtāk pieejams augiem, savukārt reducējoties tas kļūst kustīgāks (Millaleo et al., Nikodemus u.c., 2008).

Kālijs (K) sastāda 2,1 – 2,3 % no Zemes garozas esošajiem elementiem (Zörba et al., 2014), citos literatūras avotos līdz pat 2,6 % ir minēts (Maathuis, 2009). Tas ir galvenais makroelements, kurš iesaistās daudzos nozīmīgos procesos augiem, - fotosintēzē, olbaltumvielu veidošanā, šūnu paplašināšanā, kā arī uzlabo kultūraugu fizisko kvalitāti un izturību pret slimībām (Yanga et al., 2014).

Augsnēs, kuras ir izmantotas lauksaimniecībā, kālijs ir sācis trūkt, it īpaši smilšainās augsnēs un organiskajās augsnēs. Minerāla formā kālija saturs augsnē parasti ir 0,04 – 3 %.

Tomēr lielākā daļa kālija (90-98%) ir iekļauts augsnes kristāliskā režģa struktūrā un nav tiešā veidā pieejamas augiem. Kālija formas augsnē var iedalīt četrās grupās, atkarībā no tā pieejamības augiem – kālija joni augsnes šķīdumā, apmaiņas kālijs K^+ , fiksētais jeb grūti apmaināmais kālijs un minerālu struktūrā ietilpstošais kālijs. Ūdenī šķīstošais kālijs ir tieši pieejams augiem un mikroorganismiem, apmaiņas kālijs elektrostātiski saistās ar māla minerāliem un humusa vielā, apmaiņas jonu K^+ , būs biežām sastopams mālainās augsnēs (Zörba et al., 2014). Pētījumi pierāda, ka fiksētais kālijs ir kālija rezerve augsnē, kālijs lēni atbrīvojas no mālu minerāliem un organiskā materiāla. Kālija daudzumu augsnē ietekmē minerālu daļiņas sadalījums un augsnes minerālvielas. Kālijs ir sastopams visvairāk vizlās un illtos, kuri ir māla minerāli un tiem sabrūkot atbrīvojas kālijs (Jalali, 2008).

Kalcijs (Ca) ir sārmezemju metāls, kurš ir bieži sastopams litosfērā, dēdēšanas un izskalošanās procesos, kalcijs var tikt iznests no augsnes. Visvairāk tas tiek izskalots pārmitrās un nemeliorētās augsnēs. Izskalošanos nosaka arī zemes lietojuma veids, daudzgadīgajos zālajos kalcijs izskalojas mazāk nekā lauksaimniecības zemēs. Kad notiek Ca^{2+} jona izskalošanās augsnes pH paskābinās, augsnes ar zemu pH parasti ir arī maz Ca^{2+} jonu. Apmaiņas Ca^{2+} joni smilšainās augsnēs ir apmēram 400-600 ppm, mālainās un organiskās augsnē 600–1000 ppm (Maathuis, 2009; Nikodemus u.c., 2008; Kelling and Schulte, 2004). Augsnes kuras veidojušās uz māla un kaļakmeņiem cilmiežiem kalcijs ir sastopams visvairāk. Kaļķainās augsnēs fosfora daudzums ir ierobežots, jo tas pārsvarā atrodas kalcija nešķīstošajos ķīmiskajos savienojumos, tiek veicināta sugu daudzveidība, augiem kuri pielāgojušies šādiem apstākļiem (Bahr et al., 2012).

Augiem kalcijs ir nozīmīgs augšanas procesā tās ietilpst šūnapvalkā un nodrošina tā stabilitāti. Kalcija deficīts samazina nitrātu uzņemšanu un olbaltumvielu sintēzi (Nikodemus u.c., 2008). Uzņemtais kalcija daudzums ir atkarīgs no transpirācijas ātruma, piemēram, vēsās un apmākušās dienās augiem samazinās uzņemtais kalcija daudzums. Auga šūnā esošie karboksilgrupas elementi spēj elektrostātiski koordinēt Ca^{2+} šādu procesu rezultātā piešķirot stingrību šūnu sienai (Nikodemus u.c., 2008; Kelling and Schulte, 2004).

Nātrijs (Na) augsnēs ir sastopams gan slikiātu, gan alumosilikātu sastāvā. Augsnes sāļums ir faktors, kurš ierobežo augu izplatību lauksaimniecības zemēs. Augsnes sāļums, kļūst nozīmīgs faktors, ja pārsniedz augu tolerances līmeni. Pārlietu daudz nātrijs uzkrājas augsnē, kuras ir slikti drenētas (Güler et al., 2014; Nikodemus u.c., 2008).

Alumīnijs (Al) sastopams oksīdu un alumosilikātu formā Zemes garozā. Tas ir sastopams apmēram 7% no Zemes garozas (Matsumoto and Motoda, 2012; Krstic et al., 2012). Alumīnijam ir sarežģītas ķīmiskās formas un bioloģiskās funkcijas. Alumīnija formas ir atkarīgas no augsnes pH. Al^{3+} dominē skābās augsnēs zem pH 4.5 (Matsumoto and Motoda,

2012). Augsnēs ar augstu Al^{3+} jonu daudzumu augiem ir grūtības ar sakņu augšanu, šāda reakcija ir saistīta ar Al^{3+} un karbonskābēm un pektītiem augu saknēs, Al^{3+} kavē sakņu mitozī (Krstic et al., 2012).

Dzelzs (Fe) ķīmiskās dēdēšanas rezultātā augsnē tiek atbrīvoti Fe^{3+} uz citi elementi, kuri atrodas pamatiežos un nogulumiežos. Atkarībā no dažādām augsnes īpašībām – mitruma, augsnes temperatūras, augsnes skābuma un reducēšanās – oksidēšanās procesiem (Baumann et al., 2014). Lielākā daļa dzelzs augsnē ir silikātos un dažādās proporcijās dzelzs oksīdu fāzēs minerālos – hematīts (Fe_2O_3). Pētījumi ir pierādījuši, ka mobilizācija, absorbcija un nokrišņi var izraisīt Fe izotopa frakcionēšanos (Schuth et al., 2015) augsnē sastopams Fe^{2+} un Fe^{3+} formā. Augsnes pH un aerācija nosaka, kurā formā dzelzs jons atrodas augsnē. Augsnes oksīdi un hidroksīdi augsnē nosaka augsnes krāsu, - brūnos un brūngandzeltenīgo toni augsnes horizonti iegūst, ja tajā atrodas Fe^{3+} kopā ar humīnskābēm (Bhs un Bs), savukārt zilganpelēko Fe^{2+} (E horizonts), (Shuulet, 2004; Nikodemus u.c., 2008). Dzelzs ir svarīgs uzturvielu piegādātājs augiem no augsnes. Tomēr dzelzs pieejamību rizosfērā ierobežo zemā neorganiskā dzelzs šķīdība, kura nav pietiekama augu vajadzībām. Lai palielinātu dzelzs pieejamību, augi izraisa ķīmisku procesu, kas palielina dzelzs šķīdību (Guelke et al., 2010).

Magnijs (Mg) sastāda 2,7 % no Zemes garozas, vairāku minerālu sastāvā tas ir atrodams – biotīta, amfibola, dolomīta, olivīna. Tā daudzums augsnē svārstās no 0,05 – 0,5 %. Pateicoties tā hidratācijas apvalkam, Mg^{2+} , tas vāji absorbējas uz augsnes daļiņām ir vāja un tas bieži mēdz izskaloties un trūkt (Maathuis, 2009; Shuulet, 2004). Magnija daudzumu augsnē ietekmē jonu apmaiņas procesi (Opfergelt et al., 2014). Magnija joni atrodas uz māla un organiskajām daļiņām. Magnija apmaiņas joni ir pieejami augiem, bet nav viegli uzņemami. Augiem tas ir svarīgs, jo tam ir liela nozīmē fotosintēzē un tas pozitīvi ietekmē karotīna uzkrāšanos (Shuulet, 2004).

Augsne ir svarīga komponente **organiskā oglekļa un slāpekļa** aprites ciklos.

Augsne ir otrais lielākais organiskā oglekļa „turētājs”, viens no svarīgākajiem biosfēras komponentiem, zemes lietojuma maiņa lauksaimniecībā ietekmē augsnē esošos oglekļa krājumus un līdz ar to rada siltumnīcas efektu (Lugato et al., 2014). Zemes lietojuma maiņas dēļ apmēram 20 % no siltumnīcas efekta gāzēm (SEG) ir nonākušās atmosfērā (Datta et al., 2015). Ilgtermiņa eksperimenti ir apstiprinājuši, ka organiskais ogleklis augsnē ir ļoti jutīgs pret zemes izmantošanas veidu maiņu, piemēram, zālāju vai mežu pārveidošanu lauksaimniecībā izmantojamajās zemēs. Kā arī mainoties zemes lietojuma veidam, tiek ietekmēta oglekļa plūsma augsnē un augsne aerācija (Martin et al., 2010). Organiskais ogleklis augsnē veicina augsnes auglību. Ogleklis augsnē uzkrājas ne vien 0-30 cm dziļumam, bet arī daudz dziļāk (Datta et al., 2015).

Svarīgs augsnē ir slāpekļa aprites cikls, atšķirībā no citiem elementiem slāpeklis ir inerts un tiešā veidā lielākā daļā organismu nespēj to asimilēt, jo slāpekļa atomus saista nepolārā kovalentā saite un līdz ar to molekula ir ļoti stabila un tās saraušanai ir nepieciešams liels spēks. Būtiska nozīme ir mikroorganismiem, jo tie nosaka slāpekļa savienojumu pārvietošanos. Vidē slāpeklis sastopams šādos savienojumos – amonija sāļi, slāpekļa sāļi un slāpekļa organiskie savienojumi (Nikodemus u.c., 2008). Augsnes ar augtu organisko saturu spēj mineralizēt slāpekli, kuru var izmantot augi, bet līdz ar to, tas var tikt arī izskalots no augsnes. Augsnē noritot imobilizācijas un mobilizācijas procesi, kur svarīga ir C:N attiecība un var notikt vai nu imobilizācija, kad samazinās dzīvajiem organismiem pieejamais skābeklis. Vai mobilizācija, - kad, slāpeklis mineralizācijas procesa rezultātā pārveidojas par amonjaku, veidojot nitrātus, kuri var zust no augsnes (Eglīte, 2010). Ir veikti pētījumi Lielbritānijā, kuri pierāda, ka nogulsņējoties neorganiskajam slāpeklim kalci filo zālāju augsnēs, ievērojami samazinās zālāju sugu daudzveidība (Bahr et al, 2012).

2.1. Augsnes dzīvie organismi

Dzīvajiem organiskiem ir liela nozīme augsne ģenēzē. Augsnes veidošanās process ir cieši saistīts ar vielu bioloģisko apriti, augsnes dzīvnieki sajauc un uzirdina augsnes slāņus. Fitofāgi sasmalcina un paātrina organisko augu atlieku sadalīšanos. Augsne mikrobioloģiskajai aktivitātei ir sezonāls raksturs. Lielāka tā ir siltajos periodā, bet mazāka – vēsajā un arī sausajā periodā. Ziemas sezonā tā nav novērojama (Nikodemus u.c., 2008).

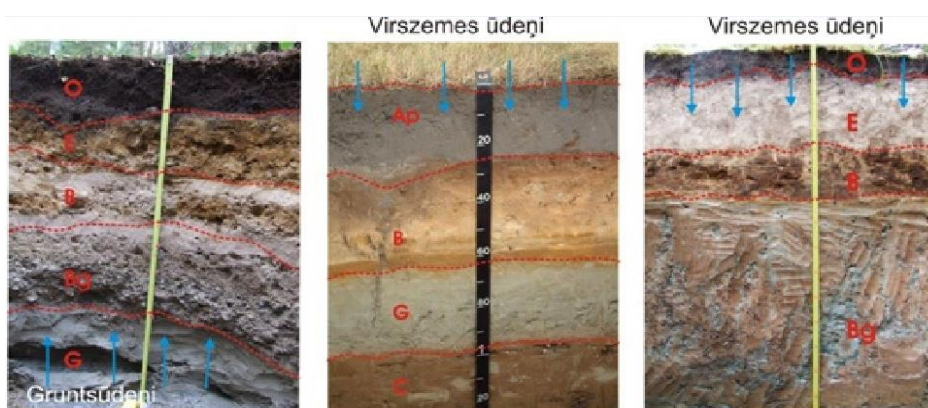
Augsnes biotai ir svarīga loma zālāju ekosistēmā un to bagātībā. Daudzveidīgs sugu sastāvs zālajos veicina barošanās aktivitāti augsnes faunas kustībā un veidojas labs mikroklimats un resursu pieejamība, barošanās aktivitāte augsnes faunā arī palielinās, ja slieku biomasas daudzumu, tām ir liela ietekme uz augsnes struktūru, jo alu efekts ir svarīgs mainot vispārējās fizikālās īpašības lauksaimniecības zemēs (Birkhofer, 2011). Slieku kustība augsnē palielina augsnes drenāžas spējas (Davidson, 2002). Kā arī - ja ir liela bioloģiskā daudzveidība augsnē palielinās kolembolu daudzums, tā veido būtisku sastāvdaļu augsnes biotā ar blīvumu līdz pat 57 000 īpatņi uz m² zālāju augsnēs. Ir pierādīts, ka tieši bioloģiskā daudzveidība zālajos, būtiski ietekmē augsnes dzīvnieku bagātību augsnē (Alexander, 2011).

2.2. Dabiskie faktori

2.2.1. Klimats un laika apstākļi

Sākoties 21. gs. klimats kļuva sausāks un siltāks un palielinājās nokrišņi (Bucharová et al., 2012), tie izraisa lielāku augsnes erozijas intensitāti un to telpisko izplatību un no tā izrietošās vides problēmas nākotnē (Paroissien et al., 2015), kā arī šīs pārmaiņas palielina varbūtību, ka būs sagaidāmi plūdi, līdz ar to tiek ietekmēti augsnes mitruma apstākļi un sugu pielāgošanās apstākļi. Dažas augu sugas ir pielāgojušās periodiskām izmaiņām, kas ir daļa no sugu dzīves cikla, savukārt citas, tai skaitā daļa dabisko zālāju sugu nav pielāgojušās šādām ekstremālām izmaiņām (Bucharová et al., 2012).

Ar klimatu saistītie procesi tiešā veidā ietekmē teritoriju ģeoloģisko nogulumu veidošanās apstākļus un līdz ar to arī augsnes cilmeņa izplatību un augsnes veidošanās procesus. Klimats nosaka augsnes minerālo daļiņu pārvietošanos un dēdēšanu, kā arī nosaka augsnes zonalitāti t.i. augsnes ģenēzes procesus (lesivēšanos, podzolēšanos, izskalošanos, glejošanos (2.2.1. attēls), organisko vielu akumulāciju, humifikāciju, mineralizāciju u.c.) un augsnes īpašību maiņu atkarībā no teritorijas ģeogrāfiskā platumā (Nikodemus u.c., 2008).



2.2.1.attēls. Nokrišņu un mitruma apstākļu ietekme uz augsnes veidošanos

(Nikodemus u.c., 2008)

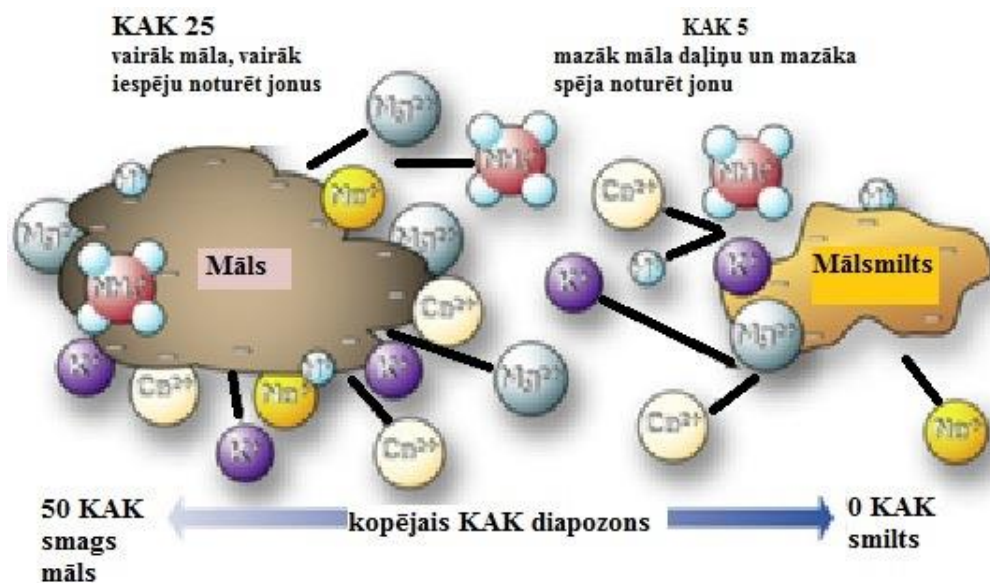
Eiropā lesivēšanās procesa intensitāte palielinās no austrumu reģioniem ar kontinentālu klimatu uz rietumu reģioniem, kurus ietekmē Atlantiskās gaisa masas (Quénard et al., 2011).

Piemēram, CO₂, kurš atrodas atmosfērā un no kura rodas organiskais ogleklis, kurš uzkrājas augsnē, tas piedalās karbonātu un silikātu minerālu dēdēšanas procesos, nodrošinot Ca²⁺ un citu katjonus augsnē (Qafoku, 2015). Svarīgs augsnes auglības rādītājs, kuru stipri ietekmē klimats ir augsnes mitrums, tas ietekmē augu produktivitāti un sugu izdzīvošanu, un

tam ir nozīmīga ietekme uz bioloģiskajiem cikliem. Piemēram, augu CO₂ asimilācija, kura ir saistīta ar ūdens zudumiem transpirācijas procesā un fotosintēzes procesos. Veģetācijas izmaiņas un dinamika bieži vien ir saistīta ar klimatiskajām un augsnes mitruma izmaiņām (Seneviratne et al., 2010). Dabiskajos zālajos efektīvais augsnes mitrums (nokrišņi mīnus gada potenciālā iztvaikošana) ir noderīgs rādītājs, augsnes ūdens bilance zālajos ir ar ļoti plašu diapozonu, piemēram, stepēs Krievijā, Vidusāzijā vai Ziemeļamerikā potenciālā iztvaikošana pārniedz izkriņķos nokrišņu, sausums var izraisīt krasu samazināšanos sugu daudzveidībā zālajos. Tādēļ boreonemorālajā dabas zona, zālājiem ir potenciāli labi klimatiskie apstākļi (Mason and Zanner, 2005)

2.2.2. Teritorijas ģeoloģiskā uzbūve, augsnes cilmiezis un augsnes veidošanās procesi

Augsnes veidošanās procesā būtiska nozīme ir ģeoloģiskajiem nogulumiem un augsnes cilmiežim. Viens no būtiskākajiem faktoriem, kurš ietekmē ķīmisko elementu koncentrāciju augsnē un ģeoloģiskie nogulumi (Kanellopoulos and Argyraki, 2013). Latvijā augsnes ir veidojušās pārsvarā uz glaciālajiem nogulumiem (ledāja veidotiem), kā arī daudzviet ir sastopami glaciģenie, jūras, eolie, aluviālie un purva nogulumi (Nikodemus u.c., 2008).



2.2.2.attēls. Granulometriskā sastāva ietekme uz apmaiņas katjonu pieejamību augiem (Granco minerāls, s.a.)

Augsnes kuras veidojušās uz kaļķainiem cilmiežiem ir atšķirīgas no tām, kuras veidojušās uz smilšainiem cilmiežiem, kuros ir daudz silikātu minerālu. Augsnes, kuras veidojušās uz karbonātiskiem cilmiežiem biež vien ir auglīgākas un satur brīvos karbonātus, nekā tas augsnes, kuras veidojušās uz smilšainiem cilmiežiem, kuras ir mazs māla daļiņu, parasti tās ir relatīvi mazauglīgākas (Sedov et al., 2008).

Daudzi procesi ir nozīmīgi augsnes veidošanās stadijā – lesivēšanās, podzolēšanās un glejošanās (Pidwirny, 2013).

Minerālu sastāvam augsnes cilmiezī ir būtiska ietekme uz augsnes veidošanos. Augsnes īpašības nosaka minerālu sastāvs, kā arī augsnes granulometriskais sastāvs (2.2.2. attēls).

Māla minerāli ir ļoti jutīgi pret vides izmaiņām (Drewnik et al., 2014), nokrišņu ietekmē attīstas lesivēšanas process, kas norisinās vairāku tūkstošu gadu laiku. Veidojas būtiska, vertikāla māla un citu minerāldaļu kustība no E horizonta (izskalošanās horizonts) uz B horizontu (ieskalošanās horizonts). Ir veikts pētījums Polijā, kur lesa augsnēs augšējos horizontos ir zemākas apmaiņas Ca^{2+} un Mg^{2+} , kas ir skaidrojams ar izskalošanos (Drewnik et al., 2014).

Lesivēšanās process norisinās simtiem, pat tūkstošiem gadu, to parasti identificē pēc māla daļiņu uzklājumiem. Veidojas Bt horizonts, kurā uzkrājušās vairāk māla daļiņas nekā virs un zem tā esošajos horizontos (Quénard et al., 2011; Nikodemus u.c., 2008). Minerālu sastāvu lesa augsnēs kontrolē augsnes īpašības, piemēram, karbonātu klātbūtne, minerālu sastāvs ir atkarīgs no augsnes drenētības. Kalcija klātbūtne lesā augsnēs ir būtisks faktors, šo augšņu ģenēzē un evolūcijā, no lesa augsnēm, kurās nav karbonātu minerāli (kalciji), veidojas Luvisols un Albeluvisols. No karbonātiskām lesa augsnēm veidojas Chernozems (Drewnik et al., 2014).

Podzolēšanās process saistās ar mēreniem platumu grādiem un skujukoku veģetāciju. Sadaloties skābajām skuju nobirām notiek augsnes paskābināšanās, noritot barības vielu izskalošanās procesam izveidojas gaiši pelēks horizonts, zem A horizonta, kurš ir ar barības vielām nabadzīgs (Pidwirny, 2013). Podzolēšanās process norit lēnāk glaciģēnajos nogulumos (mālsmits un smilšmāls), jo šajos nogulumos ir samērā liels putekļu un māla daļiņu īpatsvars, augsta pH vērtība, un kopējā Mn, K un Ca daudzums augsnes cilmiezī (Kasparinskis, 2012).

Glejošanas process saistāms ar augsnes sliktu drenāžu. Prasti šādas augsnes atrodas uz smaga granulometriskā sastāva nogulumiem (glaciolimniskajiem un morēnas). Glejošanās procesā ir augsnē patstāvīgi ir pārmita (glejošanās), ja sezonāli, tad veidojas pseidoglejošanās (Pidwirny, 2013).

Neorganiskā daļā, no organiskā oglekļa, kura uzglabājas augsnē ir CaCO_2 formā, kurš veidojas dēdot silikātiem, Ca un Mg silikātu minerāli reaģē ar izšķīdušo CO_2 un veidojas kalcija karbonāti. Vienkāršota reakcija, kā notiek karbonātu veidošanās process: $\text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_4\text{SiO}_4$ (Washbourne et al., 2012).

2.2.3. Reljefs un nogāzes ekspozīcija

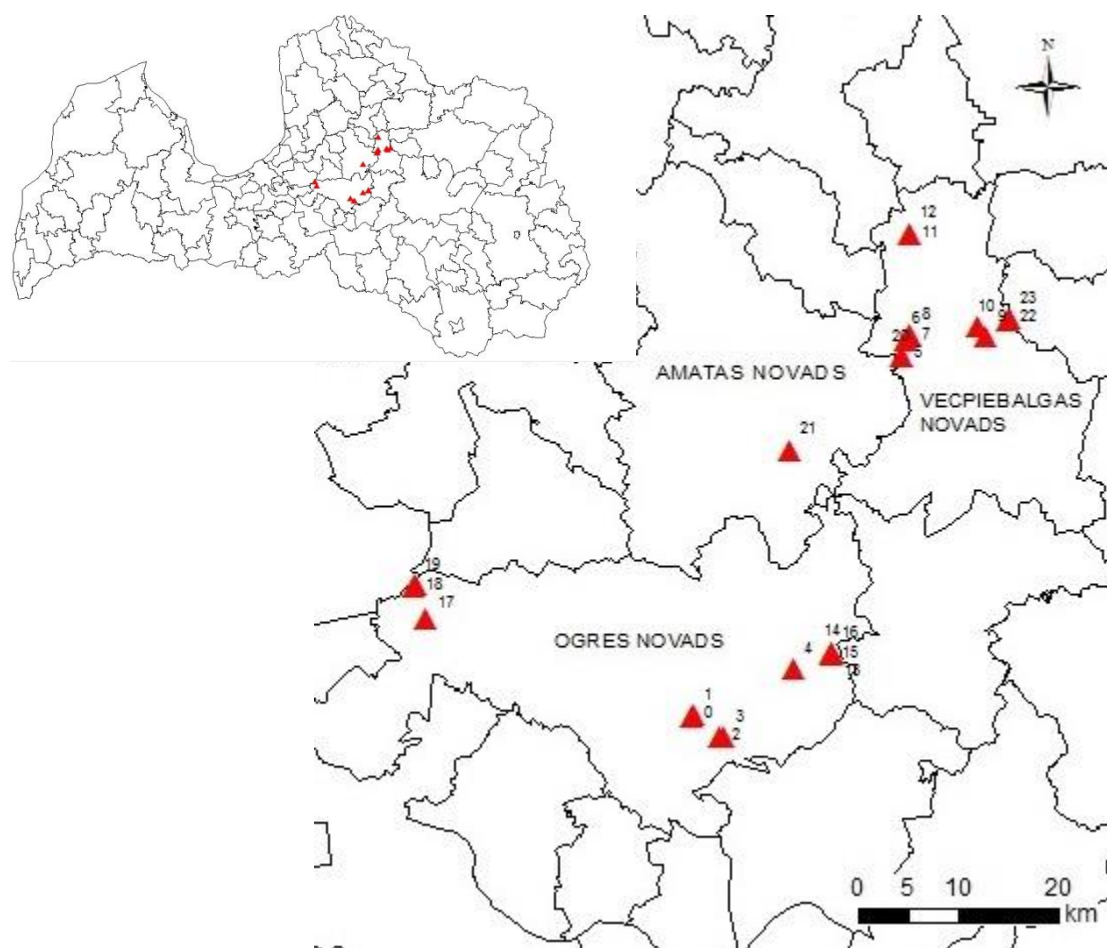
Boreālajā reģionā, kur atrodas arī Latvija, reljefs pārsvarā veidojies ledāju darbības rezultātā, ledāju erozijas veidotas reljefa formas ir ainavas pamats, vietās, kur morēnas paugurainē var sastapt plakānu reljefu, tam ir slikta drenēšana un augsts gruntsūdens līmenis, veidojas glejošanās procesi (Ibáñez et al., 2013; Nikodemus u.c., 2008). Topogrāfiskais novietojums ietekmē nokrišņu intensitāti, temperatūru, solāro radiāciju (Twongyirwe et al., 2012), jo nogāzes slīpuma virziens ietekmē saules solāro radiācijas apjomu, kurš noteiktā vietā nosaka arī augsnes bioloģiskās un ķīmiskās īpašības. Ir pierādīts, ka 22-26 % no augsnes mitruma nosaka tieši solārā radiācija, reljefs nosaka 26 – 68 %, no augsnes mitruma variācijām, slīpumu un slīpuma pozīciju var izmantot, lai novērtētu augsnes mitruma aizturi dažādās vietās (Seibert et al., 2007).

Topogrāfiskajam novietojumam ir svarīga loma arī saistība ar augsnes relatīvo mitrumu (Twongyirwe et al., 2012) un fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām, augsnes erozijas un akumulācijas procesos. Vairāki pētījumi ir pierādījuši, ka augsnes barības vielu līmenis ir augstāks zemākajās reljefa vietās, kas ir skaidrojams ar to, ka erozijas procesu rezultātā zemākajās vietās akumulējās nonestā augsne, uzlabojot barības vielu daudzumu (Teka et al., 2015). Tomēr šādās teritorijās, kurās attīstās gravu veidošanās un augsnes erozija, pauguru virsotnēs samazinās augsnes auglība, jo atdalās uzturvielām bagātā augsnes virskārta un samazinās kultūraugiem labvēlīgi augšanas apstākļi (Kumhálová and Moudrý, 2014). Turklāt zemākajās vietās, ir lielāks ūdens daudzums nekā augstākajās, līdz ar to augsnes periodiski ir biežāk augsnes ir piesātinātas ar mitrumu (Teka et al., 2015).

3. MATERIĀLI UN METODEDES

3.1. Pētījuma teritoriju vispārīgs raksturojums

Par pētījuma etalona teritorijām tika izvēlēti Vecpiebalgas novadā, Taurenē un Dzērbenes pagastā, Jaunpiebalga novadā, Amatas novadā, Zaubes pagastā, kā arī Ogres novadā, Meņģeles, Madlienas un Suntažu pagastos esošie raksturīgākie dabiskie zālāji (no Dabas datu pārvaldības sistēma OZOLS) (3.1. attēls).



3.1.attēls. **Parauglaukumu izvietojums** (izveidojusi autore, izmantojot GIS LAVIJA 10.02)

Pēc fiziogēogrāfiskā novietojuma Vidzeme atrodas Latvijas centrālajā daļā, augsnes eroziju veicina biežā sniega sega ziemā, jo vidēja temperatūra ir zemāka, līdz ar to augsne atkūst lēnāk un ūdens infiltrācija nenotiek tik ātri kā citos Latvijas reģionos. Izkrīt daudz nokrišņu (aptuveni 750 mm gadā), kas veicina augsnes izskalošanos. Nokrišņu ietekmē pauguru piekāvē veidojas brīvie karbonāti (CaCO_3), kuri tur nonāk lietus ūdeņiem skalojoties lejup (Nikodemus u.c., 2008).

Virzienā uz Madlienas nolaidenuma pusi, klimatā notiek pāreja no augstienes uz zemieni. Līdz ar to samazinās nokrišņu daudzums no 750 mm – 500 mm gadā. Vidzemes centrālajā daļā atrodas Austrumeiropas līdzenuma rietumu daļā, - Vidzemes augstienē un Viduslatvijas nolaidenumā jeb Madlienas nolaidenumā (Nikodemus u.c., 2008;).

Vidzemes augstienes ģeoloģisko uzbūvi nosaka tās atrašanās ledāju darbības zonā. Augstienes lielākajā daļā kvartāra nogulumu segas biezums pārsniedz 60-80 m. Nogulumi labi nodalās virzienā no Vidzemes augstienes uz perifēriju, to nosaka akumulācijas un glaciotehtonisko procesu atšķirības abās zonās. Vidzemes augstienes paugurainie masīvi pārsvarā sastāv no sarkanbrūnas vai brūnas morēnas ar smilti un granti, tikai atsevišķas virsotnes veido glaciofluviālie nogulumi (Markots, 2011). Ir sastopami, kvartāra perioda nogulumi, kas saistāmi ar holocēnu, piemēram, aluviālie nogulumi (smilts, grants), ezeru nogulumi (smilts, aleirīts, dūņas), purvu nogulumi (kūdra), taču purvu nogulumi aizņem daudz mazāku teritoriju nekā iepriekšminētie (Juškevičs, 2002).

Madlienas nolaidenumā atsedzās vairāku augšdevona svītu ieži, - Gaujas, Ogres, Kaltiešu, Amatas, Pļaviņu, Salaspils un Daugavas, kuri ir veidoti no litoloģiski atšķirīgiem ieži. Lielākā daļa no Madlienas nolaidenuma teritorijā esošajiem iežiem ir Ogres svītas, tie sastāv no māla un dolomītmerģeļa ar smilšakmens starpslāņiem. Mālainie ieži ir sastopami gan svītas apakšējā, gan augšējā daļā, līdz ar to tie veido ūdens mazcaurlaidīgu sprostsplāni (Lamsters, 2011).

3.2. Izejas dati

Bakalaura darba projektā un turpmāk darbā izmantota literatūra no starptautiskajiem zinātniskajiem žurnāliem, kas pieejami dažādās datubāzēs:

- Web Of Science, Scopus, Science Direct un Springer Link, kā arī izmantoti elektroniskie resursi un grāmatas.

Tiks izmantoti arī šādi programmatūrā ERSI ArcGis Desktop 10.0 digitalizētie materiāli:

- GIS Latvija 10.02 datu slāņi M 1:10 000

Rezultātu apkopošanā izmantotas veidlapas, kas tika aizpildītas lauka darbu ietvaros (sadarbībā ar docentu Raimundu Kasparinski un Ingusu Liepiņu), veicot:

- augsnes dziļrakumu profilu aprakstīšanu atbilstoši Latvijas un starptautiskajai FAO WRB (2014) augšņu klasifikācijai, t. sk. morfoloģisko īpašību noteikšanu (Kārklīš u.c., 2009);
- augsnes ietekmējošo faktoru (ģeoloģisko nogulumu, novietojuma reljefā) noteikšanu;
- augsnes veidošanās procesu noteikšanu;
- brīvo kalcija karbonātu dziļuma noteikšanu;
- gruntsūdens līmeņa dziļumu.

Augsnes fizikālo un ķīmisko īpašību izejas datu tabula par 93 augšņu paraugiem no 24 dziļrakumu profiliem.

- organiskā oglekļa saturs (%); kopējais slāpeklis (%); apmaiņas katjonu (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) saturs (mg/kg); augsnes reakcijas pH_{KCl} vērtība.

Papildus šiem izejas datiem tika izmantoti docentes Solvitas Rūsiņas un Jekaterinas Matuko veģetācijas apraksti, pēc Brauna-Blanke metodes.

3.3. Pētījuma metodes

Lauka darbu metodes:

Pētījums veikts Vidzemē 24 parauglaukumos, kuri izmantojot transektu metodi, tika izvietoti izplatītākajos dabiskajos zālajos. Parauglaukumos tika aprakstīta veģetācija, ko veica J. Matuko un docente S. Rūsiņa (izmantojot Brauna-Blankē metodi). Bakalaura darba autore veica augšņu noteikšanu atbilstoši Latvijas un starptautiskajai FAO WRB (2014) augšņu klasifikācijai, kā arī tika noteikti ģeoloģiskie nogulumi, brīvo kalcija karbonātu dziļums, gruntsūdens līmeņa dziļums. Veikta profila fotofiksācija. Augsnes paraugi tika ņemti no ģenētiskajiem horizontiem un katra slāņa paņēmot augsnes paraugu 3 atkārtojumos, no kuriem tika izveidots homogenizētais paraugs, pievienojot informāciju ar parauglaukuma numuru un augsnes slāņa dziļumu. Ar GPS (Globālo pozicionēšanas sistēmu - Magellan), koordinātes tika izmantotas, lai izveidotu kartogrāfisko materiālu.

Augsnes fizikālo un ķīmisko analīžu noteikšanas un datu apstrādes metodes:

LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē augsnes paraugi tika izžāvēti līdz gaissausam stāvoklim. Pēc tam minerālaugsnes paraugi tika saberzti un izsijāti caur 2-mm sietu. Ķīmiskās analīzes veiktas 3 atkārtojumos.

Pēc tam tika uzsākta paraugu fizikālās un ķīmiskās analīzes un noteikts: apmaiņas katjonu (Ca^{2+}), (Mg^{2+}), (K^+) (Na^+), (Mn^{2+}), (Al^{3+}), (Fe^{+3}) koncentrāciju (mg/kg) un augsnes pH_{BaCl_2} .

- Apmiņas katjoni (Ca^{2+}), (Mg^{2+}), (K^+) (Na^+), (Mn^{2+}), (Al^{3+}) un (Fe^{+3}) $BaCl_2$ šķīdumā noteikti ar atomabsorbcijas spektrometru *Pekin Elmer Analyst 200*;
- brīvie karbonāti ar 4 M HCl šķīdumu;
- Augsnes reakcija pH_{BaCl_2} vērtības noteiktas, izmantojot pH-metru *WTW inolab* ar stikla elektrodu. Šķīduma un tilpuma masas attiecības 1:5;

- granulometriskais sastāvs noteikts, izmantojot slapjās sijāšanas un sedimentācijas (pipetēšanas) metodi. Granulometriskā sastāva grupas tika noteiktas izmantojot nomogrammu;
- kopējais N un C ar *EuroEA* elementu analizatoru 3000, 980 grādos. Par augsnes standartu izmantots *Euroverta s.p.a. ViaTortona 5*.

Lai datus būtu iespējams statistiski apstrādāt tik izveidota datu tabula MS Exel programmā ar augšņu ķīmisko datu rezultātiem. Augšņu fizikālo un ķīmisko analīžu rezultātu dati tika statistiski apstrādāti izmantojot: galveno komponentu analīzes PC-ORD 5.0 programmu.

Bakalaura darba teksta ievade un noformēšana tika veikta MS Word 2010 un MS Exel 2010 vidē.

4. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

4.1. Dabisko zālāju augšņu telpiskā izplatība Vidzemes centrālajā daļā

Vidzemes centrālajā daļā dabiskie zālāji ir izplatīti uz daudzveidīgām augsnēm, kuras veidojušās un atšķirīgiem kvartāra nogulumiem (4.1. tabula): glaciģēnajiem (6 parauglaukumi), glaciolimniskajiem (7 parauglaukumi), glaciofluviālajiem (6 parauglaukums), aluviālajiem (4 parauglaukumi) un purva (1 parauglaukums) nogulumiem.

Augstāka augšņu daudzveidība raksturīga **glaciolimniskajiem nogulumiem** – velēnu podzolaugsne (*Luvisols*), velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne (*Luvisols*; *Stagnosols* 2 *paraugl.*), velēnu glejaugsne (*Gleysols*), velēnpodzolētā glejotā augsne (*Stagnosols*), apraktā kūdrainā glejaugsne (*Anthrosols*). **Glaciofluviālajos nogulumos** – velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne (*Stagnosols*) 2 *paraugl.*, rendzīna (*Calcisols*), velēnu podzolaugsne (*Cambisols*), zemā purva kūdraugsne (*Histosols*) un velēnpodzolētā glejaugsne (*Stagnosols*). **Glaciģēnajos nogulumos** – velēnu podzolaugsne (*Luvisols*, *Arenosols*), velēnu glejotā augsne (*Albeluvisols*), velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne (*Stagnosols*), velēnpodzolēta glejaugsne (*Stagnosols*) un velēnpodzolēta glejotā augsne (*Luvisols*). **Aluviālajos** nogulumos sastopamas: kārtainā aluviālā augsne (*Fluvisols*), velēngleja aluviālā augsne (*Fluvisols*), graudainā aluviālā augsne (*Fluvisols*) un velēnpodzolētā pseidoglejotā augsne (*Planosols*). Kā arī uz purva nogulumiem ir sastopams viens parauglaukums - velēnglejotā augsne (*Stagnosols*).

Augsnes atrodas zem pieciem dažādiem zālāju biotopiem:

1. 6210 Sausi zālāji uz kalkainām augsnēm (3 *paraugl.*) – rendzīna (*Calcisols*), kārtainā aluviālā augsne (*Fluvisols*) un velēngleja aluviālā augsne (*Fluvisols*).
2. 6230* Vilkakūlas zālājs (5 *paraugl.*) – velēnu podzolaugsne (*Arenosols*), velēnu podzolaugsne (*Cambisols*), velēnpodzolētā glejaugsne (*Stagnosols*) un velēnu glejotā augsne (*Stagnosols*), graudainā aluviālā augsne (*Fluvisols*).
3. 6270* Sugam bagātas ganības un pļavas (6 *paraugl.*) – velēnpodzolētā glejotā augsne (*Luvisols*), velēnu podzolaugsne (*Arenosols*), velēnpodzolētā glejaugsne (*Stagnosols*), velēnu glejotā augsne (*Albeluvisols*), velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne (*Stagnosols*), velēnu glejaugsne (*Gleysols*), velēnu podzolaugsne (*Luvisols*),
4. 6410 Mītri zālāji periodiski izzūstošās augsnēs (9 *paraugl.*) – velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne (*Stagnosols*) (4 *paraugl.*), zemā purva kūdraugsne (*Histosols*), apraktā kūdrainā glejaugsne (*Anthrosols*), velēnpodzolētā pseidoglejotā augsne (*Planosols*) un velēnu glejotā augsne (*Stagnosols*).

5. 6510 Mēri mitras pļavas – velēnpodzolēta virsēji glejotā augsne (*Luvisols*).

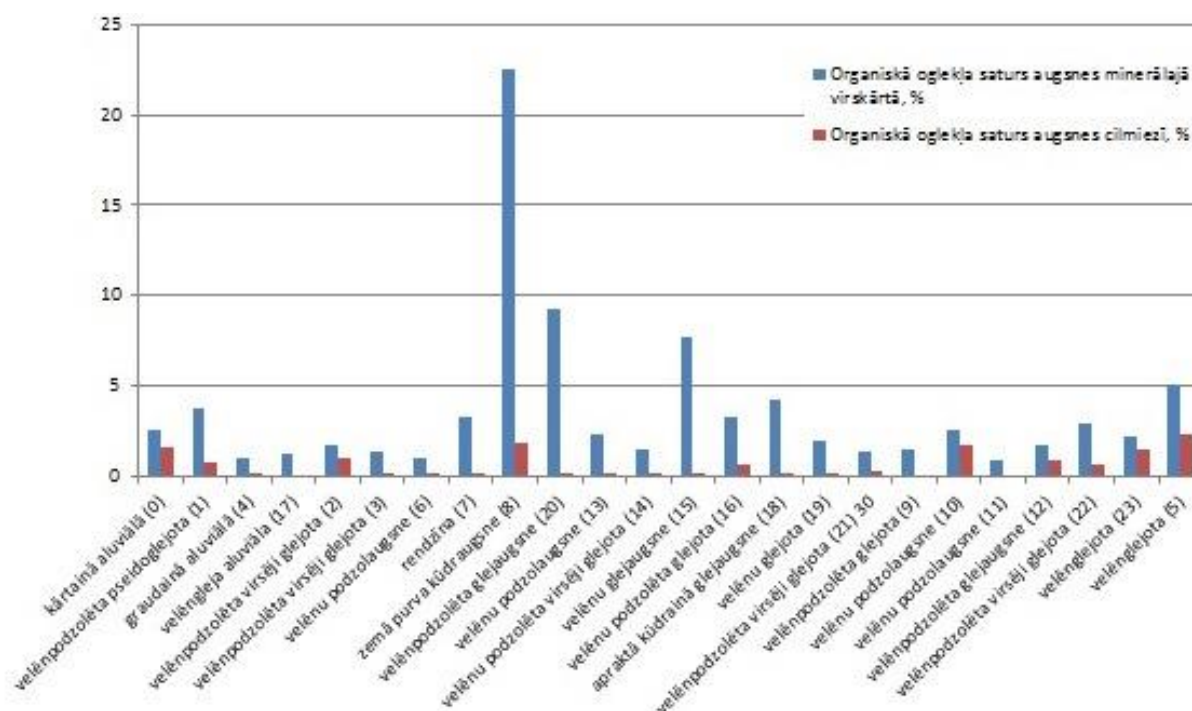
4.1. Tabula

Kvartāra nogulumu un Eiropas Savienības biotopu augsnes pētījuma etalonteritorijās (sastādījusi autore, balstoties uz lauku darbos iegūtās informācijas un J. Matuko un S.Rūsiņas veģetācijas aprakstiem)

#		Glacigēnie nogulumi (6)	Glaciofluviāliem nogulumi (6)	Glaciolimniskie nogulumi (7)	Aluviālie nogulumi (4)	Purva nogulumi/glaciolimniskie nogulumi (1)
6210	Sausie zālāji kaļķainās augsnēs (3)		rendzīna (<i>Calcisols</i>)		kārtainā aluviālā (<i>Fluvisols</i>) velēngleja aluviālā (<i>Fluvisols</i>)	
6230*	Vilkkūlas zālāji (4)	velēnu podzolaugsne (<i>Arenosols</i>)	velēnu podzolaugsne (<i>Cambisols</i>) velēnpodzolēta glejaugsne (<i>Stagnosols</i>)	velēnu glejota augzne (<i>Stagnosols</i>)	graudainā aluviālā augzne (<i>Fluvisols</i>)	
6270*	Sugām bagātas pļavas (8)	velēnpodzolēta glejota (<i>Luvisols</i>) velēnu podzolaugsne (<i>Arenosols</i>) velēnpodzolēta glejaugsne (<i>Stagnosols</i>) velēnu glejota (<i>Albeluvisols</i>)	velēnpodzolēta virsēji glejota (<i>Stagnosols</i>)	velēnu glejaugsne (<i>Gleysols</i>) velēnu podzolaugsne (<i>Luvisols</i>)		
6410	Mitrie zāli periodiski izzūstošās augsnēs (8)	velēnpodzolēta virsēji glejota (<i>Stagnosols</i>)	velēnpodzolēta virsēji glejota (<i>Stagnosols</i>) zemā purva kūdraugsne (<i>Histosols</i>)	velēnpodzolēta glejaugsne (<i>Stagnosols</i>) apraktā kūdrainā glejaugsne (<i>Anthrosols</i>) velēnpodzolēta virsēji glejota (<i>Stagnosols</i>) (2 paraugl.)	velēnpodzolēt ā pseudoglejota (<i>Planosols</i>)	velēnu glejota (<i>Stagnosols</i>)
6510	Mēri mitras pļavas			velēnpodzolēta virsēji glejota (<i>Luvisols</i>)		

4.2. Augsnes ķīmisko īpašību raksturojums

Organiskā oglekļa vidējais saturs cilmiežī mainās no 0.08 % velēnpodzolēta glejota (8 parauglaukums) augsne līdz 2.36 % velēnglejota augsne (5 parauglaukums), savukārt augsnes minerālajā virskārtā organiskā oglekļa vidējais saturs mainās no 0.96 % velēnu podzolaugsne (11 parauglaukums), līdz 22.51 % zemā purva kūdraugsne (8 parauglaukums) (4.2.1. attēls).



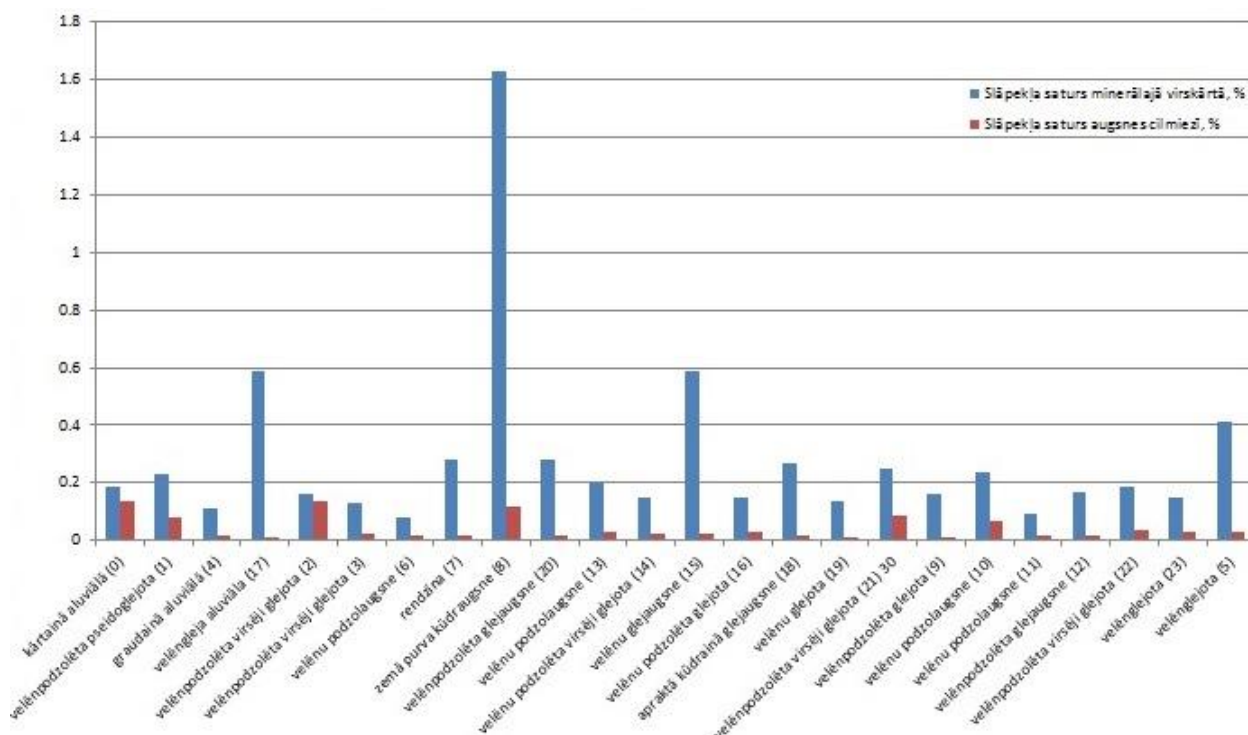
4.2.1. attēls **Organiskā oglekļa vidējais saturs (%) augsnes cilmiežī un minerālajā virskārtā**
(sastādījis autore, izmantojot Danas Prižavoites iegūtos datus)

Organiskā oglekļa saturs mainās augsnē dažādu faktoru ietekmē, piemēram edafisko faktoru dēļ – granulometriskais sastāvs, apmaiņas katjonu kapacitātes, pH un var mijiedarboties ar augsnes mitrumu un veģetāciju, kontrolējot organiskā oglekļa uzkrāšanos un saglabāšanos. Svarīga nozīmē ir daudzvērtīgajam Ca^{2+} jonam (4.2.4. attēls) tā koncentrācija augsnē atvieglo organiskā oglekļa uzkrāšanos, dēļ elektrostātiskā tilta starp māla minerāliem un augsnes organiskā materiāla (O'Brien et al., 2015). Var redzēt sakarības starp Ca^{2+} jonu koncentrācijām un oglekļa saturu augsnēs (4.2.4. attēls un 4.2.1. attēls), tomēr krasi atšķirās zemā purva kūdraugsne (8 parauglaukums), to var skaidrot ar to, ka kūdraugsnes ir viens no lielākajiem pasaules rezervuāriem organiskā oglekļa uzglabāšanā, aptuveni 20 – 25 % no organiskā oglekļa atmosfērā uzkrājas kūdrā (Ryder et al., 2014).

Var novērot tendenci (4.2.1. attēls), ka organiskā oglekļa krājumi ir lielāki glejaušņēs. To var skaidrot ar mitruma apstākļiem, optimāls augsnes mitrums var palielināt organiskā oglekļa uzglabāšanos augsnē veicinot augsnes ražīgumu (O'Brien et al., 2015).

Organiskā oglekļa saturs augsnes cilmiežī un minerālajā virskārtā ir atšķirīgs (3.1. attēls), minerālajā virskārtā tas ir lielāks, nekā cilmiežī, minerālaugsnēs visbiežāk organiskais ogleklis samazinās eksponencionāli ar augsnes dziļumu (Cienciala et al., 2006).

Slāpekļa vidējais saturs cilmiežī mainās no 0.010 velēnpodzolēta glejota augsne (9 parauglauhums) līdz 0.140 velēnpodzolēta virsēji glejota augsne (2 parauglauhums), savukārt augsnes minerālajā virskārtā slāpekļa saturs mainās no 0.0795 % velēnu podzolaugsne (6 parauglauhums) līdz 1.63 % zemā purva kūdraugsne (8 parauglauhums).



4.2.2. attēls Kopējā slāpekļa vidējais saturs (%) cilmiežī un augsnes minerālajā virskārtā

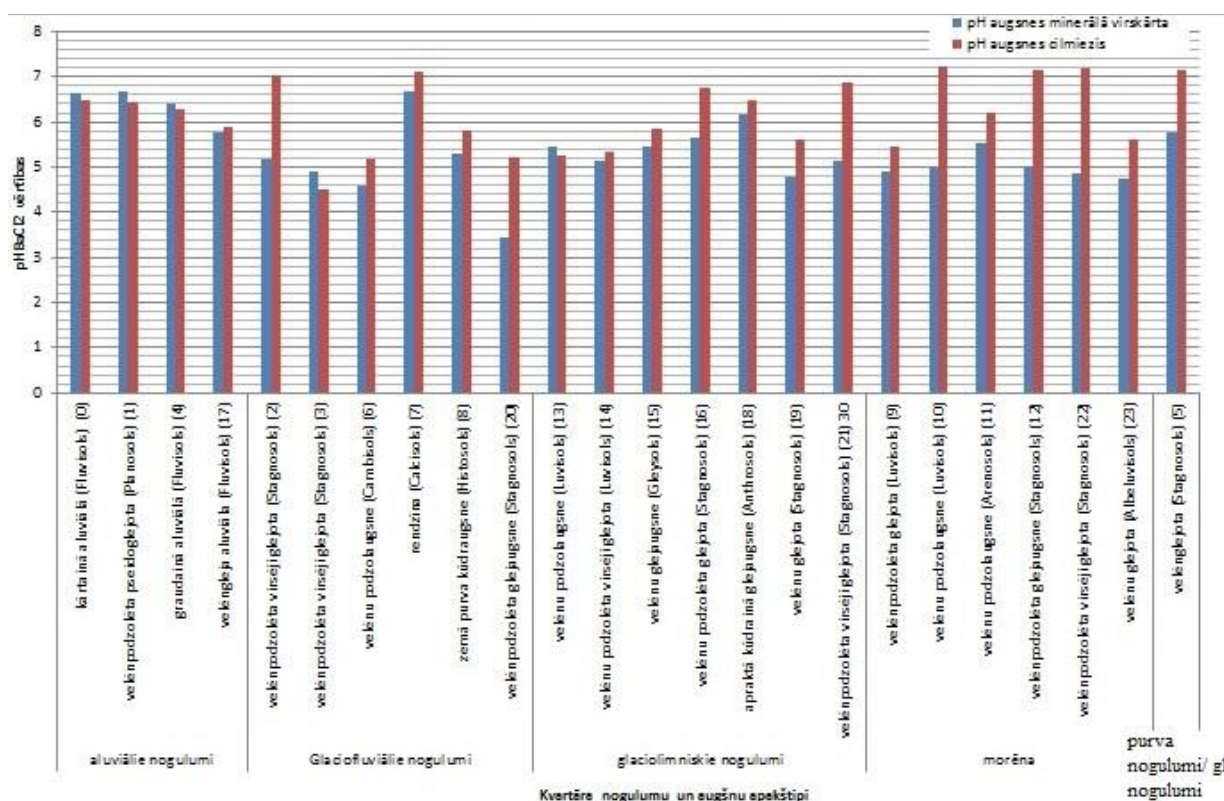
(sastādījusi autore, izmantojot Danas Prižavoites iegūtos datus)

Lielāko slāpekļa vidējo saturu, līdzīgi kā oglekļa vidējo saturu virskārtā var novērot zemā purva kūdraugsnē (8 parauglauhums) (4.2.2. attēls), to var skaidrot ar augsnes organisko izcelsmi un organisko vielu sadalīšanās procesiem.

Pētījumi liecina, ka slāpekļa saturs smilšainās augsnēs ir lielāks nekā mālsmilts augsnēs, kā arī slāpekļa saturs augsnes minerālajā virskārtā ir lielāks nekā cilmiežī, jo atmirušajām augu daļām sadaloties izdalās slāpeklis (Kasparinskis, 2012; Jermušs, 2010).

Kā arī slāpekļa izmaiņas augsnē var radīt, organisko vielu daudzuma izmaiņas, ir veikti pētījumi, kuri pierāda, ka nodarbojoties ar pļaušanu vai cita veida zemes apstrādi, samazinās augsnes organisko vielu apjoms un līdz ar to samazinās slāpeklis augsnē (Zhang et al., 2009).

Analizējot augšņu minerālā virsējā horizonta pH_{BaCl2} un augsnes cilmieža pH_{BaCl2} vidējo vērtību izmaiņas atkarībā no ģeoloģiskajiem nogulumiem (4.2.3. attēls), var redzēt, ka relatīvi augstākas pH_{BaCl2} vērtības augsnes cilmiežī ir uz morēnas nogulumiem. Tās mainās robežās no 5.47 pH_{BaCl2} velēnpodzolētājā glejotajā augsnē (*Luvisols*) līdz 7.24 pH_{BaCl2} velēnu podzolaugsnē (*Luvisols*).



4.2.3. attēls. Augsnes minerālā virsējā horizonta un cilmieža vidējās pH_{BaCl2} vērtības etalonteritorijās (sastādījusi autore, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Uz glaciolimniskajiem nogulumiem augsnes cilmieža pH_{BaCl2} mainās no 5.24 pH_{BaCl2} velēnu podzolaugsne (*Luvisols*) līdz 6.86 pH_{BaCl2} velēnpodzolēta virsēji glejota (*Stagnosols*). Purva nogulumos cilmiežī konstatēts sārmaina pH vērtība – 7.16 pH_{BaCl2} velēnglejota (*Stagnosols*). Glaciofluviālajos nogulumos pH vērtības cilmiežī svārstās visvairāk no 4.49 pH_{BaCl2} velēnpodzolēta virsēji glejota (*Stagnosols*) līdz 7.09 pH_{BaCl2} rendzīna (*Calcisols*). Aluviālajos nogulumos pH vērtība ir no 5.89 pH_{BaCl2} velēngleja aluviāla (*Fluvisols*) līdz 6.46 pH_{BaCl2} kārtainā aluviālā (*Fluvisols*).

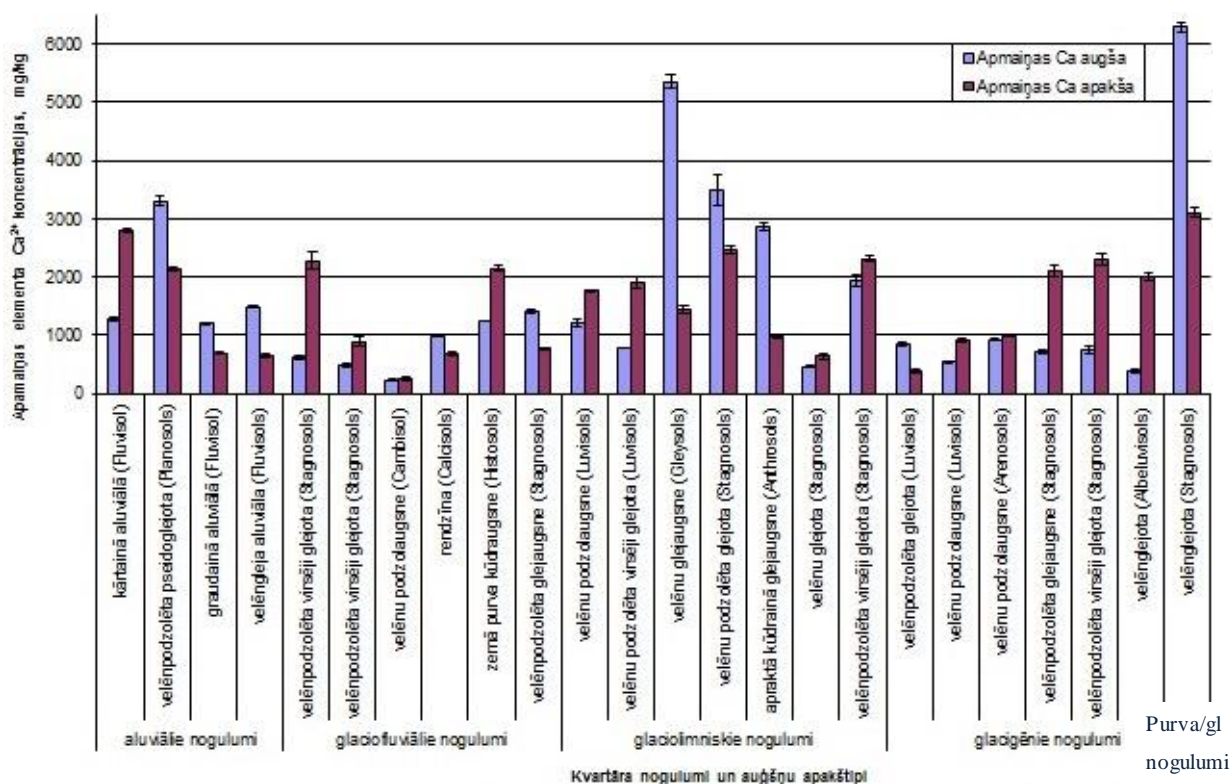
Relatīvi augstākas pH vērtības var skaidrot ar karbonātu klātbūtni (Kasparinskis, 2012). Augsnēm ar augstu māla daļiņu un organisko vielu saturu ir lielāka buferespēja, līdz ar to augsne nav pakļauta krasām pH vērtības izmaiņām, nekā smilšainas augsnes. Smilšainās augsnes, kādas ir glaciofluviālās augsnes, ir zemāka buferespēja un augsne neaizsargāta pret paskābināšanos, tādēļ var vērot glaciofluviālajos nogulumos vislielākās pH izmaiņas cilmiezī (Soil pH, bez data.; Nikodemus u.c., 2008).

Augsnes minerālās virskārtas (Ap) vidējās pH_{BaCl_2} vērtības un dažādiem nogulumiem ir atšķirīgas (4.2.3. attēls). Purva nogulumos augsnes minerālajā virskārtā pH_{BaCl_2} ir 5.75. Glacigēnajos nogulumos pH_{BaCl_2} svārstās no 4.75 pH_{BaCl_2} līdz 5.54. Glaciofluviālajos nogulumos pH_{BaCl_2} vērtības ir 3.34 līdz 6.67. Glaciolimmiskajos nogulumos pH_{BaCl_2} vērtības ir 4.8 līdz 6.17. Savukārt aluviālajos nogulumos pH_{BaCl_2} svārstās no 5.75 līdz 6.69.

Zemās pH_{BaCl_2} un augstās vērtības iespējams var skaidrot ar antropogēno darbību.

Relatīvi zemākas pH_{BaCl_2} vērtības ir iespējamas, ja zem kultivētiem zālājiem ar kultūraugiem un izskalošanos ir radušies apmaiņas katjonu zudumi, otrs iemesls varētu būt lielāka mikrobu oksidācija, kuri ražo organiskās skābes, kas nodrošina H^+ lielāku saturu augsnes šķīdumā un līdz ar to samazinās augsnes pH vērtības (Selassie et al., 2015). Augstās pH vērtības var skaidrot cilvēka darbību un augsnes kalķošanu, brīvo kalcija karbonātu dziļumu un antropogēno darbību (Matuko u.c. 2015).

Apmiņas Ca^{2+} vidējā koncentrācija līdz ar dziļumu palielinās glacigēnajos nogulumos (4.2.4. attēls), augsnes minerālajā virskārtā tas mainās starp 385 – 932 mg/kg, savukārt cilmiezī no 396.3 – 2291.5 mg/kg. Glaciolimmiskajos nogulumos apmaiņas kalcija vērtības svārstās starp dažādiem augšņu apakštipiem gan virskārtā, gan apakškārtā. Apakškārtā lielāks apmaiņas Ca^{2+} vidējā koncentrācija mainās no 643.8 – 2306.1 mg/kg. Augsnes minerālajā virskārtā apmaiņas kalcijs variē no 457 – 5355 mg/kg. Glaciofluviālajos nogulumos apmaiņas Ca^{2+} vidējā koncentrācija mainās no 225 – 1403 mg/kg augsnes minerālajā virskārtā. Augsnes cilmiezī Ca^{2+} vidējā koncentrācija mainās no 254.7 – 2285.9 mg/kg. Savukārt aluviālajos nogulumos Ca^{2+} vidējā koncentrācija virskārtā mainās no 1202 – 3302 mg/kg, cilmiezī – 654.4 – 2795.6 mg/kg (4.2.4. attēls).



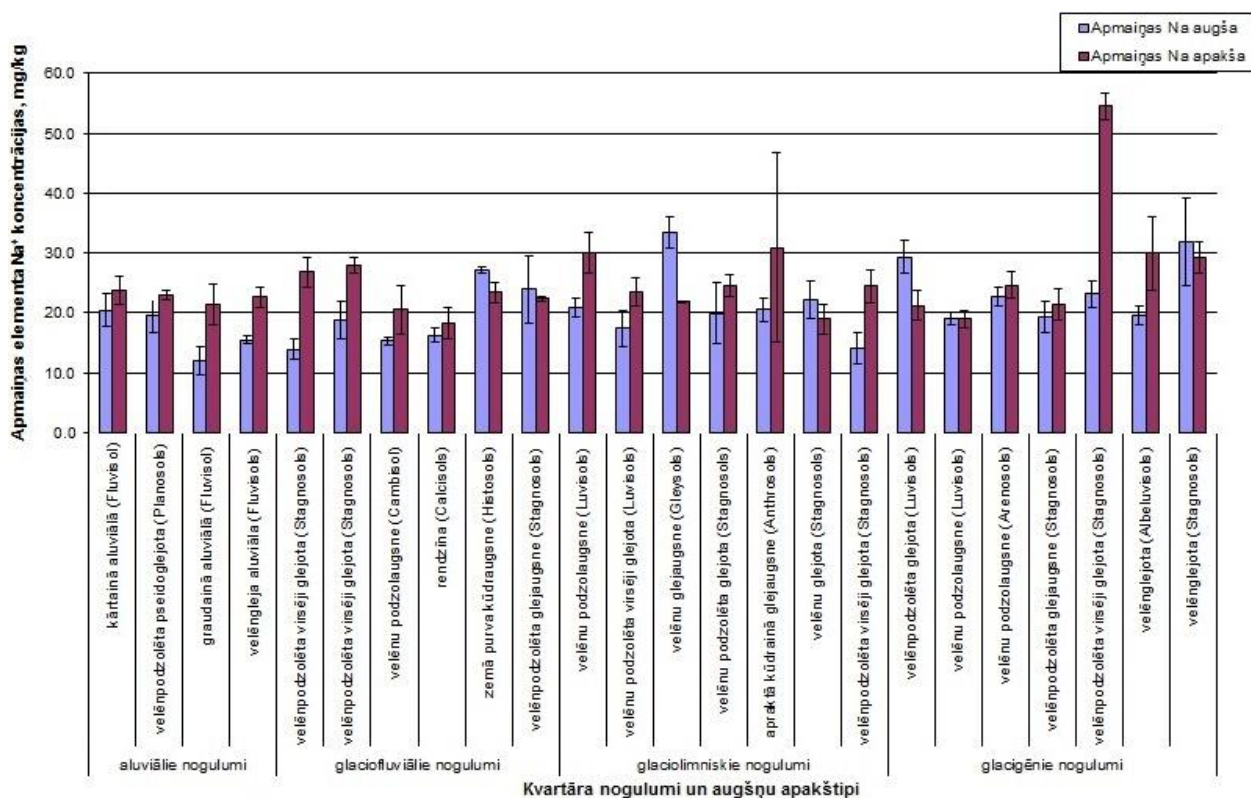
4.2.4. attēls. Augšnes profilu minerālā virsējā horizonta un cilmieža apmaiņas Ca²⁺ vidējās koncentrācijas (mg/kg)

(sastādījusi autore, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Relatīvi augsto Ca²⁺ vidējo koncentrāciju velēngleja augsnē (*Stagnosols*) var skaidrot ar apakšējā slāni kvartāra periodā uz purva nogulumiem ir veidojušies glaciolimmiskie nogulumi, Ca²⁺ koncentrācija ir lielāka uz glaciolimmiskajiem nogulumiem, augsnes uz šiem nogulumiem veidojas uz mālaina cilmieža. Grafikā (4.2.4. attēls) var redzēt, ka Ca²⁺ ir augsts gan virsējā minerālajā horizontā, gan cilmiezī, to var skaidrot ar to, ka pastāv likumsakarība starp to, ka Ca²⁺ koncentrāciju organiskajos slāņos pārsvarā nosaka, tā daudzums cilmiezī (Kasparinskis, 2012). Augšējos minerālajos horizontos, kuros ir novērojamas lielas Ca²⁺ koncentrācijas, iespējams, pagātnē ir notikusi augsnes kalķošana.

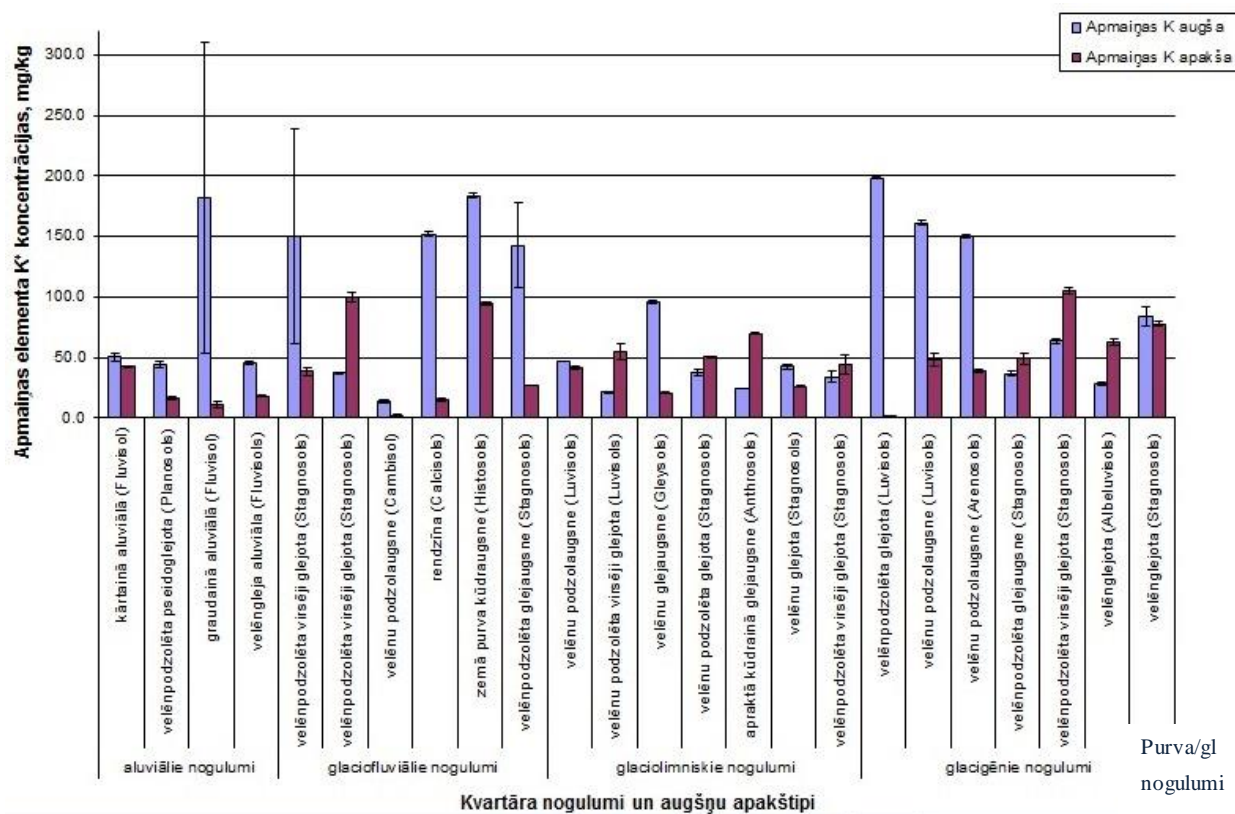
Uz aluviālajiem nogulumiem *apmaiņas Na⁺* vidējā koncentrācija cilmiezī mainās no 21.40 – 23.83 mg/kg, minerālajā virskārtā Na⁺ koncentrācija 12.0 – 20.5 mg/kg. Glaciofluviālajos nogulumos apmaiņas Na⁺ koncentrācija cilmiezī ir no 18.35 – 27.98 mg/kg, minerālajā virskārtā Na⁺ koncentrācija 14.0 – 27.2 mg/kg. Glaciolimmiskajos nogulumos Na⁺ koncentrācija cilmiezī ir no 22.03 – 30.94 mg/kg, minerālajā virskārtā Na⁺ koncentrācija ir no 17.4 – 33.4 mg/kg. Glacigēnajos nogulumos augsnes cilmiezī Na⁺ koncentrācija mainās no 19.00 – 29.99 mg/kg, savukārt Na⁺ koncentrācija virskārtā mainās no 19.00 – 29.40 mg/kg (4.2.5.attēls.)

Purva/glaciolīmiskajos nogulumos Na^+ koncentrācija cilmiežī mainās no 29.28 mg/kg līdz 31.8 mg/kg augsnes minerālajā virskārtā. Apmaiņas Na^+ var redzēt, ka praktiski visos parauglaukumos (3.5.attēls) tam ir augstāka koncentrācija cilmiežī nekā augsnes minerālajā virskārtā, to var skaidrot ar to, ka apmaiņas Na^+ veidojo viegli šķīstošus sāļus, tādēļ Latvijas klimata apstākļos, tas tiek viegli iznests no augsnes (Nikodemus u.c., 2008). Iespējams novērot sakarības starp Na^+ un Ca^+ kocerācijām, piemēram, velēnu glejaugsnei (*Gleysols*) un velēnglejaugsnei (*Stagnosols*) (3.4. attēls un 3.5. attēls), jo augsnes kuras tiek kaļķotas, mērķis ir palielināt auglību un samazināt augsnes sāļumu (Na^+), ģipsis satur kalcija sulfātus, kuri aizstāj Na^+ un tas vairs nav toksisks augiem (Zörba et al, 2014).



4.2.5.attēls. Augsnes profilu minerālā virsējā horizonta un cilmieža apmaiņas Na^+ vidējās koncentrācijas (mg/kg) (sastādījusi autore, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Apmaiņas K⁺ vidējā koncentrācija cilmiežī aluviālajos nogulumos mainās no 10.6 – 42.5 mg/kg. Augšnes minerālajā virskārtā tas mainās no 44.1 – 181.7 mg/kg. Glaciofluviālajos nogulumos apmaiņas K⁺ koncentrācija cilmiežī ir no 1.4 – 99.8 mg/kg, minerālajā virskārtā K⁺ koncentrācija 13.00 – 183.6 mg/kg. Glaciolimniskajos nogulumos K⁺ koncentrācija cilmiežī ir no 25.7 – 69.6 mg/kg, minerālajā virskārtā K⁺ koncentra 20.9 – 96.1 mg/kg (4.2.6.attēls)

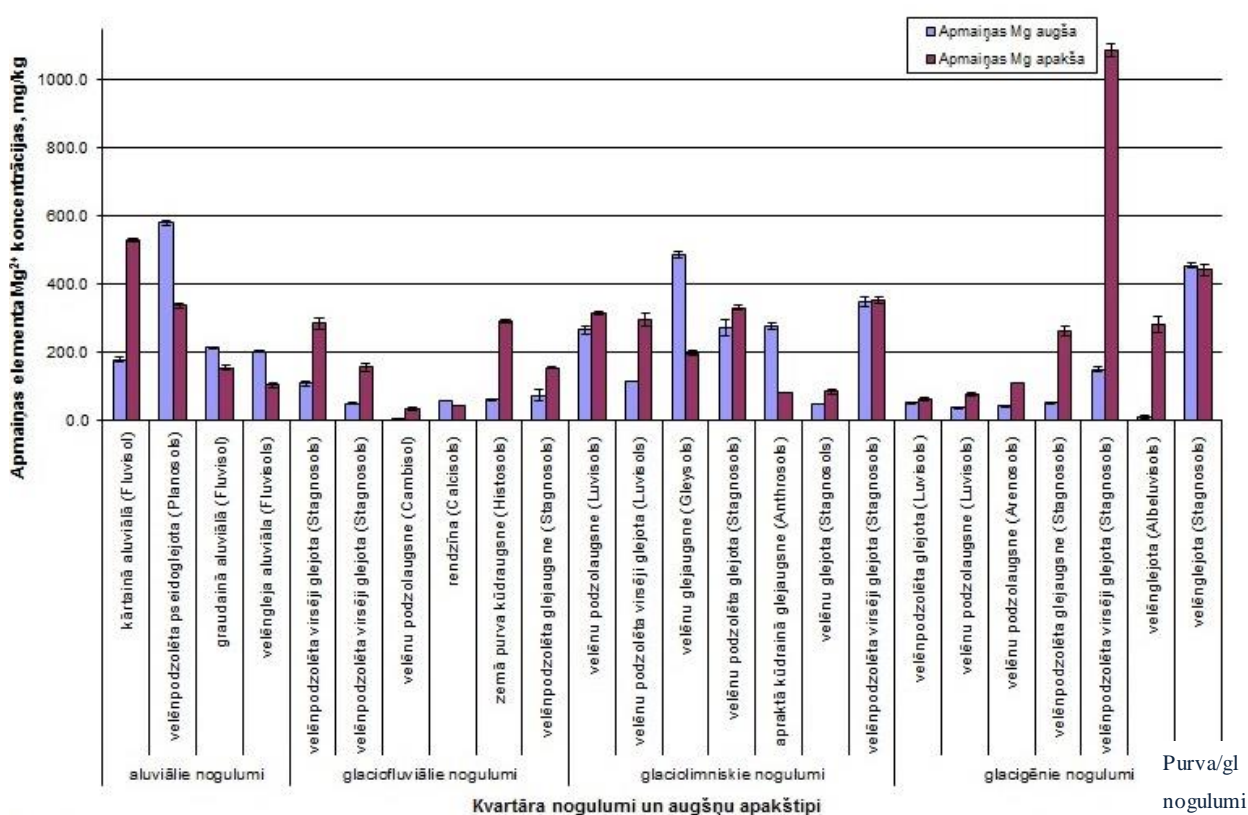


4.2.6.attēls. Augšnes profilu minerālā virsējā horizonta un cilmieža apmaiņas K⁺ vidējās koncentrācijas (mg/kg)

(sastādījusi autore, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Glaciogēnajos nogulumos augšnes cilmiežī K⁺ koncentrācija mainās no 0.1 – 104.8 mg/kg, savukārt K⁺ koncentrācija virskārtā mainās no 28.8 – 198.5 mg/kg. Purva/glaciolimniskajos nogulumos K⁺ koncentrācija mainās no 77.9 mg/kg cilmiežī līdz 83.7 mg/kg augšnes minerālajā virskārtā. Lielākas K⁺ koncentrācijas ir glaciogēnajos nogulumos un glaciolimniskajos nogulumos, to var skaidrot, ar to, ka K⁺ ir ietvert mālu minerālos un dēdēšanas rezultātā atbrīvojas K⁺ joni (Yanga et al., 2014). Augšnes minerālajā virskārtā, izlecošās K⁺ vērtības iespējams skaidrot ar K⁺ mēslošanu, kura tiek plaši izmantota lauksaimniecībā visā pasaulē (Barré et al., 2008).

Apmaiņas Mg²⁺ vidējā koncentrācija aluviālajos nogulumos pārsvarā ir mazāka cilmiežī nekā virskārtā. Cilmiežī tā mainās no 104.1 – 528.3 mg/kg, augsnes minerālajā virskārtā tas mainās no 177.9 – 579.7 mg/kg. Glaciofluviālajos nogulumos apmaiņas Mg²⁺ koncentrācija cilmiežī ir no 33.9 – 291.8 mg/kg, minerālajā virskārtā Mg²⁺ koncentrācija 82.0 – 353.4 mg/kg. Glaciolīmiskajos nogulumos Mg²⁺ koncentrācija cilmiežī ir no mg/kg, minerālajā virskārtā Mg²⁺ koncentra 50.3 – 487.9 mg/kg. Glacigēnajos nogulumos augsnes cilmiežī Mg²⁺ koncentrācija mainās no 62.3 – 1086.2 mg/kg, savukārt Mg²⁺ koncentrācija virskārtā mainās no 12.4 – 151.3 mg/kg. Purva/glaciolīmiskajos nogulumos Mg²⁺ koncentrācija mainās no 442.8 mg/kg cilmiežī līdz 455.8 mg/kg augsnes minerālajā virskārtā (4.2.7.attēls).



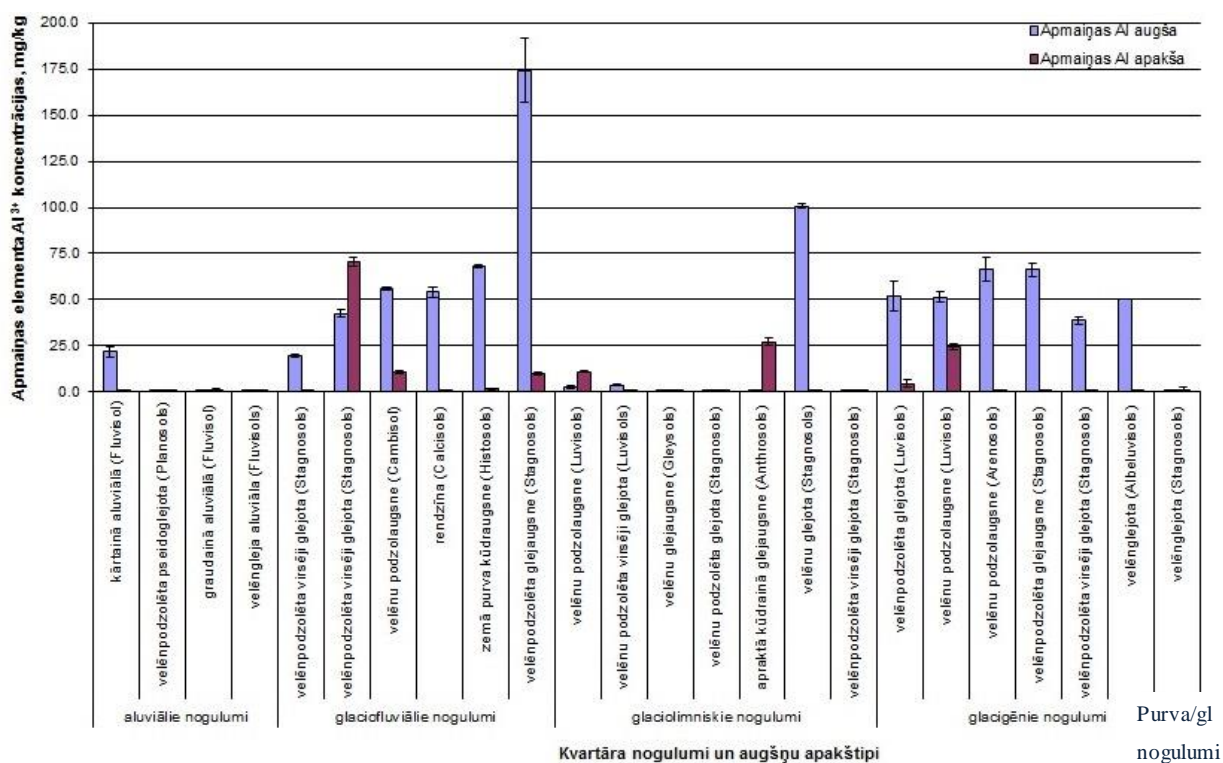
4.2.7.attēls. Augsnes profilu minerālā virsējā horizonta un cilmieža apmaiņas Mg²⁺ vidējās koncentrācijas (mg/kg)

(sastādījusi autore, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Lielākajā daļā no etalonteritorijām apmaiņas Mg²⁺ koncentrācija ir palielinājusies līdz ar dziļumu, vairāk Mg²⁺ ir novērojams tajās augsnēs, kuras ir bagātas ar organiskajām vielām (Nikodemus u.c., 2008; Kasparinskis, 2012).

Apmaiņas Al³⁺ koncentrācija aluviālajos nogulumos pārsvarā ir mazāka cilmiežī nekā virskārtā (3.8.attēls) Cilmiežī tā mainās no 0.6 – 1.0 mg/kg, augsnes minerālajā virskārtā tas

mainās no 0.6 – 21.7 mg/kg. Glaciofluviālajos nogulumos apmaiņas Al^{3+} koncentrācija cilmiežī ir no 0.6 – 69.4 mg/kg, minerālajā virskārtā Al^{3+} koncentrācija 19.6 – 174.2 mg/kg. Glaciolimmiskajos nogulumos Al^{3+} koncentrācija cilmiežī ir no 0.6 – 27.2 mg/kg, minerālajā virskārtā Al^{3+} koncentra 0.6 – 100.7 mg/kg. Glacigēnajos nogulumos augsnes cilmiežī Al^{3+} koncentrācija mainās no 0.1 – 24.7 mg/kg, savukārt Al^{3+} koncentrācija virskārtā mainās no 50.2 – 66.5 mg/kg. Purva/glaciolimmiskajos nogulumos Al^{3+} koncentrācija mainās no 1.3 mg/kg cilmiežī līdz 0.9 mg/kg augsnes minerālajā virskārtāvā (4.2.8. attēls).



4.2.8.attēls. Augsnes profilu minerālā virsējā horizonta un cilmieža apmaiņas Al^{3+} vidējās koncentrācijas (mg/kg)

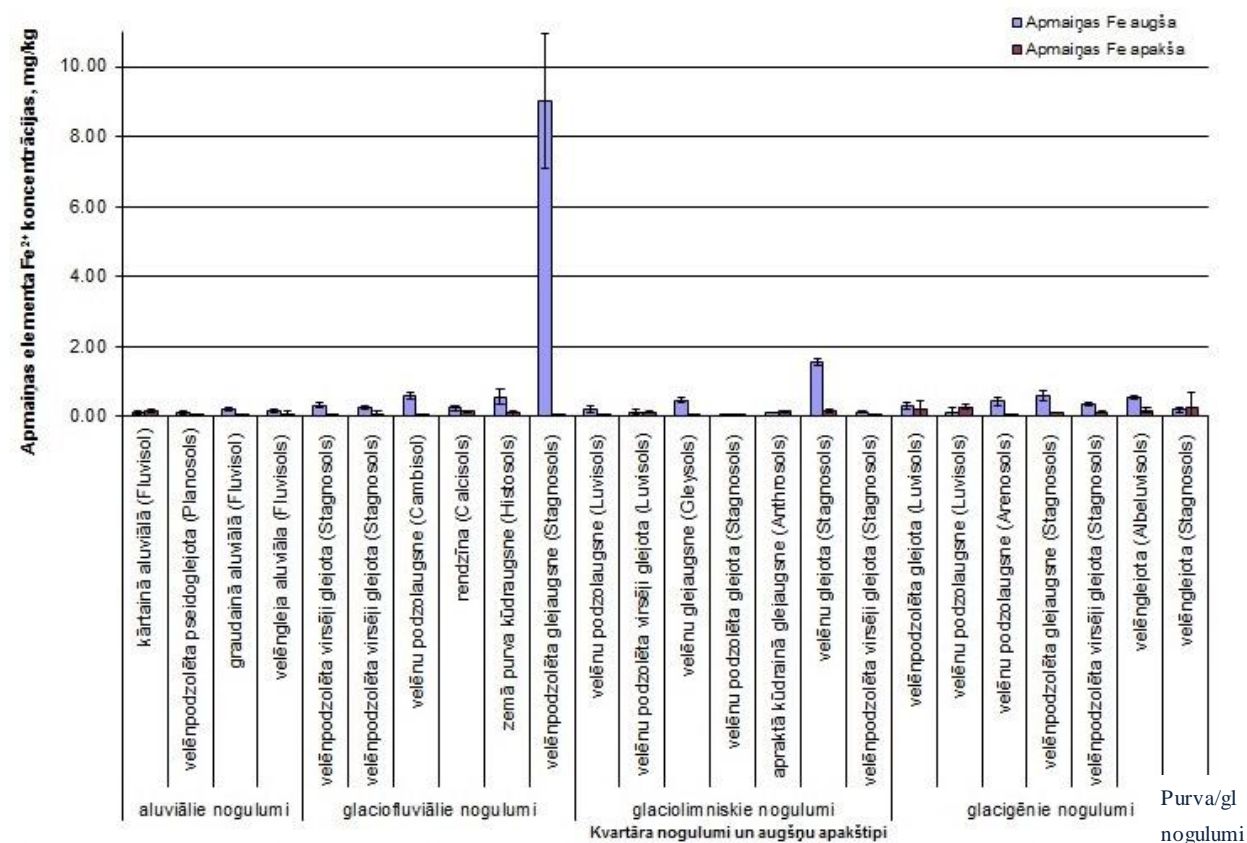
(sastādījusi autore, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Alumīnijam sadēdot tas paliek kā mazkustīgs elements un tikai neliela daļa nonāk augsnes šķīdumā (Nikodemus u.c., 2008). Tādēļ cilmiežī ir redzamas mazāka Al^{3+} vērtības nekā virsējā minerālajā horizontā.

Aluviālajos nogulumos augsnes cilmiežī *apmaiņas* Fe^{2+} saturs mainās no 0.05 – 0.22 mg/kg. Savukārt augsnes minerālajā virskārtā Fe^{2+} saturs mainās no 0.12 – 0.21 mg/kg. Glaciofluviālajos nogulumos savukārt cilmiežī Fe^{2+} saturs mainās no 0.05 – 0.10 mg/kg. Savukārt augsnes minerālajā virskārtā Fe^{2+} saturs mainās no 0.25 – 9.02 mg/kg.

Visvairāk Latvijā Fe^{2+} ir sastopams mālainās augsnēs (Kasparinskis, 2012), kā arī (4.2.9.attēls) ir redzams glaciolimmiskajos nogulumos cilmiežī Fe^{2+} saturs mainās no 0.05 –

0.16 mg/kg. Minerālajā virsējā horizontā Fe^{2+} saturs mainās no 0.11 – 1.57 mg/kg. Glacigēnajos nogulumos cilmiežī Fe^{2+} saturs mainās no 0.11 – 0.27 mg/kg. Minerālajā virskārtā Fe^{2+} saturs mainās no 0.14 – 0.60 mg/kg. Purva/glaciolimniskajos nogulumos Fe^{2+} koncentrācija mainās no 0.28 mg/kg cilmiežī līdz 0.20 mg/kg augsnes minerālajā virskārtā (4.2.9.attēls).



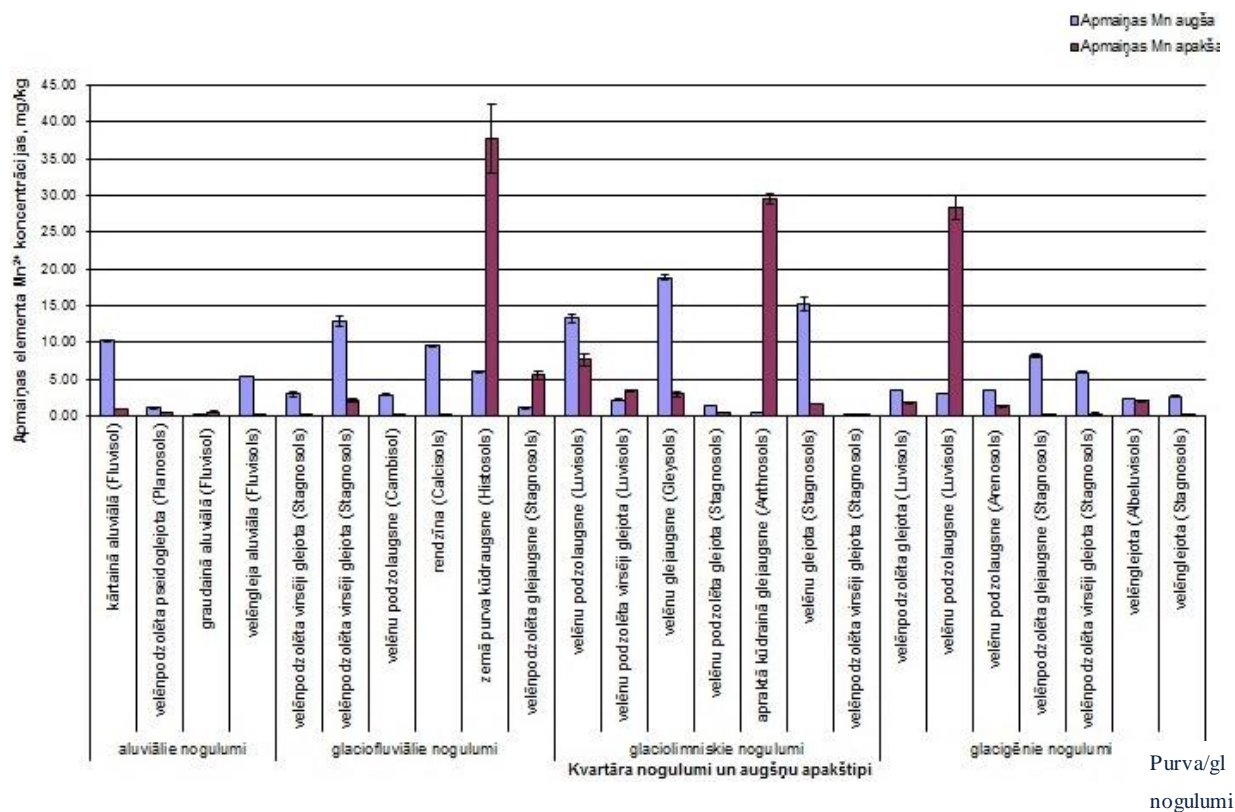
4.2.9.attēls. Augsnes profilu minerālā virsējā horizonta un cilmieža apmaiņas Fe^{2+} vidējās koncentrācijas (mg/kg)

(sastādījusi autore, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Uz glaciofluviālajiem nogulumiem, velēnpodzolētajā glejtaugsnē (*Stagnosols*) augstās Fe^{2+} koncentrācija var skaidrot ar gruntsūdens ietekmi un oršteina veidošanos, kā rezultātā veidojas dzelzs koagulācijas.

Aluviālajos nogulumos augsnes cilmiežī *apmaiņas* Mn^{2+} saturs mainās no 0.29 – 0.88 mg/kg. Savukārt augsnes minerālajā virskārtā Mn^{2+} saturs mainās no 0.18 – 10.26 mg/kg. Glaciofluviālajos nogulumos savukārt cilmiežī Mn^{2+} saturs mainās no 0.12 – 37.74 mg/kg. Savukārt augsnes minerālajā virskārtā Mn^{2+} saturs mainās no 1.05 – 12.79 mg/kg. Glaciolimniskajos nogulumos cilmiežī Mn^{2+} saturs mainās no 0.43 – 29.52 mg/kg. Minerālajā virsējā horizontā Mn^{2+} saturs mainās no 0.13 – 18.81 mg/kg. Glacigēnajos nogulumos

cilmiežī Mn^{2+} saturs mainās no 0.19 – 28.28 mg/kg. Minerālajā virskārtā Mn^{2+} saturs mainās no 2.27 – 8.22 mg/kg. Purva/glaciolimmiskajos nogulumos Mn^{2+} koncentrācija mainās no 0.23 mg/kg cilmiežī līdz 2.59 mg/kg augsnes minerālajā virskārtā (4.2.10. attēls).



4.2.10.attēls. Augsnes profilu minerālā virsējā horizonta un cilmieža apmaiņas Mn^{2+} koncentrācijas (mg/kg)

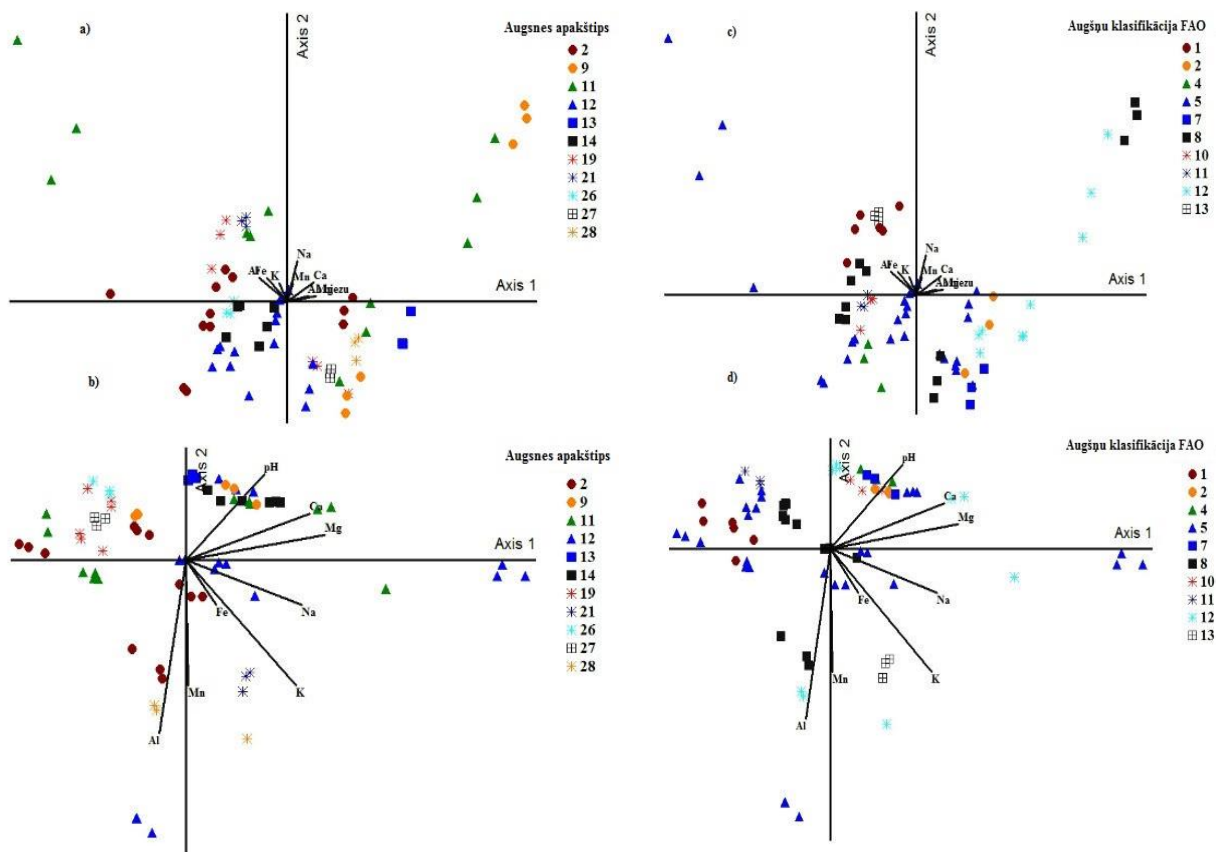
(sastādījusi autore, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

4.3. Dabisko zālāju augšņu daudzveidības ietekmējošie faktoru izvērtējums

Izanalizējot galveno komponentu analīzes rezultātus (4.3.1.attēls, 4.3.2. attēls, 4.3.3. attēls, 4.3.4. attēls) par augšņu pētījuma parauglaukumu dispersiju un punktu grupām augsnes minerālajā virskārtā un cilmiezī, var secināt, ka pēc augsnes apakštipiem un augšņu pamatgrupām atbilstoši FAO WRB klasifikācijai, kā arī gruntsūdens līmeņa – ir novērojama labāka parauglaukumu grupu nodalīšanās augsnes cilmiezī nekā augsnes minerālajā virskārtā. To iespējams skaidrot ar faktu, ka augsnes cilmiezis ir relatīvi viendabīgāks nekā augsnes minerālā virskārta, kas ir pakļauta dažādu ārējo faktoru iedarbībai (piemēram, mitruma režīms, klimats, reljefs, zemes apstrāde un vēsturiskā apsaimniekošana) un augsnes veidošanās procesi (organisko vielu akumulācija, izskalošanās, podzolēšanās, lesivēšanās, glejošanās).

Augsnes pētījumu parauglaukumi pēc augsnes cilmieža relatīvi labi nodalās šādas augšņu pamatgrupas atbilstoši FAO WRB augšņu klasifikācijai: (*Histosols, Gleysols, Stagnosols, Luvisols, Anthrosols*), turpretim ar relatīvi plašu daudzveidību sastopamas šādas augšņu pamatgrupas: (*Planosols, Albeluvisols, Arenosols, Cambisols, Fluvisols*). Savukārt atbilstoši Latvijas augšņu klasifikācijai konstatēts, ka relatīvi labi nodalās šādi augšņu apakštipi: (velēnu podzolaugsne, velēnu glejaugsne, velēnpodzolēta glejotā augsne, velēnpodzolēta virsēji glejota augsne, velēnpodzolēta pseidoglejota augsne, velēnpodzolēta glejaugsne), turpretim ar relatīvi plašu daudzveidību sastopami šādi augšņu apakštipi: (kārtainā aluviālā augsne, zemā purva kūdraugsne, graudainā aluviālā augsne, rendzīna, apraktā kūdrainā glejaugsne).

Augsnes pētījumu parauglaukumi pēc augsnes minerālās virskārtas relatīvi labi nodalās šādas augšņu pamatgrupas atbilstoši FAO WRB augšņu klasifikācijai: (*Histosols, Stagnosols, Fluvisols, kā arī Luvisols*), turpretim ar relatīvi plašu daudzveidību sastopamas šādas augšņu pamatgrupas: (*Gleysols, Planosols, Albeluvisols, Arenosols, Cambisols, Anthrosols*). Savukārt atbilstoši Latvijas augšņu klasifikācijai konstatēts, ka relatīvi labi nodalās šādi augšņu apakštipi: (velēnu podzolaugsne, velēnpodzolēta virsēji glejota augsne, velēnpodzolēta glejaugsne), turpretim ar relatīvi plašu daudzveidību sastopami šādi augšņu apakštipi: (velēnu glejaugsne, velēnpodzolēta glejota augsne, velēnpodzolēta pseidoglejota augsne, kārtainā aluviālā augsne, zemā purva kūdraugsne, graudainā aluviālā augsne, rendzīna, apraktā kūdrainā glejaugsne).



4.3.1.attēls. Augšņu apakštīpi (a) minerālajā virskārtā un (b) cilmiežī un augšņu klafifikācija pēc FAO (c) minerālajā virskārtā un (d) cilmiežī, ķīmisko elementu un pH_{BaCl} izvietojums ar komponentanalīzi un nodalītajās asīs

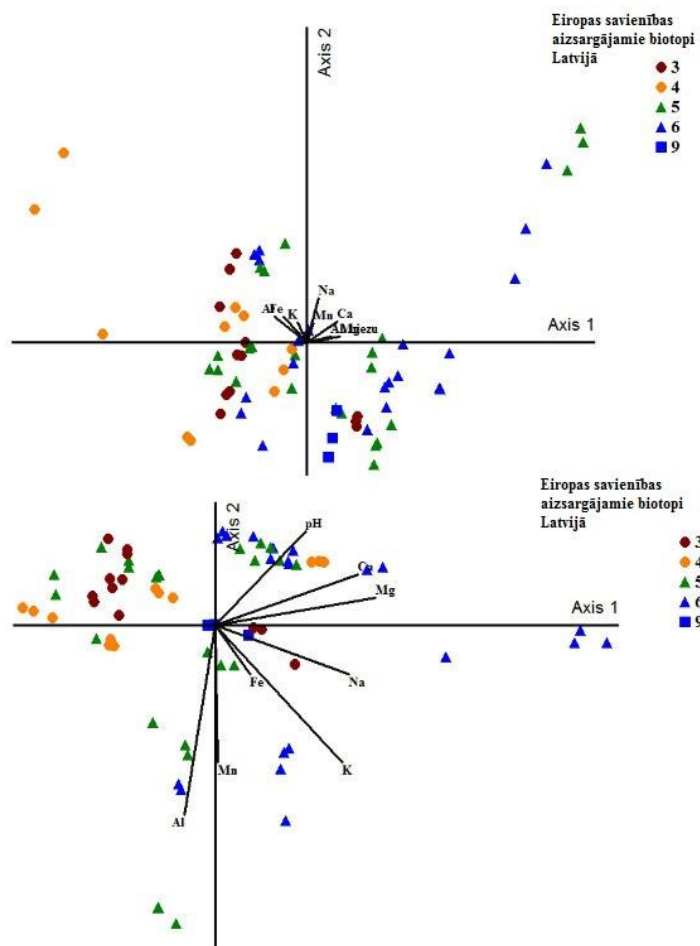
(Augsnes apakštīpi: 2 – velēnu podzolaugsne, 9 – velēnu glejaugsne, 11 – velēnpodzolēta glejota augsne, 12 – velēnpodzolēta virsēji glejota, 13 – velēnpodzolēta pseidoglejota, 14 – velēnpodzolēta glejaugsne, 19 – kārtainā aluviālā augsne, 21 – zemā purva kūdraugsne, 26 – graudainā aluviālā; 27 - rendzīna; 28 – apraktā kūdrainā glejaugsne.

Augsnes FAO: 1 – Histosols, 2 – Gleysols, 4 – Planosols, 5 – Stagnosols, 7 – Albeluvisols, 8 – Luvisols, 10 – Arenosols, 11 – Cambisols, 12 – Fluvisols, 13 – Anthrosols
(izstrādājusi autore, izmantojot PCA rezultātus)

Atbilstoši augstāk minētajam var konstatēt, ka pētījuma augšņu parauglaukumu vietas dabiskajos zālajos ar relatīvi viendabīgām (zems punktu variācijas diapazons, dispersija) punktu grupām, kas atsevišķi nodalās galveno komponentu analīzē augsnes minerālajā virskārtā un cilmiežī kopumā ir raksturīgas šādām augšņu pamatgrupām atbilstoši FAO WRB augšņu klasifikācijai: *Histosols*, *Stagnosols*, *Luvisols*, turpretim relatīvi daudzveidīgas (augsts punktu variācijas diapazons, dispersija) augšņu pamatgrupas ir *Planosols*, *Albeluvisols*, *Arenosols*, *Cambisols*, interesanti, ka nenodalās šādas augšņu pamatgrupas *Gleysols*, *Fluvisols*, *Anthrosols*, kurām ir ļoti augsts variācijas diapazons.

Savukārt augšņu pētījumu parauglaukumu vietas dabiskajos zālajos atbilstoši Latvijas augšņu klasifikācijai ir saistāmas ar šādām, relatīvi viendabīgām punktu grupām, kas raksturīgas šādiem augšņu apakštipiem: velēnu podzolaugsne, velēnpodzolēta virsēji gejota augsne, velēnpodzolēta glejaugsne, turpretim relatīvi daudzveidīgi augšņu apakštipi ir: kārtainā aluviālā augsne, zemā purva kūdraugsne, graudainā aluviālā augsne, rendzīna, apraktā kūdraugsne, bet nenodalās šādi augšņu apakštipi: velēnu glejaugsne, velēnpodzolēta glejota augsne, velēnpodzolēta pseidoglejota augsne, kuriem ir ļoti augsts variācijas diapazons.

Izanalizējot galveno komponentu analīzes rezultātus un zālāju klašu nodalīšanos (4.3.2.attēls) saistībā ar abām analizētajām asīm jāsecina, ka relatīvi labi nodalās šādas zālāju klases: 6210 sausi zālāji kaļķainās augsnēs, 6230* vilkakūlas zālāji, 6510 mēreni mitras pļavas, turpretim plašs variācijas diapazons ir raksturīgs šādām zālāju klasēm 6270* sugām bagātas ganības un pļavas un 6410 mitri zālāji periodiski izžūstošās augsnēs.



4.3.2.attēls. Augsnes minerālās virskārtas (a) un cilmieža (b) ķīmisko īpašību (pH_{BaCl_2} vērtības; apmaiņas elementu (Al, Mn, Fe, K, Na, Mg, Ca) koncentrācijas (mg/kg) izvietojums ar komponentanalīzi nodalītajās asīs saistībā ar ģeoloģiskajiem nogulumiem (izstrādājusi autore, izmantojot PCA rezultātus)

Pēc iegūtajiem rezultātiem jāsecina, ka 6270* sugām bagātas ganības un pļavas un 6410 mitri zālāji periodiski izzūstošās augsnēs, zālāju klases plašā variācijas diapazonā ir nodalāmas atsevišķu punktu grupas, kuras tiek nošķirtas pēc 2. ass divām faktoru grupām, kur vienu raksturo pH, Ca, Mg, bet otrai grupai raksturīgs Al, Mn, K, Na, Fe.

Balstoties uz Eiropas aizsargājamajiem biotopiem Latvijā noteikšanas rokasgrāmatu, dabiskais zālājs **6270* Sugām bagātas ganības un ganītas pļavas** ir sastopams uz trim dažādiem augšņu veidiem, kurus nosaka pēc mitruma apstākļiem un augošajām augu sabiedrībām (Eiropas savienības..., 2013). Pirmā faktoru grupa raksturo augsnes ar augstu pH vērtību un apmaiņas elementu Ca^{2+} un Mg^{2+} , saistībā ar ģeoloģiskajiem nogulumiem (4.3.3. attēls) un granulometriskā sastāva grupām (4.3.4.attēls), šādas augsnes ir izplatītas uz glaciolimniskajiem un glaciģēnajiem nogulumiem, smilšmāla un mālsmilts augsnēm (4.3.3. attēls, 4.3.4.attēls). Ca^{2+} un Mg^{2+} , ir pamata apmaiņas elementi, kuri pastāv augsnēs, kā apmaiņas katjoni, tie ir joni, kuri ir ar pozitīvu elektrisko lādiņu, māla un organisko vielu daļiņas ir negatīvi lādētas, pozitīvajam jonam pievienoties pie negatīvi lādētām daļiņām, rodas augsnes, kuras veidojušās un smilšmāla vai mālsmilts augsnēm, tās ir auglīgākas, jo satur Ca^{2+} un Mg^{2+} (Rehm, G. Bez data), ātrumu ar kādu tiek atbrīvoti šie elementi no organiskajām vielām un minerālu daļiņām nosaka augsnes pH, augsnēs ar augstu pH, Ca^{2+} un Mg^{2+} ir augstāks (Spectrum Analytic, s.a.). Šim biotopam ir raksturīgas augsnes, kuras nav kaļķainas, ar neitrālu vai skābu vidi, tomēr rezultāti pierādā, ka šādi zālāji ir sastopami uz relatīvi bagātām augsnēm ar augstu pH vērtību un apmaiņas elementu Ca^{2+} un Mg^{2+} . Latvijā šādi zālāji ir maz, jo parasti bagātīgas augsnes izmanto lauksaimniecībai (Eiropas savienības..2013; Nikodemus u.c. 2008).

Šādi biotopi ir sastopami uz dažādām augsnēm, tādēļ 6270* Sugām bagātas ganības un ganītas pļavas biotops ir izdalīts sīkāk, pēc sugu sastāva un blīvuma, visas un nabadzīgām vai pārmitrām augsnēm. Tomēr balstoties uz rezultātiem būtu nepieciešam izdalīt vēl vienu apakšnodalījums, kur zālāji atrodas uz augsnēm ar augstu pH vērtību un apmaiņas elementu Ca^{2+} un Mg^{2+} . Vai arī nosakot biotopu ņemt vērā ne tikai pēc raksturīgo sugu kopuma vai apsaimniekošanas prakses, bet arī augsnes faktoru. Jo šim zālāju tipam ir liela variabilitāte ar citiem zālāju tipiem, šajā gadījumā vadoties pēc ķīmisko analīžu rezultātiem šis zālājis ir iekļaujams auglīgāku zālāju grupā.

Pētījuma rezultāti parāda, ka 6410 Mitri zālāji periodiski izzūstošās augsnēs, nodalās ar otrai faktoru grupai raksturīgas augsnēm, kuras satur Al^{3+} , Mn^{2+} , K^{+} , Na^{+} un Fe^{3+} . Augsnēs, kuras pH samazinās, Al^{3+} daudzum palielinās (Matsumoto and Motoda, 2012), iespējams skaidrot ar podzolēšanās procesa attīstību šādās augsnēs, kā rezultātā notiek Al^{3+} migrācija no augsnes virskārtas uz dziļākajiem horizontiem un samazinās augsnes pH (4.3.4.attēls). Fe^{3+}

kopējā koncentrācija augsnē mainās atkarībā no granulometriskā sastāva, Fe^{3+} koncentrācija ir lielāka mālsmits augsnēs. To iespējams skaidrot, ka šādas augsnes satur sekundāros minerālos, kuros ir Fe savienojumi, tiem ķīmiski sadēdējot atbrīvojās Fe^{3+} . Fe^{3+} jona migrācija kļūst izteiktāka pie $\text{pH} < 3$ (Kasparinskis, 2012; Nikodemus u.c. 2008).

K^+ koncentrācija palielinās augsnēs ar smilšainu granulometrisku sastāvu un zemu gruntsūdens līmeni, to var skaidrot ar to, ka smilšainas augsnes ir relatīvi nabadzīgākas un attiecīgi ir tikušas mēslošanas.

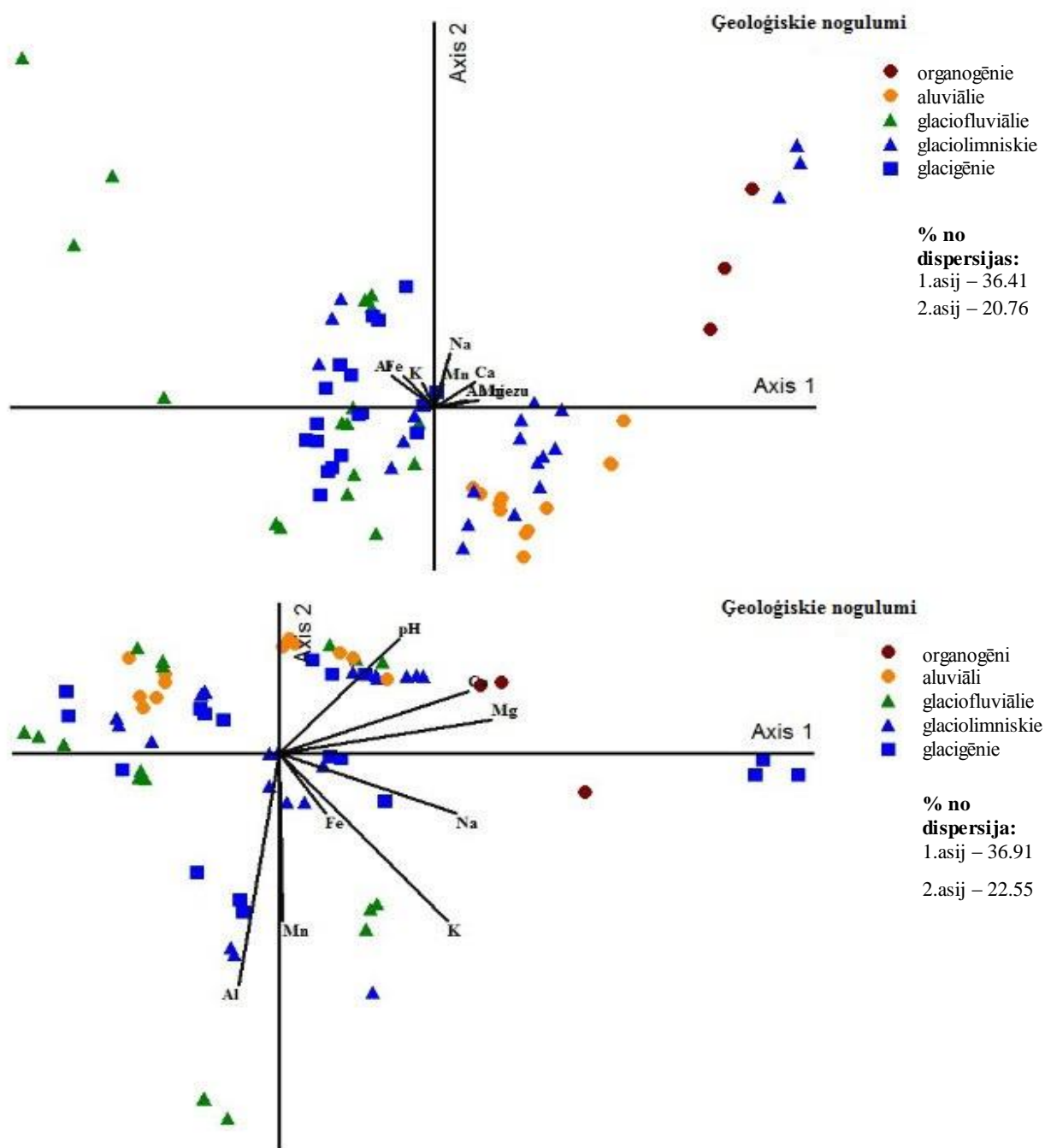
Šim biotopam raksturīgas vidēji skābas augsnes ar mainīgu mitruma režīmu, kas atbilst ķīmisko analīžu rezultātiem, kur palielināts Mn^{2+} norāda uz sezonāliem mitruma apstākļiem un glejošanās procesa attīstību (Nikodemus u.c. 2008; Eiropas savienības..2013).

Galvenajā komponentu analīzē tika konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp augsnes minerālās virskārtas paraugiem, kā arī augsnes cilmezi (4.3.1.attēls, 4.3.3. attēls, 4.3.4. attēls) un ķīmiskajām īpašībām, turklāt novērojama parauglaukumu vietu punktu nodalīšanās saistībā ar augšņu apakštīpiem atbilstoši Latvijas augšņu klasifikācijai, augšņu pamatgrupām atbilstoši FAO WRB augšņu klasifikācijai.

Augsnes minerālās virskārtas parauglaukumu izvietojums koordinātu plaknē ir statistiski būtisks ar 1. un 2. asi ($p^* = 0.001$). Abas ass kopumā izskaidro 57.17 % no kopējās dispersijas. Pirmajai asij, kura kopumā izskaidro 36.41 % no augsnes paraugu kopējās dispersijas, ir konstatēta pozitīva būtiska sakarība starp Mg^{2+} ($r = 0.8486$), Ca^{2+} ($r = 0.7887$) un Ah horizonta biezumu ($r = 0.6155$). Savukārt šiem faktoriem tika konstatēta negatīva būtiska sakarība ar Al^{2+} ($r = -0.8199$) un Fe ($r = -0.5880$). Var secināt, ka palielinoties Mg, Ca un Ah horizonta biezumam, samazinās Al^{3+} un Fe^{3+} koncentrācijas augsnē.

Komponentu analīzes otrā ass izskaidro 20.76 % no visu parauglaukumu kopējās dispersijas. Pozitīvas būtiskas sakarības tika konstatētas starp Na^+ ($r = 0.8396$) un Fe^{3+} ($r = 0.5007$) (Pielikums 2).

Apakškārtas komponentu analīzes rezultāti norāda uz to, ka statistiski būtiskas ir 1. un 2. ass ($p^* = 0.001$), tās kopumā izskaidro 59.46 % no kopējās paraugu dispersijas. Pirmā ass izskaidro 36.91 % no etalonteritorijas kopējās dispersijas, pozitīvas būtiskas sakarības ir novērojamas starp Na^+ ($r = 0.7631$), Mg^{2+} ($r = 0.9161$), K^+ ($r = 0.7244$), Ca^{2+} ($r = 0.8180$) un $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ ($r = 0.5166$). Komponentu analīzes otrā ass izskaidro 22.55 %, no parauglaukumu dispersijas. Šiem rādītājiem tika konstatētas negatīvas būtiskas sakarības ar K^+ ($r = -0.6123$), Al^{3+} ($r = -0.8459$) un Mn^{2+} ($r = -0.6139$) (Pielikums 1).



4.3.3. attēls. Augsnes minerālās virskārtas (a) un cilmieža (b) ķīmisko īpašību (pH_{BaCl_2} vērtības; apmaiņas elementu (Al, Mn, Fe, K, Na, Mg, Ca) koncentrācijas (mg/kg) izvietojums ar komponentanalīzi nodalītajās asīs saistībā ar ģeoloģiskajiem nogulumiem (izstrādājusi autore, izmantojot PCA rezultātus)

Pētījumu parauglaukumu augšņu cilmieža ķīmisko īpašību izvietojums atkarībā no augšņu apakštīpiem atbilstoši Latvijas augšņu klasifikācijai, augšņu pamatgrupām atbilstoši FAO WRB augšņu klasifikācijai, ģeoloģiskajiem nogulumiem, granulometriskā sastāva grupām un gruntsūdens līmeņa ir atkarīgs no šādām faktoru grupām:

- saistībā ar 1. asi:
 - pH, Ca, Mg, Na, K, Fe; -
 - Al, Mn.
- saistībā ar 2. asi:
 - pH, Ca, Mg;
 - Na, K, Fe
 - Al, Mn.

Pētījumu parauglaukumu augšņu minerālās virskārtas ķīmisko īpašību izvietojums atkarībā no augšņu apakštīpiem atbilstoši Latvijas augšņu klasifikācijai, augšņu pamatgrupām atbilstoši FAO WRB augšņu klasifikācijai, ģeoloģiskajiem nogulumiem, granulometriskā sastāva grupām un gruntsūdens līmeņa ir atkarīgs no šādām faktoru grupām:

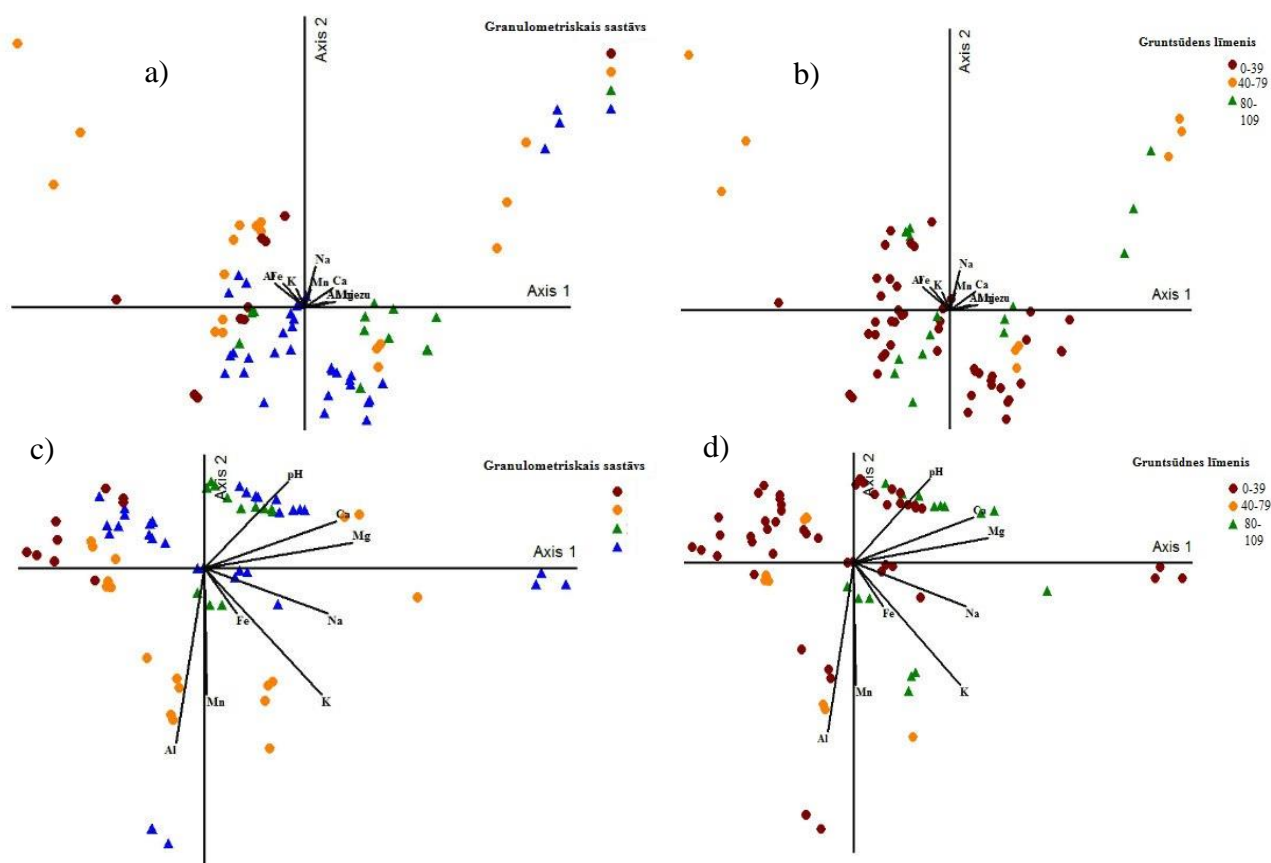
- saistībā ar 1. asi:
 - Ah horizonta biezums, Ca, Mn, Na;
 - Al, Fe, K
- saistībā ar 2. asi:
 - Ah horizonta biezums, Ca, Mn, Na, Al, Fe, K

Augsnes cilmiežī augsnes attīstību var raksturot, kā ilgtermiņa skābes un bāzes reakciju, kur skābes no atmosfēras reaģē ar bāzēm ģeoloģiskajos nogulumos un minerāli kuri veidojas no sekundārajiem minerāliem veido augsnes pH vērtību un nosaka tās sārmainību. Augsnes, kuras satur Ca^{2+} , Mg^{2+} un Na^{+} skābums tiek neutralizēts un pH ir sārmainās vai bāzisks (Chadwick and Chorover, 2001).

Fe^{2+} jona nozīmīgumu un daudzumu cilmiežī nosaka ģeoloģiskie nogulumi, pārsvarā tie atrodas sekundārajos minerālos. Fe^{2+} klātbūtne un ir tieši saistīta ar podzolēšanas un brunifikācijas procesiem augsnē un augsnes organisko vielu daudzuma saistīšanos un stabilizēšanos (Tejnecký et al., 2015).

Augsnes minerālajā virskārtā, Ah horizonts un tā biezums ir būtisks augsnes auglības rādītājs dabiskajos zālajos. Tas sastāv no nepieciešamajiem elementiem augu augšanas procesā (Anderson, 1987), dabisko zālāju ekosistēmās, relatīvās sugu pārpilnības dēļ un aktīvas bioturbācijas dēļ noved pie bieža, tumša organiskā Ah horizonta (Mason and Zanner, 2005)

Fe^{2+} jona nozīmīgumu un daudzumu augsnes minerālajā virskārtā pārsvarā nosaka biota – mikroorganismu darbība un augsnes veģetācijas segums. Veģetācija ievērojami palielina Fe^{2+} jonu daudzumu augsnes minerālajā virskārtā, uzņemot to ar saknēm (Tejnecký et al., 2015).



4.3.4.attēls. Augsnes minerālā virskārtas (a, c) cilmeža (b, d), $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ vērtības un apmaiņas elementu (Al, Mn, Fe, K, Na, Mg, Ca) koncentrāciju (mg/kg) izvietojums ar komponentanalīzi nodalītajās asīs saistībā ar augsnes granulometriskā sastāva grupām (a, b) un gruntsūdens līmeni (c, d)

(granulometriskais sastāvs: brūns aplis – smalka smilts, oranžs aplis – smilts, zaļš trijstūris – mālsmilts; zils trijstūris – smilšmāls)

(izstrādājusi autore, izmantojot PCA rezultātus)

SECINĀJUMI

1. Dabiskajos zālajos Vidzemes centrālajā daļā ir konstatēta relatīvi liela augšņu daudzveidība (atbilstoši FAO klasifikācijai sastopamas 10 augšņu pamatgrupas, savukārt atbilstoši Latvijas klasifikācijai – sastopamas 13 augšņu apakštipi),
2. Relatīvi lielo augšņu daudzveidību, kā arī granulometriskā sastāva grupas un augsnes ķīmiskās īpašības nosaka augsnes cilmiezis, kas veidojies uz atšķirīgiem kvartāra nogulumiem: glaciģēnajiem (6 parauglaurumi), glaciolimniskajiem (7 parauglaurumi), glaciofluviālajiem (6 parauglaurumi), aluviālajiem (4 parauglaurumi) un purva (1 parauglaurums) nogulumiem.
3. Galveno komponentu analīzes rezultāti saistībā ar dabisko zālāju augšņu parauglaurumu dispersiju un punktu grupām augsnes minerālajā virskārtā un cilmiezī, parādīja, ka pēc augsnes apakštipiem un augšņu pamatgrupām atbilstoši FAO WRB klasifikācijai, kā arī gruntsūdens līmeņa – ir novērojama labāka parauglaurumu grupu nodalīšanās augsnes cilmiezī nekā augsnes minerālajā virskārtā.
4. Augstāk minēto secinājumu iespējams skaidrot ar faktu, ka augsnes cilmiezis ir relatīvi viendabīgāks nekā augsnes minerālā virskārta, kas ir pakļauta dažādu ārējo faktoru iedarbībai (piemēram, mitruma režīms, klimats, reljefs, zemes apstrāde un vēsturiskā apsaimniekošana) un augsnes veidošanās procesiem (organisko vielu akumulācija, izskalošanās, podzolēšanās, lesivēšanās, glejošanās).

PATEICĪBA

Darba autore izsaka lielu pateicību savam bakalaura darba vadītājam docentam Dr. geogr. Raimondam Kasparinskim par veltīto laiku, konsultācijām bakalaura darba tapšanas laikā un lauku darbu vadīšanā.

Paldies arī Dr. biol. Guntim Taboram un vides zinātņu maģistram Ingum Liepiņam, kā arī laborantam Konstantīnam Viliguram.

Autore izsaka pateicību starptautiskajam projektam „Integrētās plānošanas rīks pļavu dzīvotspējas nodrošināšanai (LIFE Viva Grass)” (Nr.: LIFE13/ENV/LT/000189) par finansiālo atbalstu pētījuma veikšanai.

IZMANTOTĀ LITERATŪRAS UN AVOTU SARAKSTS

Publicētie materiāli

- Alameda, D., Villar, R. 2012. Linking root traits to plant physiology and growth in *Fraxinus angustifolia* Vahl. seedlings under soil compaction conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 79, 49–57.
- Alexander, C., W., Scheu, S., Eisenhauer, N., 2011. Plant species richness drives the density and diversity of Collembola in temperate grassland. *Acta Oecologica*. 37, 195-202.
- Anderson, D., W. 1987. Pedogenesis in the Grassland and Adjacent Forests of the Great Plains. *Advances in Soil Science*. 7, 53-93.
- Bahr, A., Ellström, M., Schnoor, T., K., Pålsson, L., Olsson, P. A. 2012. Long-term changes in vegetation and soil chemistry in a calcareous and sandy semi-natural grassland. *Flora*. 207, 379–387.
- Barré, P., Velde, B., Fontaine, C., Catel, N., Abbadie, L. 2008. Which 2:1 clay minerals are involved in the soil potassium reservoir? Insights from potassium addition or removal experiments on three temperate grassland soil clay assemblages. *Geoderma*. 146, 216–223.
- Baumann, F., Schmidt, K., Dörfer, C., He, J., S., Scholten, T., Kühn, P. 2014. Pedogenesis, permafrost, substrate and topography: Plot and landscape scale interrelations of weathering processes on the central-eastern Tibetan Plateau. *Geoderma*. 226–227, 300–316.
- Birkhofer, K., Diekötter, T., Boch, S., Fischer, M., Müller, J., Socher, S., Wolters, V. 2011. Soil fauna feeding activity in temperate grassland soils increases with legume and grass species richness. *Soil Biology & Biochemistry*. 43, 2200-2207.
- Bucharová, A., Brabec, J., Münzbergová, Z. 2012. Effect of land use and climate change on the future fate of populations of an endemic species in central Europe. *Biological Conservation*. 145, 39–47.
- Bradl, H., B. 2004. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. *Journal of Colloid and Interface Science*. 277, 1–18.
- Cienciala, E., Exnerová, Z., Macků, J., Henžlík, V. 2006. Forest topsoil organic carbon content in Southwest Bohemia region. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*. 52, 387–398.
- Chadwick, O., A., Chorover, J. 2001. The chemistry of pedogenic thresholds. *Geoderma*. 100, 321–353.
- Chen, C., R., Condon, L., M., Xu, Z., H. 2008. Impacts of grassland afforestation with coniferous trees on soil phosphorus dynamics and associated microbial processes: A review. *Forest Ecology and Management*. 255, 396–409.
- Critchley, C., N., R., Chambers, B., J., Fowbert, J., A., Sanderson, R., A., Bhogal, A., Rose, S., C. 2002. Association between lowland grassland plant communities and soil properties. *Biological Conservation*. 105, 199–215.

- Conrad, M., K., Tischew, S. 2011. Grassland restoration in practice: Do we achieve the targets? A case study from Saxony-Anhalt/Germany. *Ecological Engineering*. 37, 1149–1157.
- Davidson, D.,A., Grieve, I., C., Young, I., M. 2002. Impacts of fauna on an upland grassland soil as determined by micromorphological analysis. *Applied Soil Ecology*. 20, 133–143.
- Datta, A., Basak, N., Chaudhari, S.K., Sharma, D., K. 2015. Soil properties and organic carbon distribution under different land uses in reclaimed sodic soils of North-West India. *Geoderma Regional*. 4, 134–146.
- Drewnik, M., Skiba, M., Szymański, W., Żyła, M. 2014. Mineral composition vs. soil forming processes in loess soils — A case study from Kraków (Southern Poland). *Catena*. 11, 166–173.
- Eiropas Savienības aizsargājami biotopi Latvijā. Noteikšanas rokasgrāmata. 2. papildināts izdevums (2013) A.Auniņa red., Rīga, Latvijas Dabas fonds, Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, 320 lpp.
- Ilmarinen, K., Mikola, J. 2009. Soil feedback does not explain mowin effects on vegetation structure in a semi-natural grassland. *Acta Oecologica* 35, 838–848.
- Forda, H., Garbutt, A., Jones, A., D., Jones, L. 2012. Impacts of grazing abandonment on ecosystem service provision: Coastal grassland as a model system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 162, 108–115.
- Gabarrón-Galeote, M., A., Trigale, S., Wesemael, B. 2015. Effect of land abandonment on soil organic carbon fractions along a Mediterranean precipitation gradient. *Geoderma*. 249–250, 69–78.
- Geissen, V., Wang, S., Oostindie, K., Huerta, E., Zwart, K., B., Smit, A., Ritsema, C., J., Moore, D. 2013. Effects of topsoil removal as a nature management technique on soil functions. *Catena*. 101, 50–55.
- Gray J.M., Humphreys G.S., Deckers J.A., 2009. Relationships in soil distribution as revealed by a global soil database. *Geoderma*, 150 (3/4), 309-323.
- Gross, N., Bloor, J., M., G., Louault, F., Maire, V., Soussana, J., F. 2009. Effects of land-use change on productivity depend on small-scale plant species diversity. *Basic and Applied Ecology*. 10, 687–696.
- Guelke, M., Blanckenburg, F., Schoenberg, R., Staubwasser, M., Stuetzel, H. 2010. Determining the stable Fe isotope signature of plant-available iron in soils. *Chemical Geology*. 277, 269–280.
- Güler, M., Arslanb, H., Cemek, B., Ersahin, S. 2014. Long-term changes in spatial variation of soil electrical conductivity and exchangeable sodium percentage in irrigated mesic ustifluvents. *Agricultural Water Management*. 135, 1–8.
- Heidak, M., O., Schöler, G., H., F. 2014. A comparison of micronutrients (Mn, Zn, Cu, Mo, Ni, Na) within rocks, soils, and leaves, from fallow agricultural lands and natural laurel forest areas (Tenerife, Canary Islands, Spain). *Journal of Geochemical Exploration*. 136, 55–64.

- Huang, M., Liang, T., Wang, L., Zhou, C. 2015. Effects of no-tillage systems on soil physical properties and carbon sequestration under long-term wheat–maize double cropping system. *Catena*. 128, 195–202.
- Jakšík, O., Kodešová, R., Kubiš, A., Stehlíková, I., Drábek, O., Kapička, A., 2015. Soil aggregate stability within morphologically diverse areas. *Catena* 127, 287–299
- Jalali, I., M. 2008. Effect of sodium and magnesium on kinetics of potassium release in some calcareous soils of western. *Geoderma*. 145, 207–215.
- Kanellopoulos, C., Argyraki, A. 2013. Soil baseline geochemistry and plant response in areas of complex geology. Application to NW Euboea, Greece. *Chemie der Erde*. 73, 519–532.
- Kārklīņš A., Gemste I., Mežals H., Nikodemus O., Skujāns R., 2009. *Latvijas augšņu noteicējs*. Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības universitāte.
- Kiehla, K., Kirmerb, A., Donathc, T., W., Rasrand, L., Hölzel, N. 2010. Species introduction in restoration projects – Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic and Applied Ecology*. 11, 285–299.
- Kumhálová, J., Moudrý, V. 2014. Topographical characteristics for precision agriculture in conditions of the Czech. *Applied Geography* 50, 90–98.
- Ludvíková, V., Pavlu, V., V., Gaisler, J., Hejzman, M., Pavlu, L. 2014. Long term defoliation by cattle grazing with and without trampling differently affects soil penetration resistance and plant species composition in *Agrostis capillaris* grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 197, 204–211.
- Lugato, E., Panagos, P., Bampa, F., Jones, L., M., 2014. A new baseline of organic carbon stock in European agricultural soil using a modelling approach. *Global Change Biology*. 20, 313–326.
- Maathuis, F., J., M. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*. 12, 250–258.
- Martin, D., Tarsem, L., Sachdev, C., B., Sharma, J., P. 2010. Soil organic carbon storage changes with climate change, landform and land use conditions in Garhwal hills of the Indian Himalayan mountains. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 138, 64–73.
- Mason, J., A., Zanner, C., W. 2005. Grassland soils. *Elsevier*. 138, 138–145.
- Matsumoto, H., Motoda, H. 2012. Aluminum toxicity recovery processes in root apices. Possible association with oxidative stress. *Plant Science*. 185–186, 1–8.
- 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. konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātne. Referātu tēzes*. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 478–480.

- McBratney A.B., Santos M.L.M., Minasny B., 2003. On digital soil mapping. *Geoderma*, 117 (1-2), 3-52.
- Melts, I., Heinsoo, K., Nurk, L., Pärn, L. 2013. Comparison of two different bioenergy production options from late harvested biomass of Estonian semi-natural grasslands. *Energy*. 61, 6-12.
- Millaleo, R., Reyes-Diaz, M., Ivanov, A., G., Mora, M., L., Alberdi, M. 2010. Manganese as essential and toxic element from plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10 (4), 470 – 481.
- Nikodemus, O., Kārklīņš, A., Kļaviņš, M., Melecis, V. 2008. Augsnis ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.
- O'Brien, S. L., Jastrow, D., J., Grimley, D., A., Gonzalez-Meler, M., A. 2015. Edaphic controls on soil organic carbon stocks in restored grasslands. *Geoderma*. 251–252, 117–123.
- Opfergelt, S., Burto, K., W., Georg R., B., West, A., J., Guicharnaud, R., A., Sigfusson, B., Siebert, C., Gislason, S., R., Halliday, A., N. 2014. Magnesium retention on the soil exchange complex controlling Mg isotope variations in soils, soil solutions and vegetation in volcanic soils, Iceland. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 125, 110–130.
- Oxbrough, A., G., Gittings, T., O'Halloran, T., Giller, J., P., Kelly, T., C. 2006. The initial effects of afforestation on the ground-dwelling spider fauna of Irish peatlands and grasslands. *Forest Ecology and Management*. 237, 478–491.
- Paroissien, J., B., Darboux, F., Couturier, A., Devillers, B., Mouillot, F., Raclot, D., Bissonais, Y., L. 2015. A method for modeling the effects of climate and land use changes on erosion and sustainability of soil in a Mediterranean watershed (Languedoc, France). *Journal of Environmental Management*. 150, 57-68.
- Payne, R., J., Stevens, C., L., Dise, N., B., Gowing, D., J., Pilkington, M., G., Phoenix, G., K., Emmettf, B., A., Ashmore, M., R., 2011. Impacts of atmospheric pollution on the plant communities of British acid grassland. *Environmental Pollution*. 159, 2602-2608.
- Pihlgren, A., Lenoir, L., Dahms, H. 2010. Ant and plant species richness in relation to grazing, fertilisation and topography. *Journal for Nature Conservation*. 18, 118–125.
- Pykala, J. 2005. Plant species responses to cattle grazing in mesic semi-natural grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 108, 109–117
- Ruskule, A., Nikodemus, O., Kasparinskis, R., Bell, S., Urtane, I. 2013. The perception of abandoned farmland by local people and experts: Landscape value and perspectives on future land use. *Landscape and Urban Planning*. 115, 49–61.
- Rūsiņa, S. 2008. Dabisko zālāju apsaimniekošana augāja daudzveidībai. Grām.: Auniņš, A. (red.) Aktuālā savvaļas sugu un biotopu apsaimniekošanas problemātika Latvijā . Rīga, Latvijas Universitāte, 29.-43
- Ryder, E., Eyto, D., E., Dillane, M., Poole, R., Jennings, E. 2014. Identifying the role of environmental drivers in organic carbon export from a forested peat catchment. *Science of the Total Environment*. 490, 28–36.

Schroedera, B., Rudner, M., Biedermann, R., Kogl, H., Kleye, M. 2008. landscape model for quantifying the trade-off between conservation needs and economic constraints in the management of a semi-natural grassland community. *BIOLOGICAL CONSERVATION*. 141, 719 – 732.

Schuth, S., Hurra, J., Munker, C., Mansfeldt, T. 2015. Redox-dependent fractionation of iron isotopes in suspensions of a groundwater-influenced soil. *Chemical Geology*. 392, 74–86.

Scotton, M., Sicher, L., Kasal, A. 2014. Semi-natural grasslands of the Non Valley (Eastern Italian Alps): Agronomic and environmental value of traditional and new Alpine hay-meadow types. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 197, 243–254.

Sedov, S., Solleiro-Rebolledo, E., Fedick, S., L., Pi-Puig, T., Vallejo-Gómez, E., Lourdes Flores-Delgado, M. 2008. Micromorphology of a Soil Catena in Yucatán: Pedogenesis and Geomorphological Processes in a Tropical Karst Landscape. *Springer*. 20-21, 111–182.

Seibert, J., Stendahl, J., Sorensen, R. 2007. Topographical influences on soil properties in boreal forests. *Geoderma*. 141, 139-148.

Seneviratne, S., I., Corti, T., Davin, E., L., Hirschi, M., Jaeger, E., B., Lehner, I., Orlowsky, B., Teuling, A., J. 2010. Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: A review. *Earth-Science Reviews*. 99, 125–161.

Sochera, S., A., Pratia, D., Bocha, S., Müllerb, J., Baumbachb, H., Gockele, S., Hempb, A., Schöningd, I., Wells, K., Buscoth, F., Kalkof, E., K., V., Linsenmairi, E., K., Schulzed, E., D., Weissere, W., W., Fischera, M. 2013. Interacting effects of fertilization, mowing and grazing on plant species diversity of 1500 grasslands in Germany differ between regions. *Basic and Applied Ecology*. 14, 126–136.

Sojneková, M., Chytrý, M. 2015. From arable land to species-rich semi-natural grasslands: Succession in abandoned fields in a dry region of central Europe. *Ecological Engineering*. 77, 373–381

Stirzaker, J.R., Passioura, J.B., Wilms, Y. 1996. Soil structure and plant growth: Impact of bulk density and biopores. *Plant and Soil*. 185, 151-162.

Vanwambeke, O., S., Meyfroidt, P., Nikodemus, O. 2012. From USSR to EU: 20 years of rural landscape changes in Vidzeme, Latvia. *Landscape and Urban Planning*. 105, 241–249.

Teka, K., Nyssen, J., Teha, N., Haile, M., Deckers, J. 2015. Soil, land use and landform relationship in the Precambrian lowlands of northern Ethiopia. *Catena*. 131, 84–91.

Tejnecký, V., Šamonil, P., Grygar, M., Vašát, R., Ash, C., Drahot, P., Šebek, O., Němeček, K., Drábek, O. 2015. Transformation of iron forms during pedogenesis after tree uprooting in a natural beech-dominated forest. *Catena* 132, 12–20.

Thomaz, L., E., Fachin, P., L. 2014. Effects of heating on soil physical properties by using realistic peak temperature gradients. *Geoderma*. 230–231, 243–249.

Twongyirwe, R., Sheil, D., Majaliwa, J., G., M., Ebanyat, P., Tenywa, M., M., van Heist, M., Kumar, L. 2012. Variability of Soil Organic Carbon stocks under different land uses: A study in an afro-montane landscape in southwestern Uganda. *Geoderma*. 193, 282–289.

Zhang, T., Wang, Y., Wang, Q., Han, J. 2009. Organic carbon and nitrogen stocks in reed meadow soils converted to alfalfa fields Tiejun. *Soil & Tillage Research*. 105, 143–148.

Zörba, C., Senbayram, M., Peiter, E. 2014. Potassium in agriculture – Status and perspectives Christian. *Journal of Plant Physiology*. 171, 656–669.

Yanga, F., Dua, M., Tiana, X., Eneji, A., E., Duana, L., Li, Z. 2014. Plant growth regulation enhanced potassium uptake and use efficiency in cotton. *Field Crops Research*. 163, Springer

Qafoku, N., P. 2015. Chapter Two – Climate-Change Effects on Soils: Accelerated Weathering, Soil Carbon, and Elemental Cycling. *Advances in Agronomy*. 113, 111–172.

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

Washbourne, L., C., Renforth, P., Manning, D., A., C. 2012. Investigating carbonate formation in urban soils as a method for capture and storage of atmospheric carbon. *Science of the Total Environment*. 431, 166–175.

Xua, J., M., Tang, C., Chen, Z., L. 2006. The role of plant residues in pH change of acid soils differing in initial pH. *Soil Biology & Biochemistry*. 38, 709–719.

Interneta resursi

Kingwell, B. 1981. *Soils as a habitat for plants*. Sk. 25.05.2015. Pieejams: <http://rfcarchives.org.au/Next/CaringForTrees/SoilHabitat3-81.htm>

Kelling, K., A., Schulte E., E. 2004. *Soil and Applied Calcium*. Sk. 02.05.2015. Pieejams: <http://www.soils.wisc.edu/extension/pubs/A2523.pdf>

Krstic, D., Djalovic, I., Nikezic, D., Bjelic, D. 2012. Aluminium in Acid Soils: Chemistry, Toxicity and Impact on Maize Plants, *Food Production - Approaches, Challenges and Tasks*, Prof. Anna Aladjadjyan (Ed.), ISBN: 978-953-307-887-8, InTech, Sk. 02.05.2015. Pieejams: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/26525.pdf>

Granco minerāls. [S.a.]. *Using cation Exchange capacity (CEC) to recommend progyp application rates*. 25.05.2015. Pieejams: <http://www.grancominerals.com/wp-content/uploads/2013/08/progypCEC.pdf>

Latvijas Dabas fonds 2013. *Latvijas dabiskie zālāji mirst – par Latvijas Lauku attīstības programmas 2014.-2020. Vides pasākumiem*. Sk. 10.04.15. Pieejams: <http://ldf.lv/lv/article/latvijas-dabiskie-zalaji-mirst-par-latvijas-lauku-attistibas-programmas-2014-2020-vides>

Pidwirny, M., 2013. *Soil*. Encyclopedia or Earth topics. Sk. 02.05.2015. Pieejams: <http://www.eoearth.org/view/article/156081/>

Rudy van Diggelen. 2009. *Ecological restoration of semi-natural grasslands in Europe*. Sk. 02.05.2015. Pieejams: <http://www.slideshare.net/salvere/ecological-restoration-of-semi-natural-grassland-in-europe>

Selassie, Y., G. Anemut, F., Addisu, S. 2015. The effects of land use types, management practices and slope classes on selected soil physico-chemical properties in Zikre watershed, North-Western Ethiopia. Sk. 17.05.2015.

Pieejams: <http://www.environmentalsystemsresearch.com/content/4/1/3>

Shuulet, E., E. 2004. *Soil and Applied Iron*. Sk. 02.05.2015. Pieejams: <http://www.soils.wisc.edu/extension/pubs/A3554.pdf>

Shuulet, E., E. 2004. *Soil and Applied Magnesium*. Sk. 02.05.2015. Pieejams: <http://www.soils.wisc.edu/extension/pubs/A2524.pdf>

Spectrum Analytic Inc. [S.a.]. *Magnesium in the Soil*. Sk. 12.03.2015. Pieejams http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Mg_Basics.htm

Soil pH. Bez data. *United states Department of Agriculture*. Sk. 17.05.2015. Pieejams: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053293.pdf

Velthof, G., Barot, S., Bloem, J., Butterbach-Bahl, K., Kros, J., Lavelle, P., Olesen, J., E., Oenema, O. 2011. *Nitrogen as a threat to European soil quality*. Sk. 02.05.2015. Pieejams: http://www.nine-esf.org/sites/nine-esf.org/files/ena_doc/ENA_pdfs/ENA_c21.pdf

Nepublicēti materiāli

Eglīte, K., 2010. Nitrātjonu dinamika augsnes virskārtā nitrātu jutīgajās teritorijās Latvijā: bakalaura darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Jermušs, A. 2010. Slāpekļa mēslojuma normas optimizācija vasaras kviešiem smilšmāla un mālsmiltis augsnēs dažādiem priekšaugiem: promocijas darbs. Jelgava, Lauksaimniecības fakultāte, Latvijas Lauksaimniecības universitāte.

Kasparinskis, R., 2012. Latvijas meža augšņu daudzveidība un to ietekmējošie faktori: promocijas darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Markots, A., 2011. Plakanvirsmas pauguru morfoloģija, uzbūve un veidošanās apstākļi salveida akumulatīvi glaciotrukturālajās augstiens Latvijā: promocijas darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Lamsters, K., 2011. Madlienas nolaidenuma glaciālās reljefa formas un to veidošanās apstākļi: maģistra 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.

Rūsiņa, S., 2006. Latvijas mezofīto un kserofīto zālāju daudzveidība un kontaktsabiedrības: promocijas darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

PIELIKUMS

Galveno komponentu analīze augsnes cilmiezim

(izstrādājusi autore)

***** PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS -- Paraugi in Faktori space *****
 PC-ORD, 5.10
 25 May 2015, 21:04

Randomization test requested. 999 runs.
 3594 = Seed for random number generator.

Cross-products matrix contains CORRELATION COEFFICIENTS among Faktori

CROSS-PRODUCTS MATRIX

```
-----
Na      0.1000D+01
Mg      0.7419D+00  0.1000D+01
K       0.5979D+00  0.5601D+00  0.1000D+01
Ca      0.3519D+00  0.7135D+00  0.5092D+00  0.1000D+01
Al      0.5194D-01  -0.2333D+00  0.3833D+00  -0.3136D+00  0.1000D+01
Fe      0.1052D+00  0.4035D-01  0.1752D+00  0.7592D-01  0.5129D-01  0.1000D+01
Mn     -0.3250D-01  -0.1700D+00  0.3732D+00  -0.6975D-01  0.2524D+00  0.1536D+00
0.1000D+01
pH      0.1529D+00  0.3627D+00  0.1090D+00  0.4591D+00  -0.4029D+00  0.1698D+00
0.2710D-01  0.1000D+01
-----
```

VARIANCE EXTRACTED, FIRST 8 AXES

```
-----
Broken-stick
AXIS  Eigenvalue  % of Variance  Cum.% of Var.  Eigenvalue
-----
1      2.953      36.918      36.918      2.718
2      1.805      22.556      59.474      1.718
3      1.179      14.739      74.213      1.218
4      0.844      10.546      84.759      0.885
5      0.518      6.470      91.229      0.635
6      0.471      5.892      97.121      0.435
7      0.122      1.524      98.645      0.268
8      0.108      1.355      100.000     0.125
-----
```

FIRST 6 EIGENVECTORS, scaled to unit length.

These can be used as coordinates in a distance-based biplot,
 where the distances among objects approximate their Euclidean
 distances.

```
-----
Eigenvector
Faktori      1      2      3      4      5      6
-----
Na      0.4441  -0.1641  -0.2985  -0.2275  -0.6047  -0.0246
Mg      0.5331   0.0924  -0.2219  -0.0498  -0.0787   0.0972
K       0.4215  -0.4558  -0.0321   0.1350   0.2056   0.0001
Ca      0.4760   0.1689   0.0578   0.1881   0.6120   0.2070
Al     -0.1033  -0.6297  -0.1873  -0.0949   0.2917  -0.5474
Fe      0.1154  -0.1620   0.5913  -0.7574   0.0875   0.1643
-----
```

Mn	0.0097	-0.4570	0.4913	0.5269	-0.3112	0.3077
pH	0.3006	0.3109	0.4808	0.1784	-0.1477	-0.7251

FIRST 6 EIGENVECTORS, each scaled to its standard deviation
 These are sometimes called V vectors, and, when applied to
 PCA of a correlation matrix, are the same as the correlation
 coefficient between scores for rows in the main matrix and the
 column variables.

Eigenvector						
Faktori	1	2	3	4	5	6
Na	0.7631	-0.2204	-0.3241	-0.2089	-0.4350	-0.0169
Mg	0.9161	0.1241	-0.2410	-0.0457	-0.0567	0.0667
K	0.7244	-0.6123	-0.0349	0.1240	0.1479	0.0001
Ca	0.8180	0.2269	0.0628	0.1727	0.4403	0.1421
Al	-0.1775	-0.8459	-0.2034	-0.0871	0.2098	-0.3758
Fe	0.1983	-0.2176	0.6421	-0.6957	0.0630	0.1128
Mn	0.0166	-0.6139	0.5335	0.4840	-0.2239	0.2113
pH	0.5166	0.4176	0.5220	0.1639	-0.1063	-0.4978

COORDINATES (SCORES) OF Paraugi

Axis (Component)						
Paraugi	1	2	3	4	5	6
1 1_4	0.0380	1.2894	-0.3566	0.2740	0.2302	0.0410
2 1_4	0.1755	1.3174	-0.2448	0.3740	0.3614	-0.0434
3 1_4	0.1156	1.3767	-0.2029	0.3798	0.3736	-0.0884
4 2_4	1.1468	1.1041	-0.1063	0.4896	0.1687	-0.5622
5 2_4	0.5628	1.3049	0.1762	0.5671	0.2801	-0.7437
6 2_4	0.8586	1.1373	-0.0236	0.4853	0.1283	-0.6364
7 3_	-0.5804	-4.3981	-2.4793	-0.5434	1.3566	-1.1736
8 3_	-0.8468	-4.1595	-2.4564	-0.4586	1.3778	-1.0181
9 3_	-0.8267	-4.1600	-1.7629	-1.1328	1.3764	-1.0760
10 4_4	-1.2708	0.8574	-0.3407	-0.0395	-0.7375	-0.3493
11 4_4	-1.2784	0.9535	-0.2485	0.0220	-0.6720	-0.3530
12 4_4	-1.6782	1.1523	-0.0162	0.1480	-0.3211	-0.3894
13 5_6	2.4698	0.8562	-0.0542	0.8808	0.9603	-0.5240
14 5_6	2.2444	0.8196	-0.0917	0.8182	0.8506	-0.4907
15 5_6	3.3965	-0.4673	3.3630	-4.1061	1.2590	0.6217
16 6_8	-2.8340	0.2510	-0.7273	-0.2493	-0.0948	0.1293
17 6_8	-2.6792	0.2109	-0.8792	-0.3854	-0.4887	0.1734
18 6_8	-2.3924	0.1063	-1.0207	-0.4804	-0.7763	0.1529
19 7_2	-1.2942	1.0527	1.1988	-0.6939	-0.4535	-0.9533
20 7_2	-1.5806	1.2730	0.9606	0.0214	-0.1179	-1.0741
21 7_2	-1.2975	1.1184	0.8820	-0.2559	-0.4710	-1.0560
22 8_5	1.0145	-1.8661	1.1339	2.5021	-0.2761	1.5592
23 8_5	1.0900	-1.8076	1.7454	1.2464	0.3493	1.6136
24 8_5	0.9623	-2.1156	1.1752	2.6211	-0.3330	1.7559
25 9_5	-2.3721	0.7407	-0.4106	-0.0760	-0.4734	0.1941
26 9_5	-2.3467	0.4521	-0.6522	-0.2181	-0.6295	0.2097
27 9_5	-1.7438	-0.1987	1.6328	-3.2646	-0.4656	0.8151
28 10_5	-0.9222	-1.4309	2.2465	0.7696	-0.2386	-1.0240
29 10_5	-0.4349	-1.7635	3.0602	-0.0068	-0.4289	-0.7865
30 10_5	-0.4087	-1.9119	3.0259	0.1087	-0.2694	-0.9520
31 11_4	-0.8343	0.4749	-0.3325	0.1614	-0.3999	-0.1487
32 11_4	-0.6190	0.4088	-0.3804	0.1222	-0.5856	-0.2276
33 11_4	-0.8786	0.5328	-0.2105	0.2476	-0.2315	-0.2094

34	12_5	0.5867	0.9580	0.5474	0.3050	0.7639	-0.5386
35	12_5	0.3691	1.1215	0.7135	0.3079	0.6286	-0.7607
36	12_5	0.9596	0.9554	0.5317	0.2487	0.4112	-0.7642
37	13_4	0.0907	-0.5867	-1.0777	0.2439	-0.1190	0.8704
38	13_4	0.2795	-0.5915	-1.2629	0.0781	-0.3426	0.8108
39	13_4	-0.1154	-0.3973	-0.8496	0.2219	0.1447	0.6623
40	14_4	-0.0103	0.0082	-0.4318	-0.1427	0.5447	1.0508
41	14_4	0.4937	-0.1477	-0.5902	-0.0443	0.5118	1.0727
42	14_4	-0.1080	-0.0022	-0.0929	-0.4500	0.7132	1.1365
43	15_4	-0.8321	0.7431	-0.3857	0.2840	0.0657	0.4290
44	15_4	-0.8745	0.7055	-0.3672	0.2616	-0.0259	0.3245
45	15_4	-0.8229	0.7385	-0.3927	0.2421	-0.0193	0.3170
46	16_4	0.8237	0.9781	-0.1034	0.6612	0.8748	-0.1298
47	16_4	1.0762	0.9403	-0.1709	0.5753	0.5238	-0.2836
48	16_4	1.0904	0.9005	0.0249	0.3694	0.5118	-0.2994
49	17_	-1.3705	0.6674	-0.5146	-0.0847	-0.6417	-0.0192
50	17_	-1.5587	0.6815	-0.4533	-0.0483	-0.5352	-0.0062
51	17_	-1.5173	0.5516	0.2718	-0.8525	-0.3757	0.1143
52	18_3	1.0431	-2.8777	0.6323	0.0210	-2.4047	-0.3867
53	18_3	-0.5435	-2.3354	1.4055	1.1806	-0.2464	-0.4822
54	18_3	-0.4989	-2.4241	1.4489	1.2268	-0.2784	-0.5290
55	19_5	-1.4139	0.1513	0.4140	-1.1487	-0.2268	0.5165
56	19_5	-1.8124	0.4326	0.1659	-0.3697	0.0657	0.3222
57	19_5	-1.7851	0.3394	-0.1259	-0.3546	-0.1852	0.3839
58	20_7	-1.5433	-0.2055	-0.7889	0.0478	-0.2365	0.5043
59	20_7	-1.4866	-0.3023	-0.7599	0.0923	-0.3126	0.5118
60	20_7	-1.5665	-0.2912	-0.7598	0.0721	-0.2289	0.4267
61	21_7	1.5998	0.9273	0.0141	-0.0794	0.8254	0.2963
62	21_7	1.5236	0.9422	-0.1287	0.0488	0.8403	0.3289
63	21_7	1.4149	0.9259	0.6122	-0.5307	1.1598	0.4016
64	22_5	5.3824	-0.0763	-1.3804	-0.4632	-1.5840	-0.4935
65	22_5	5.7721	-0.2625	-1.5278	-0.7262	-1.8279	-0.3522
66	22_5	5.2949	-0.2569	-1.3676	-0.8768	-1.7281	-0.2501
67	23_4	0.5603	-0.0383	-0.5620	-0.0882	0.5204	0.8599
68	23_4	0.6840	-0.0660	0.1604	-0.7445	0.4853	0.7441
69	23_4	1.1691	-0.5783	-0.1569	-1.4712	-0.2384	1.0329
70	24_	1.1964	0.8977	-0.1718	0.5175	0.2390	-0.4996
71	24_	0.6698	1.2143	0.0080	0.5969	0.5855	-0.4113
72	24_	0.8252	1.1485	-0.1309	0.5435	0.5340	-0.2972

4.43 = inflation factor for biplot scores

BEGINNING RANDOMIZATIONS

RANDOMIZATION RESULTS

999 = number of randomizations

Axis	Eigenvalue	Eigenvalues from randomizations			p *
	from real data	Minimum	Average	Maximum	
1	2.9534	1.2712	1.5249	1.9705	0.001000
2	1.8045	1.1313	1.3175	1.6023	0.001000
3	1.1791	1.0021	1.1609	1.3618	0.363000
4	0.84370	0.89599	1.0342	1.2043	1.000000
5	0.51756	0.76275	0.91782	1.0520	1.000000
6	0.47134	0.62255	0.80294	0.96096	1.000000
7	0.12192	0.51137	0.68632	0.86527	1.000000
8	0.10844	0.29161	0.55540	0.73242	1.000000

* p-value for an axis is (n+1)/(N+1), where n is the number of randomizations

with an eigenvalue for that axis that is equal to or larger than the observed eigenvalue for that axis. N is the total number of randomizations.

APPLICATION OF STOPPING RULES

Last useful axis	Rule acronym	Explanation (see Peres-Neto, Jackson & Somers 2005)
2	Rnd-Lambda	Observed eigenvalue as compared to randomizations
6	Rnd-F	Observed pseudo-F-ratio compared to randomizations
3	Avg-Rnd	Observed eigenvalue as compared to average eigenvalue from randomizations
2	BS	Observed eigenvalue as compared to broken-stick eigenvalue

Notes: Rnd-Lambda is relatively robust to non-normal data.

Rnd-F performs well with uncorrelated variables and multivariate normality.

Avg-Rnd performs well with multivariate normal data without uncorrelated variables.

BS performs well when variables are highly correlated.

For more information, see Peres-Neto et al. (2005 -- Comp.Stat.Data Anal.)

***** End of PCA *****

Galveno komponentu analīzes: augšņu ķīmiskie rādītāji minerālajai virskārtai

(izstrādājusi autore)

***** PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS -- Paraugi in Faktori space *****

PC-ORD, 5.10

25 May 2015, 21:18

Randomization test requested. 999 runs.

2186 = Seed for random number generator.

Cross-products matrix contains CORRELATION COEFFICIENTS among Faktori

CROSS-PRODUCTS MATRIX

```

-----
Na      0.1000D+01
Mg      0.2417D+00  0.1000D+01
K       0.1664D+00 -0.2087D+00  0.1000D+01
Ca      0.5140D+00  0.8436D+00 -0.8335D-01  0.1000D+01
Al      0.1465D+00 -0.6206D+00  0.2801D+00 -0.4328D+00  0.1000D+01
Fe      0.1017D+00 -0.2258D+00  0.1087D+00 -0.1168D+00  0.7254D+00  0.1000D+01
Mn      0.3171D+00 -0.3987D-02 -0.1020D+00  0.2771D-01  0.6275D-01 -0.1171D+00
        0.1000D+01
Ah biezu 0.1926D+00  0.3198D+00  0.9557D-01  0.3131D+00 -0.4273D+00 -0.3742D+00
        0.3035D+00  0.1000D+01
-----

```

VARIANCE EXTRACTED, FIRST 8 AXES

```

-----
                          Broken-stick
AXIS  Eigenvalue  % of Variance  Cum.% of Var.  Eigenvalue
-----
1     2.913      36.413      36.413      2.718
2     1.662      20.769      57.181      1.718
3     1.271      15.891      73.072      1.218
4     1.034      12.927      85.999      0.885
5     0.532       6.648      92.647      0.635
6     0.373       4.662      97.309      0.435
7     0.122       1.520      98.830      0.268
8     0.094       1.170     100.000      0.125
-----

```

FIRST 6 EIGENVECTORS, scaled to unit length.

These can be used as coordinates in a distance-based biplot,
where the distances among objects approximate their Euclidean
distances.

```

-----
                          Eigenvector
Faktori    1      2      3      4      5      6
-----
Na         0.1736  0.6514  0.0293  0.0455 -0.4440  0.4791
Mg         0.4972  0.0858 -0.3549  0.0247  0.1469 -0.3747
K          -0.1368  0.2924  0.1804 -0.8166 -0.0984 -0.4215
Ca         0.4621  0.3097 -0.3495 -0.0212 -0.0107 -0.0987
Al        -0.4804  0.3844 -0.0019  0.0903  0.0829  0.0540
-----

```

Fe	-0.3445	0.3884	-0.3710	0.1416	0.5798	-0.0793
Mn	0.1043	0.2854	0.6088	0.5000	-0.0093	-0.5228
Ah bieu	0.3606	0.0828	0.4585	-0.2276	0.6545	0.4001

FIRST 6 EIGENVECTORS, each scaled to its standard deviation
 These are sometimes called V vectors, and, when applied to
 PCA of a correlation matrix, are the same as the correlation
 coefficient between scores for rows in the main matrix and the
 column variables.

Faktori	Eigenvector					
	1	2	3	4	5	6
Na	0.2962	0.8396	0.0331	0.0463	-0.3238	0.2926
Mg	0.8486	0.1106	-0.4002	0.0251	0.1072	-0.2289
K	-0.2334	0.3768	0.2034	-0.8305	-0.0718	-0.2574
Ca	0.7887	0.3992	-0.3941	-0.0215	-0.0078	-0.0603
Al	-0.8199	0.4955	-0.0021	0.0918	0.0605	0.0330
Fe	-0.5880	0.5007	-0.4183	0.1440	0.4228	-0.0484
Mn	0.1780	0.3678	0.6864	0.5085	-0.0068	-0.3193
Ah bieu	0.6155	0.1068	0.5170	-0.2314	0.4773	0.2444

COORDINATES (SCORES) OF Paraugi

Paugi	Axis (Component)					
	1	2	3	4	5	6
1 1_1_	1.9795	-0.6848	-2.1421	0.1182	-0.0552	-0.8500
2 1_2_	2.1351	-0.1591	-2.0683	0.1186	-0.4452	-0.5082
3 1_3_	2.0028	-0.6976	-2.1233	0.1298	-0.0628	-0.8741
4 2_1_	-0.9788	-1.0526	0.1915	-1.7908	-0.1996	-1.3936
5 2_2_	-0.6513	-1.5417	-0.2870	0.1910	-0.1618	-0.0194
6 2_3_	-0.9105	-0.8228	0.0931	-1.4893	-0.3833	-0.8840
7 3_1_	-0.2278	-0.6776	1.6870	0.9027	0.8285	-0.0086
8 3_2_	-0.1735	-0.1854	1.8941	1.1044	0.5620	0.1772
9 3_3_	-0.0821	0.0446	1.8494	1.0806	0.3938	0.4020
10 4_1_	0.4380	-0.9751	0.8601	-3.5060	1.5844	-0.8118
11 4_2_	0.5179	-1.0582	0.7692	-3.0209	1.5961	-0.5092
12 4_3_	1.0599	-1.4969	0.2003	-0.5161	1.6347	1.0629
13 5_1_	3.5858	2.6724	-1.5729	-0.4035	-0.9819	1.0693
14 5_2_	3.2687	1.6937	-1.5616	-0.5891	-0.3656	0.3581
15 5_3_	3.1167	0.9529	-1.5894	-0.4448	0.0548	0.0199
16 6_1_	-1.7400	-1.4593	-0.4819	0.9103	-0.6280	0.1870
17 6_2_	-1.7801	-1.4130	-0.4712	0.9683	-0.5839	0.1698
18 6_3_	-3.0541	0.1210	-1.9022	1.4848	1.5241	0.0011
19 7_1_	-1.0360	-0.1825	1.0151	-0.3935	-0.1677	-1.0439
20 7_2_	-0.9219	0.0048	1.0110	-0.4259	-0.3454	-0.8705
21 7_3_	-0.9739	-0.1978	0.9414	-0.4064	-0.1756	-0.9709
22 8_1_	-0.7105	1.2297	0.8505	-1.1559	-0.6630	0.2030
23 8_2_	-0.7822	1.3178	0.7492	-1.0914	-0.5473	0.2391
24 8_3_	-0.7080	1.3799	0.8275	-1.1261	-0.7162	0.3030
25 9_1_	-0.6323	1.0672	0.8393	-1.6764	-0.5667	0.6308
26 9_2_	-0.6972	1.1177	0.8764	-1.6779	-0.6107	0.6658
27 9_3_	-0.3166	1.4777	0.8735	-1.6490	-0.9933	1.0116
28 10_1_	-1.3233	-0.1980	0.1821	-1.0592	-0.8796	-0.2005
29 10_2_	-1.4473	-0.3981	0.1753	-1.0432	-0.7204	-0.3329
30 10_3_	-1.3272	-0.4146	0.2041	-1.0323	-0.8345	-0.2595
31 11_1_	-0.9389	0.3942	0.3987	-0.9330	-0.6394	0.3643
32 11_2_	-1.0681	0.5269	0.3953	-0.9311	-0.5975	0.3562

33	11_3_	-1.2261	0.2380	0.3592	-0.9159	-0.3383	0.1491
34	12_1_	-0.8166	-0.0616	0.6179	0.9003	-0.2021	0.3684
35	12_2_	-0.8523	-0.0811	0.6309	0.9779	-0.0975	0.2883
36	12_3_	-1.0507	-0.5773	0.6105	0.9027	0.1518	0.0471
37	13_1_	0.9853	-0.1464	0.9605	1.0051	0.0226	-0.4967
38	13_2_	1.1282	0.0604	0.9894	1.1273	0.0297	-0.6320
39	13_3_	0.9628	-0.3709	0.9373	1.0098	0.2194	-0.7538
40	14_1_	0.4484	-1.0183	0.3148	0.1241	0.4787	1.2957
41	14_2_	0.3895	-1.4282	0.2974	0.0673	0.6997	1.0221
42	14_3_	0.3243	-1.7146	0.3209	0.0780	0.8709	0.8148
43	15_1_	3.8958	2.5655	1.2277	0.5872	0.8064	-0.6522
44	15_2_	4.0968	3.2060	1.2875	0.6788	0.4390	-0.3321
45	15_3_	4.1278	2.9899	1.2147	0.6100	0.5586	-0.4982
46	16_1_	0.9088	-1.3012	-1.2548	0.1306	-0.0350	-0.2439
47	16_2_	1.3620	-0.4976	-1.4393	0.1267	-0.4269	0.0539
48	16_3_	1.4442	-0.0267	-1.3857	0.1683	-0.7586	0.4321
49	17_1_	0.7376	-1.1771	0.2292	0.1333	0.6570	-0.0018
50	17_2_	0.7388	-1.2589	0.2550	0.1770	0.6798	-0.0377
51	17_3_	0.7588	-1.1018	0.2319	0.1673	0.6073	0.0687
52	18_1_	1.1876	-0.9624	-1.2853	0.1332	-0.0259	0.2806
53	18_2_	1.1686	-0.6737	-1.1978	0.1641	-0.2558	0.5706
54	18_3_	1.2319	-0.5903	-1.2208	0.1641	-0.2980	0.5916
55	19_1_	-1.3069	0.5384	1.4359	1.4936	0.6532	-0.1977
56	19_2_	-1.0593	1.3275	1.6981	1.6626	0.1523	0.0977
57	19_3_	-1.1589	1.0966	1.6165	1.6197	0.3651	-0.0422
58	20_1_	-3.6307	2.8320	-2.2024	0.3494	0.6250	0.2010
59	20_2_	-4.0702	1.9904	-2.2499	0.1256	1.3558	-0.5812
60	20_3_	-4.6480	4.2685	-2.6829	-0.1157	1.5093	-0.2505
61	21_1_	-0.4892	-0.7302	-0.2456	1.2749	-1.2762	-1.2122
62	21_2_	-0.2251	-0.0939	-0.2255	1.2519	-1.6982	-0.8522
63	21_3_	-0.3415	-0.4045	-0.2611	1.2530	-1.4234	-1.1252
64	22_1_	0.0288	0.1841	0.3767	0.2947	-0.3402	0.6428
65	22_2_	-0.1277	0.0192	0.4123	0.2248	-0.2395	0.5413
66	22_3_	-0.1998	-0.3079	0.4168	0.2529	-0.0082	0.2916
67	23_1_	-1.1565	-0.7328	-0.1683	0.5393	-0.5492	0.9199
68	23_2_	-1.1993	-0.7849	-0.1497	0.5169	-0.5008	0.8592
69	23_3_	-1.2951	-1.0704	-0.1560	0.4932	-0.3090	0.6672
70	24_1_	1.0264	-1.5359	-0.9364	-0.2117	0.6568	0.0104
71	24_2_	1.0093	-1.8219	-0.9963	-0.1165	0.8795	-0.1853
72	24_3_	1.2692	-1.2318	-1.0677	-0.0727	0.5110	0.1971

1.00 = inflation factor for biplot scores

BEGINNING RANDOMIZATIONS

RANDOMIZATION RESULTS

999 = number of randomizations

Axis	Eigenvalue	Eigenvalues from randomizations			
	from real data	Minimum	Average	Maximum	p *
1	2.9130	1.2866	1.5330	2.0236	0.001000
2	1.6615	1.1481	1.3156	1.5764	0.001000
3	1.2712	1.0030	1.1648	1.3510	0.040000
4	1.0342	0.87914	1.0320	1.2222	0.467000
5	0.53183	0.70158	0.91471	1.0651	1.000000
6	0.37298	0.60797	0.80058	0.96849	1.000000
7	0.12164	0.47981	0.68451	0.83905	1.000000
8	0.93638E-01	0.33341	0.55483	0.73742	1.000000

* p-value for an axis is $(n+1)/(N+1)$, where n is the number of randomizations with an eigenvalue for that axis that is equal to or larger than the observed eigenvalue for that axis. N is the total number of randomizations.

APPLICATION OF STOPPING RULES

Last useful axis	Rule acronym	Explanation (see Peres-Neto, Jackson & Somers 2005)
3	Rnd-Lambda	Observed eigenvalue as compared to randomizations
6	Rnd-F	Observed pseudo-F-ratio compared to randomizations
4	Avg-Rnd	Observed eigenvalue as compared to average eigenvalue from randomizations
1	BS	Observed eigenvalue as compared to broken-stick eigenvalue

Notes: Rnd-Lambda is relatively robust to non-normal data.
 Rnd-F performs well with uncorrelated variables and multivariate normality.
 Avg-Rnd performs well with multivariate normal data without uncorrelated variables.
 BS performs well when variables are highly correlated.
 For more information, see Peres-Neto et al. (2005 -- Comp.Stat.Data Anal.)

***** End of PCA *****