

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOGRĀFIJAS NODAĻA

ILGGADĪGO ZĀLĀJU AUGŠŅU UN TO ĪPAŠĪBU RAKSTUROJUMS Z/S „SITA”
UN Z/S “STIRNAS”

BAKALaura DARBS

Autors: Dainis Kļavinskis

Stud. apl. dk16051

Darba vadītājs: Asoc. prof. Raimonds Kasparinskis

RĪGA 2019

ANOTĀCIJA

Pēdējo gadu laikā Latvijā, tāpat kā visā Eiropā strauji samazinās dabīgo un daļēji dabīgo zālāju platības. Zālāju kvalitāte un izplatība ir atkarīga no augsnēm uz kurām tie sastopami, tādēļ, ir svarīgi izziņāt augsni ietekmējošos faktorus un īpašības, lai būtu iespējams izstrādāt ieteikumus zālāju ilgtspējīgai apsaimniekošanai. Augsnes faktorus ietekmē reljefs, mitruma apstākļi, kā arī cilvēku antropogēnā darbība.

Bakalaura darba mērķis ir noskaidrot augšņu un to īpašību ģeogrāfiskās likumsakarības saistībā ar dabas faktoriem un cilvēka saimniecisko darbību ilggadīgajos zālajos lokālā mērogā Z/S „Sita” un Z/S “Stirnas”, lai izstrādātu rekomendācijas zālāju ilgtspējīgai apsaimniekošanai.

Pētījumā lokālā mērogā konstatēta relatīvi liela augšņu daudzveidība, ko nosaka augsnes veidošanās procesi, turklāt, fizikālo un ķīmisko īpašību mainību ietekmē augsnes cilmiezis, novietojums reljefā, mitruma apstākļi, ka arī cilvēka saimnieciskā darbība. Augsnes virskārtā ķīmiskās īpašības ir daudz atšķirīgākas nekā cilmiezī, ko nosaka ārējo faktoru ietekme.

Atslēgvārdi: zālāji, augsnes veidošanās procesi, augsni ietekmējoši faktori, augsnes auglība, augsnes kartēšana.

ANNOTATION

In recent years, areas of the natural and semi-natural grasslands in Latvia and across the Europe has been swiftly decreasing. The quality and prevalence of grasslands depends on the soil on which it grows. It is important to know the factors and properties that affects the soil. Afterwards recommendations can be made for the sustainable management of grasslands. Soil factors are affected by topography, moisture conditions and by anthropogenic impacts.

The objective of the bachelors thesis is to find out geographical relation between human anthropogenic and natural factors in permanent grasslands of farms "Sita" and "Stirnas" in order to develop recommendations for sustainable management of grasslands.

The research found relatively large soil diversity, which are determined by soil formation processes, besides physical and chemical soil properties are affected by soil parent material, topography, moisture conditions and human anthropogenic activity. The chemical properties of soil top horizon are much more varied than soil parent material, as a result of external factors.

Keywords: grasslands, soil formation processes, soil influenced factors, soil fertility, soil mapping.

SATURA RĀDĪTĀJS

ANOTĀCIJA.....	2
ANNOTATION.....	3
SAĪSINĀJUMI.....	5
IEVADS.....	6
1. AUGSNES VEIDOŠANĀS IETEKMĒJOŠI FAKTORI.....	9
1.1. Klimats.....	9
1.2. Reljefs.....	10
1.3. Cilmieža ģenētiskais tips un ģeoloģiskā veidošanās.....	10
1.4. Cilvēku saimnieciskā darbība.....	11
2. AUGSNES MORFOLOĢISKĀS ĪPAŠĪBAS.....	14
3. AUGSNES ĶĪMISKĀS ĪPAŠĪBAS.....	16
4. PĒTĪJUMA MATERIĀLI UN METODEDES.....	22
4.1. Pētāmās teritorijas apraksts.....	22
4.2. Izejas dati.....	24
4.3. Pētījuma metodes.....	24
5. REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	26
5.1. Augšņu apakštipu raksturojums z/s "Sita" un z/s "Stirnas".....	26
5.2. Augsnes ķīmisko īpašību raksturojums.....	27
5.3. Ilggadīgo zālāju augšņu daudzveidības ietekmējošo faktoru izvērtējums.....	37
5.4. Augšņu verifikācija.....	40
SECINĀJUMI.....	43
PATEICĪBA.....	44
LITERATŪRAS SARAKSTS.....	45
Pielikums.....	52

SAĪSINĀJUMI

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (Pārtikas un lauksaimniecības organizācija)

GPS – Global Positioning System (globālā pozicionēšanās sistēma)

KAK – katjonu apmaiņas kapacitāte

LIZ – lauksaimniecībā izmantojamās zemes

LR – Latvijas Republika

LU – Latvijas Universitāte

LU ĢZZF – Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte

LVS – Latvijas standarts

PCA – Principal component analysis (galveno komponentu analīze)

WMS – Web Map Service (tiešsaites karšu serviss)

WRB – World Reference Base for Soil Resources (Pasaules augšņu klasifikators)

Z/S – zemnieku saimniecība

IEVADS

Lauksaimniecības zemes Latvijā aizņem 38,5% teritorijas no kurām aptuveni, 25,9% aizņem zālāji. Apmēram 1/3 (ap 520) no Latvijā sastopamajām augu sugām atrodas zālajos. Ilggadīgie zālāji ir paši svarīgākie bioloģiskās daudzveidības saglabāšanai, bet mūsdienās, tie aizņem tikai, apmēram, 0,3% no valsts teritorijas. To platība, ir strauji samazinājusies, salīdzinot platības 20. gadsimtā. Kā galvenos faktoros, kas ietekmē ilggadīgo zālāju teritoriju samazināšanos var minēt LIZ platību palielināšanos, meliorācija, kā arī neizmantojot zemju aizaugšanu (Ministry Of The... 2010).

Lielākā daļa zālāju ir daļēji dabiskie zālāji, jo to veidošanos galvenokārt ir ietekmējusi cilvēku saimnieciskā darbība, to izplatību ietekmē arī klimats, reljefs, kā arī augsnes struktūra (Silva et al. 2008). Zālājiem piemīt spēja uzglabāt augsnes oglekli un slāpekli, palielināt augsnes katjonu apmaiņas kapacitāti, kā arī aizsargāt augsni no erozijas (Kool et al. 2007).

Latvijā, tāpat kā Eiropā pēdējo gadu laikā ir strauji samazinājušās zālāju platības. Kā zināms, zālajos ir daudz augu sugu (ap 40% no aizsargātajām sugām), tajos ligzdo dažādi putni, kā arī zālāji ir kā dzīvotne dažādiem dzīvniekiem un kukaiņiem. Tie ir arī svarīgi dabiskās ainavas saglabāšanā. Tā kā, zālāju auglība un kvalitāte ir tiešā veidā saistīta ar augsni, ir svarīgi zināt augsnes īpašības, kā arī citus augsnes auglību ietekmējošus faktoros, lai varētu saglabāt šo zālāju kvalitāti un ilgtspējīgu attīstību. Zinot augsnes ķīmisko sastāvu un citus faktoros, ir iespējams veicināt šo zālāju attīstību, saglabāšanu un to platību palielināšanos, kā arī zālāju kvalitāti.

Bakalaura darba hipotēze: lokālā mērogā ilggadīgo zālāju augšņu īpašības un telpisko mainību galvenokārt ietekmē augsnes granulometriskais sastāvs, reljefs un mitruma apstākļi, kā arī cilvēka saimnieciskā darbība.

Bakalaura darba mērķis – noskaidrot augšņu un to īpašību ģeogrāfiskās likumsakarības saistībā ar dabas faktoriem un cilvēka saimniecisko darbību ilggadīgajos zālajos lokālā mērogā z/s „Sita” un z/s “Stirnas”, lai izstrādātu rekomendācijas zālāju ilgtspējīgai apsaimniekošanai.

Bakalaura darba mērķa sasniegšanai tika izvirzīti šādi *uzdevumi*:

- 1) Apkopot zinātnisko literatūru, par ilggadīgo zālāju augšņu un to īpašību ietekmējošiem faktoriem;
- 2) Veikt pētījuma etalonteritoriju izvēli, parauglaukumu ierīkošanu, dabas faktoru raksturošanu un augsnes paraugu ievākšanu parauglaukumos z/s „Sita” un z/s “Stirnas”;
- 3) Veikt augšņu paraugu fizikālās un ķīmiskās analīzes LU ĢZZF augšņu laboratorijā;
- 4) Raksturot augšņu īpašību telpisko izplatību un izveidot augsnes apakštipu un granulometriskā sastāva kartes z/s „Sita” un z/s “Stirnas”;
- 5) Noskaidrot augsnes apakštipu daudzveidību un zemes kvalitatīvo vērtību z/s „Sita” un z/s “Stirnas”, izmantojot LR Valsts zemes dienesta rīcībā esošos materiālus M 1:10 000, un salīdzināt karšu atbilstību atbilstoši iegūtajiem rezultātiem lauka darbu ietvaros;
- 6) Veikt iegūto augsnes fizikālo un ķīmisko īpašību ģeogrāfisko likumsakarību analīzi ar dabas faktoriem z/s „Sita” un z/s “Stirnas”, izmantojot statistiskās datu apstrādes metodes.

Bakalaura darbs tika veikts projekta "GRassLIFE: zālāju atjaunošana un to dažādas izmantošanas veicināšana" (LIFE16NAT/LV/262) ietvaros.

Autors ir apkopojis zinātnisko literatūru, izmantojot grāmatas, starptautisko zinātnisko recenzējamo žurnālu datubāzes un elektroniskos resursus.

Darba autors LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes augšņu laboratorijās ir veicis augsnes analīzes. Autors pētāmo teritoriju ir apsekojis dabā. 10 ievāktajiem paraugiem, 3 atkārtojumos noteikts augsnes virsējā horizonta $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ un noteikti apmaiņas ķīmiskie elementi Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , Fe^{2+} 0,1 M BaCl_2 šķīdumā. 3 atkārtojumos augsnes virsējam horizontam tika noteikts kopējais procentuālais daudzums ogleklim (C) un slāpeklim (N) un kustīgā fosfora P_2O_5 koncentrācija. Apkopojot iegūtos rezultātus, tika izveidota augsnes īpašību datu bāze.

Kartogrāfiskais materiāls tika veidots, izmantojot *GIS Latvija 10.2* datubāzi, *ArcGIS 10.6* programmatūru un LU ĢZFF WMS karšu serverī pieejamās kartes.

Bakalaura darba apjoms ir 63 lappuses, no kurām 11 lpp. veido bakalaura darba pielikumi.
Darba ilustrācijai izmantoti 21 attēls.

1. AUGSNES VEIDOŠANĀS IETEKMĒJOŠI FAKTORI

Ar augsnes terminu apzīmē nesavienotu (nekonsolidētu), plānu, mainīgu un organisku materiālu, parasti bioloģiski aktīvu, zemes kārtu, kas klāj lielāko daļu pasaules sauszemes teritorijas (Nikodemus et al. 2008). Uz augsnes materiāla var augt flora, tāpēc, tā apgādā ar barību gan cilvēkus, gan dzīvniekus (Nortcliff et al. 2006; Coleman et al. 2017). Augsne ir veidojusies iežu dēdēšanās procesos, kā arī uzkrājoties nogulumiem, kas tiek nesti ar ūdeni, vēju un ledājiem, to ietekmē klimats, reljefs, cilmiezis, cilvēku saimnieciskā darbība un dzīvie organismi (Nortcliff et al. 2006; Bhattacharyya and Pal 2015; Nikodemus u.c. 2008).

1.1. Klimats

Kā vienu no augsnes galvenajiem veidošanas faktoriem var minēt klimatu. Ar klimatu saistītie procesi un apstākļi ietekme augsnes minerālo daļiņu pārvietošanu un pārveidošanu, nosaka augsnes izplatības zonalitāti, augsnes ģenēzi, kā arī augsnes īpašību maiņu. (Nikodemus u.c. 2008). Klimats augsni ietekmē gan tiešā gan netiešā nozīmē. Tiešā nozīmē tas ietekmē augsnes mitrumu un temperatūru, bet netiešā nozīmē – erozijas, nogulsnešanās un barības vielu transportēšanās procesus (Gerrard 2000). No ūdens daudzuma augsnē tiek ietekmēti izskalošanās un dēdēšanās procesi. Savukārt temperatūra ietekmē ķīmisko, fizikālo un bioloģisko procesu intensitāti. Kā piemēru var minēt to, ka temperatūrai paaugstinoties par 10⁰ C, ķīmisko procesu ātrums augsnē palielinās par 2 reizēm (Foth 2000; Brady, Weill 2016). Temperatūra un mitrums arī ietekmē organisko vielu saturu augsnē, kā arī to ietekmi uz augu augšanu un mikroorganismu sadalīšanos līdzsvaru (Foth 2000). Ir pierādīts, ka augsnēm, kurām ir līdzīgs temperatūras režīms, cilmiezis un reljefs, palielinoties gada kopējam nokrišņu daudzumam, augsnēs palielinās organisko vielu daudzums, kā arī augsne kļūst skābāka (Brady, Weill 2016).

Latvija atrodas mērenās klimata joslas ziemeļu daļā, kur nokrišņu daudzums pārsniedz iztvaikošanās daudzumu. Tā rezultātā notiek pastiprināta ūdens uzkrāšanās un infiltrācija, ūdens lejupejošās plūsmas, kas ļauj dominēt podzolēšanās un lesivēšanās procesiem (Nikodemus u.c. 2008; Dravniece 2006). Gada vidējais nokrišņu daudzums Latvijā ir 703 mm, kas ikgadēji iztvaikošanas daudzumu pārsniedz apmēram par 245 mm (Kļaviņš et al. 2016). Lielākais nokrišņu daudzums fiksēts augstieņu apgabalu rietumu daļās, kā piemēram, Vidzemes, Kurzemes un Latgales augstieņu rietumu uzvēju nogāzēs (780 – 870 mm vidēji). Savukārt mazākie nokrišņu daudzumi gadā fiksēti Zemgales līdzenumā (ap 580 mm) un valsts dienvidaustrumu daļā (Dravniece 2006; Kļaviņš et al. 2016). Klimatu Latvijas teritorijā ietekmē

Atlantijas okeāna gaisa masas, kas tiek nestas pāri Baltijas jūrai, kas ienes lielāko nokrišņu daudzumu (Dravniece 2006). Kontinentālās gaisa masas tiek ienestas Latvijā no Eiropas D un A kontinentālās daļas (Dravniece 2006).

1.2. Reljefs

Reljefs ietekmē augsnes siltuma, mitruma, vielu sadalījumu, kā arī ūdens erozijas procesu attīstību. Augsnes faktorus arī ietekmē nogāzes ekspozīcija, piemēram, ziemeļu puslodē paugura dienvidu nogāze ir siltāka un sausāka nekā ziemeļu nogāze, kas attiecīgi būs aukstāka un mitrāka (Nikodemus et al. 2008). Mikroklimats ietekmē gan veģetāciju, gan augsnes tipu. Kā vēl vienu no reljefa ietekmējošajiem faktoriem var nosaukt zemes virsas slīpumu, kas ietekmē ūdens pārvietošanos un infiltrāciju augsnē. Zemes virsas slīpuma ietekmē no reljefa paaugstinājumiem ūdens tiek novirzīts lejā. Tā rezultātā augsnes daļiņas un vielas tiek nonestas lejā pa nogāzi. (Nikodemus et al. 2008) tā rezultātā ir vērojama augšņu secīga nomainā no virsotnes līdz pakājei, ko sauc arī par katēnu. Vielu erozijas rezultātā, pauguru virsotnēs rodas erodētas augsnes, bet pakājēs un starppauguru ieplakās – koluviālās augsnes (Nikodemus et al. 2008). Reljefa ietekmē tiek ietekmēti augsnes veidošanās procesi augsnes virskārtā. Ietekmē vairāki faktori, ieskaitot krituma leņķi, nogāzes formu un pozīciju, kas nosaka augsnes faktoru ietekmi katēnā (Gerrard 2000). Reljefs mijiedarbībā ar klimatu, cilmiezi, kā arī citiem augsni ietekmējošiem elementiem, ietekmē veģetācijas veidošanos konkrētā vietā (Florinsky, Kuryakova 1996). Atkarībā no nogāzes slīpuma un izliekuma izmainās arī augsnes ķīmiskais sastāvs. Piemēram, kaļķainās augsnēs, palielinoties nogāzes slīpumam augsnes pH palielinās, bet skābās augsnēs notiek tieši pretējs process. Savukārt N, C un sanešu, un mālu daudzums (%) augsnē samazinās palielinoties nogāzes slīpumam. Erozijas iespaidā arī šķīstoši minerāli un apmaiņas joni no nogāzes virspuses tiek noskaloti ieplakās, kur tie uzkrājas (Brady, Weill 2016).

1.3. Cilmieža ģenētiskais tips un ģeoloģiskā veidošanās

Cilmiezis augsnes īpašības ietekmē dažādos veidos, lielākoties, augsnes veidošanās laikā. Kā vienu no svarīgākajiem faktoriem var minēt augsnes granulometrisko sastāvu. Dēdēšanās procesos no iežiem un minerāliem veidojas smalkāki ieži, kas sadalās smiltīs un nogulsnēs. Paralēli tam, notiek jaunu minerālvielu sintēze. Jaunās minerālvielas veidojas vai nu notiekot nelielām izmaiņām vai pilnībā izmainoties iepriekšējam minerālu sastāvam. Minerālvielām, sadaloties, tās nokļūst augsnes ūdenī un izšķīst, kur vēlāk tās uzņem augi vai arī ūdens ar izšķīdušām minerālvielām aizplūst tālāk (Brady, Weill 2016; Gerrard 2000). Ģeoloģisko

nogulumu izcelsme un to sastāvs nosaka augsnes cilmieža un augsnes īpašības. Smilts daļiņām, ir mazāka barības vielu adsorbēcija un barības vielu veidošanas spēja, salīdzinot ar māla daļiņām. Smiltis sastāv no kvarca (SiO_2), kas ir ķīmiski mazaktīvas (Brady, Weill 1996).

Glacigēnie nogulumi, kas klāj lielu daļu Latvijas teritorijas, satur karbonātus. Lielu daļu no šiem karbonātiem veido kalcija karbonāta (CaCO_3) un dolomīta ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$) minerāli. Iepriekšminētie karbonāti nogulumos nonākuši ar ledāja palīdzību, tam virzoties pāri dolomīta un kaļķakmens nogulumiem. Cilmieži, kas ir bagātīgi ar šķīstošiem joniem, piemēram, kalciju, magniju, kāliju vai citiem ir auglī, jo šīs vielas viegli izšķīst un augiem ir viegli pieejamas. Karbonātu klātbūtne ietekmē augsnes pH, kas savukārt ietekmē mikroelementu kustību, migrāciju un to uzņemšanu ar augu saknēm. To sastāvā arī liels daudzums šķīstošo bāzu un mitruma ietekmē tās tiek iznestas augsnē. Savukārt, ja brīvo karbonātu augsnē ir maz, ūdens plūstot caur augsni aizstāj šo bāzu jonus ar ūdeņraža joniem, kā rezultātā augsne paskābinās un var kļūt nelietojama lauksaimniecības vajadzībām. Piemēram, augsnēs kas veidojušās uz smilšakmens, šķīstošo jonu daudzums ir neliels, kā arī augsnes struktūra ir rupja, tādēļ šādās augsnes notiek pastiprināta izskalošanās. Brīvo karbonātu pieejamība mijiedarbībā ar granulometrisko sastāvu nosaka katjonu apmaiņas kapacitāti un piesātinājumu ar bāzēm, kas tiešā veidā raksturo augsnes auglību. Katjonu apmaiņas kapacitāte mālainās augsnēs ir daudz lielāka nekā smilšainās augsnēs. (Doner, Lynn, 1989; Kasparinskis 2012; Ritter 2006).

Granulometriskajam sastāvam ir liela nozīme raksturojot augsnes auglību un tās produktivitāti. Augsnes granulometriskais sastāvs nosaka augsnes fiziskās īpašības, augbarības vielu krājumu, augsnes siltumietilpību u.c. faktoros (Nikodemus et al. 2008).

Smilšainās augsnēs ir mazs organisko vielu saturs, zema ūdens ietilpības kapacitāte, kā arī augsta ūdens caurlaidība rupjās tekstūras dēļ. Šīm augsnēm piemīt zema katjonu apmaiņas spēja, kas skaidrojama ar zemu māla saturu augsnē. Parasti, tās ir skābas, to cilmieža dēļ, kā arī bāzisko katjonu izskalošanās dēļ (Šimansky et al. 2019; Behera, Shukla 2015).

1.4. Cilvēku saimnieciskā darbība

Latvijā augsnes lielākoties ietekmējusi cilvēka saimnieciskā, jeb antropogēnā darbība (līdumu līšana, iekultivēšana, kaļķošana, mēslošana, mitruma regulēšana, pesticīdu izmantošana) (Nikodemus et al. 2008; Mežals et al. 1970; Lerman et al. 2018). Tā ietekmē tikai augsnes īpašības, bet arī zālājus (Lerman et al. 2018). Antropogēnā faktors augsnes ietekmē daudz īsākā laika posmā, nekā tas notiek dabisko augsnes procesa laikā (Dudal 2004). Lauksaimniecībā izmantojamo zemju teritoriju paplašināšana palielina augsnes erozijas risku (Borelli et al. 2017). Cilvēka saimnieciskā darbība augsni var ietekmēt divos veidos, gan

palielinot to virs dabīgā ražīguma, kā degradējot to. Kā augsnes auglības pastiprinātājus var minēt dabīgo mēslojumu, pārmaiņus kultūraugu audzēšanu, kā arī ķīmisko mēslojumu. Tāpat, šie faktori ilgtermiņā bojā augsnes dabīgo auglību. Kaut gan neorganiskais mēslojums ir bagātīgs ar barības vielām, tā sastāvā nav organisko vielu, kā rezultātā neveidojas humus, kas ir nepieciešams augsnes struktūras veidošanai, ūdens un barības vielu uzglabāšanai. Savukārt, pesticīdi iznīcina ne tikai nezāles, bet arī augsnes mikroorganismus. Smagie metāli un citas pesticīdus veidojošās vielas uzkrājas augsnē. (O'Hare 1988).

Ganības ir viens no veidiem, kā cilvēku saimnieciskā darbība ietekmē gan zālāju ekosistēmu, gan arī augsnes faktoros. To var nosaukt par vienu no kontrolējošiem un traucējošiem faktoriem dabīgo zālāju ekosistēmām (Wang et al. 2016). Pārlietu liela dabīgo zālāju noganīšana ietekmē gan dabiskos zālājus, gan augsnes. Ganīšanas rezultātā tiek ietekmēts augsnes blīvums, kā arī palielinās augsnes erozijas risks no lietus ūdeņiem un vēja, jo samazinās zālaugu skaits, kas to varētu mazināt (Zhou et al. 2010; Van Haveren 1983; Trimble and Mendel 1995). Tā rezultātā arī samazinās augsnes auglība (Zhou et al. 2010). Liellopu urīna ietekmē notiek paātrināta augsnes oglekļa sadalīšanās un palielinās oglekļa izdalīšanās atmosfērā (Shi et al. 2019).

Plaūšana ir zālāju biomasas novākšanas veids, kurā tiek atdarinātas ganības (Collins et al. 1998). Tās ietekmē, augsnē var palielināties slāpekļa un oglekļa daudzums (Wang et al 2018; Ziter and Macdougall 2013). Palielinot plaūšana s un mēslošanas intensitāti zālajos arī tiek samazināta zālājaugu bioloģiskā daudzveidība (Socher et al. 2013).

Mēslošanas rezultātā biosfērā notiek slāpekļa uzkrāšanās (Wei et al. 2018). Izšķir 2 veidu mēslošanu – organisko mēslošanu un minerālmēslošanu (Anševica et al. 2016). Pētījumos ir pierādīts, ka bieži izmantojot mēslojumu, kas satur lielu slāpekļa daudzumu, augsnes pH 4 gadu laikā var samazināties par 10% (Wang et al. 2018), kā arī tā ietekmē augsnē esošo fosforu, ķīmiskās īpašības un augsnes mikroelementus (Wang et al. 2018; Wang et al. 2017). Nepareiza minerālmēsli izmantošana var novest pie augsnes organisko vielu mineralizēšanās paātrināšanās, augsnes oglekļa zuduma un struktūras izmaiņām (Li et al. 2019). Kūtsmēsli izmantošana mēslošanā ir efektīva augsnes auglības un augsnes bioloģisko īpašību uzlabošanā, kas palielina lauksaimniecībā izmantojama zemju ilgtspējīgā saglabāšanā (Macci et al. 2016). Smilšainās augsnēs mēslošana var izraisīt oglekļa satura samazināšanos, salīdzinājumā ar neapstrādātu augsni, augsnes struktūras dēļ (Šimansky et al. 2019). Ilggadīgajos zālajos ieteicams izmantot organisko mēslojumu (piemēram, kūtsmeli vai virca), kas palielina organisko vielu daudzumu, uzlabo augsnes fizikālās un ķīmiskās īpašības. Slikti sadalījušos kūtsmēslus neizmanto iekultivēto zālāju mēslošanā, jo nav iespējama to vienmērīga izkliedēšana. Mēslojot augsni ar minerālmēsliem, nepieciešams veikt augsnes analīzes

(piemēram, P_2O_5), lai mēslošana būtu ekonomiski izdevīga, kā arī efektīva (Anševica et al. 2016). Mēslošanā izmantojor amoniju saturošus mēslojumus, paskābina augsni (Holland et al. 2019).

Augsnes **kaļķošana** nepieciešama, lai augiem būtu optimāls dīgšanas un augšanas pH (Anševica et al. 2006). Optimālais pH zālaugiem ir robežās no 5,5-8 (Anševica et al. 2016; Department of.. 2018). Augsnes kaļķošana ir svarīga, jo mūsdienās, tā tiek stipri erodēta, kā arī notiek augsnes paskābināšanās (Montanarella et al. 2015).

2. AUGSNES MORFOLOĢISKĀS ĪPAŠĪBAS

Augsnes veidošanās procesos svarīga nozīme ir dzīvajiem organismiem, to uzkrāšanās, noārdīšanas, akumulācija un ieskalošanās. Svarīga ir arī minerālo savienojumu noārdīšanās un sintēze. Noārdīšanās procesa laikā, minerāli sadalās un tādā veidā pat visgrūtāk šķīstošie minerāli nokļūst augsnes šķīdumā un ir pieejami augiem. Paralēli tam arī notiek sekundāro minerālu veidošanās (Mežals et al. 1970). Tā kā augsnes veidošanās procesos ir iesaistīti dažādi faktori, tie arī nosaka kuram augšņu tipam ar atbilstošu ģenētisko horizontu, ķīmisko, fizikālo, morfoloģisko un bioloģisko īpašību izveidošanos. Kā svarīgākos procesus var minēt: izskalošanos, glejošanos, ieskalošanos, velēnošanos, lesivēšanos u.c. procesus (Mežals et al. 1970; Nikodemus et al. 2008). Galvenie faktori, pēc kuriem var noteikt augsnes horizontus ir krāsa, augsnes struktūra, sakārta, trūdu daudzums, kā arī citām fizikālām un ķīmiskām īpašībām (Mežals et al. 1970).

Organisko vielu akumulācija

Organiskās vielas ir svarīga augsnes sastāvdaļa, kas veidojušās sadaloties dažādām organiskām vielām. Kā galvenos organisko vielu veidotājus var minēt: augus un kultūraugus, kokus un to lapas, dzīvniekus un dažādus augsnes mikroorganismus (North Dakota.. S.a.). Organisko vielu saturu augsnē ietekmē sekojoši faktori: klimats, māla daļiņu saturs augsnē, cilvēku saimnieciskā darbība un minerālu daudzums augsnē (Iepena 2016). Lai gan organisko vielu sastāvs augsnē ir relatīvi mazs, tomēr, tas ir svarīgs dažādām augsnes funkcijām. Piemēram, ja augsnē ir lielāks daudzums organisko vielu un māla daļiņu, augsne spēj uzkrāt vairāk apmaiņas katjonus, ka arī samazināt izskalošanās procesus (Bot et al. 2005). Pie lielāka organisko vielu daudzuma veidojas apstākļi labākajai augu sakņu attīstībai augsnē, veidojas labvēlīgākas mikroorganismu populācijas, kā arī mērens pH līmenis (North Dakota.. S.a.).

A horizonts, jeb trūdvielu akumulācijas horizonts atrodas augsnes augšējā slānī. Tā veidošanas procesos piedalās augi un mikroorganismi. Šim horizontam ir svarīga nozīme augsnes auglības saglabāšanā, kā arī tas izveido labvēlīgu vidi augu sakņu attīstībai (Missouri S.a.). A horizonts veidojies velēnošanās un humusa akumulācijas rezultātā. Horizonta veidošanos arī vecina ar slāpekli un kalciju bagāti augi (Nikodemus et al. 2008; Mežals et al. 1970). Visvairāk trūdvielas augsne saņem no zālaugiem, kas ir bagāti ar augiem nepieciešamajām barības vielām un mikroorganismiem, savukārt sliktas trūdvielas augsnei dod skuju koki un sūnas (Mežals et al 1970).

Izskalošanās

E horizonts – izskalošanās (eluviālais) horizonts. Šis horizonts veidojas nokrišņu vai apūdeņošanās dēļ, vietās, kur ir vēss un mitrs klimats, nokrišņu daudzums pārsniedz iztvaikošanos (Mežals et al. 1970; The University of Hawai‘i S.a.). Šis horizonts ir trūdvielām un augu barības vielām nabadzīgs, kā arī dažreiz tas ir reducēts ar augiem toksiskām barības vielām (Mežals et al. 1970). No eluviālā horizonta tiek izskalotas māla daļiņas, šķīstošās augu barības vielas, alumīnijs un dzelzs (Nikodemus et al. 2008; The University of Hawai‘i). Parasti horizonts ir gaišākā krāsā, jo no tā izskaloti māli un citas vielas, kā raksturīgākās pazīmes šim horizontam var minēt: sliktu struktūru, mazu humusa daudzumu, kā arī lielu skābumu (Nikodemus et al. 2008; Mežals et al. 19970).

Ieskalošanās

Iluviālajā, jeb B horizontā notiek mālu, organisko vielu, alumīnija un dažreiz arī dzelzs akumulācija. Tas visbiežāk atrodas zem E horizonta (Mežals et al. 1970; Silva et al. 2012; Sposito 2018). Salīdzinot ar augsnes virskārtu, B horizonts stipri izskalotām augsnēm ir sablīvētāks, bet mazāk izskalotām augsnēm tas ir irdens. B horizonts ir sarkani brūnā vai brūnā krāsā. Mālainām augsnēm šo krāsu dod ieskalotās trīsvērtīgās dzelzs savienojumi, bet smilšainām – ieskalotās trūdkābes (Mežals et al. 1970).

Lesivēšanās

Lesivēšanās process notiek māla un augsnes daļiņu ieskalošanās no eluviālā horizonta iluviālajā, kā koloidālas suspensijas (Quénard et al. 2011; Nikodemus et al. 2008). Augsnēs lesivēšanās galvenokārt tiek noteikta pēc mala minerālu pārklājumiem un pildījumiem makroskopiskā un mikroskopiskā līmenī (Quénard et al. 2011).

Glejošanās

Glejošanās notiek pārmitrās augsnēs, anaerobā vidē, kur ir augsts gruntsūdeņu līmenis vai ilgstoši uzkrājas virsūdeņi, vai arī augsnei ir slikta. Skābekļa un oglekļa dioksīda trūkuma dēļ, anaerobās baktērijas enerģiju iegūst oksidētajiem savienojumiem tos reducējot. Šādos apstākļos dzelzs trīsvērtīgais oksīds (Fe^{3+}) tiek pārvērsts dzelzs divvērtīgā oksīdā (Mežals et al. 1970; European Commission 2005). Tā kā dzelzs oksīdi nosaka augsnes horizontu krāsu, pēc šīs reakcijas augsnes sarkanbrūnā krāsa pārvēršas zilā vai zilganpelēkā krāsā (European Commission 2005).

3. AUGSNES ĶĪMISKĀS ĪPAŠĪBAS

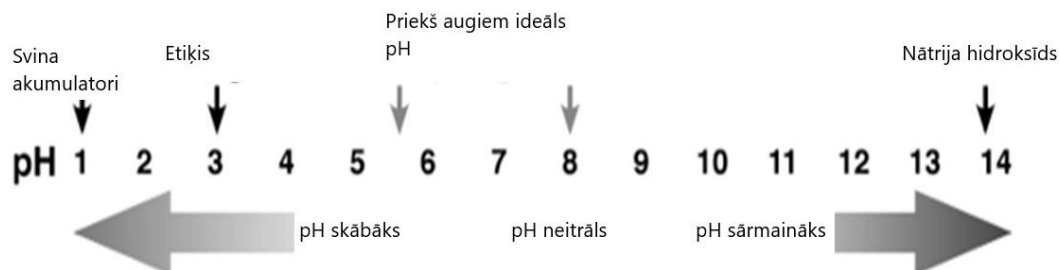
Augsnes auglības galvenais uzdevums ir uzturēt sevī barības vielas tādā daudzumā, lai tās nekļūtu toksiskas un kaitējošas augiem (University of Idaho S.a.). Augsnes auglība ir atkarīga no tās veidošanās vēstures, cilvēku saimnieciskās darbības, granulometriskā sastāva, reljefa u.c. faktoriem (Delgado, Gomez 2016; Nikodemus et al. 2008). Lai augsne būtu auglīga, tai ir jāsaturs un jāspēj apgādāt augi ar vismaz trīspadsmit augiem svarīgākajām barības vielām. Kā galvenās no barības vielām var nosaukt – kalcijs, dzelzs, alumīnijs, magnijs, mangāns, kālijs, slāpekļis, fosfors (Sharma 2008). Tāpat, augsnes sastāvā ir jābūt neorganiskajiem materiāliem kā ogleklis, skābeklis un ūdeņradis, kas augsnei tiek piegādāti ar ūdens vai gaisa palīdzību (Hodges 2010). Iepriekš minēto minerālvielu daudzumam augsnē vajadzētu būt ne nepietiekamam, ne arī toksiskam (Sharma 2008). Paralēli šīm vielām, lai augsne būtu auglīga, tai nepieciešams arī pietiekams ūdens un gaisa daudzums, kā arī mikroorganismi, kas veicina minerālvielu sadalīšanos (Sharma 2008).

Augsnes ķīmiskajā sastāvā dominē ķīmisko vielu (alumīnijs, kalcijs u.c.) nešķīstošās un to ūdeni izšķīdušo vielu savienojumi (Delgado, Gomez 2016). Primārās uzturvielas ir slāpekļis, fosfors un kālijs, kas augiem nepieciešamas lielākajos daudzumos. Sekundārie minerāli, kas augsnei ir nepieciešami mazākos daudzumos ir kalcijs, magnijs un sērs. Kalcijs un magnijs augsnē nonāk kaļķošanas ietekmē. Šiem elementiem augsnē ir jābūt nepārtrauktu laiku un līdzsvarotās proporcijās, lai augos notiktu fotosintēze un metaboliskie procesi. Ja augsnē ir iztrūkums no kāda iepriekšminētā elementa, auga attīstība var tikt apgrūtināta vai augs var pārstāt aug pilnībā. Kopumā augsnē šo elementu daudzums ir lielāks, nekā augi spēj tos uzņemt. Barības vielu pieejamību augiem nosaka to forma un ķīmiskais sastāvs, augsnes pH, mijiedarbība ar augsnes koloīdiem, kā arī augsnes fizikālās īpašības kā areācija, blīvums, temperatūra un mitrums (Hodges 2010).

Augsnes pH un tās organiskais sastāvs ir svarīgākie augsnes auglības raksturojošie faktori (McCauley et al. 2017)

Augsnes pH nosaka pēc ūdeņraža (H^+) jonu koncentrācijas augsnes šķīdumā (augšņu ūdens kopā ar izšķīdušajām ķīmiskajām vielām), nosakot tā skābumu vai sārmainību (McCauley et al. 2017). Augsnes pH ietekmē gan skābie, gan pozitīvi lādētie izšķīdušie joni. Skābi veidojošie katjoni ir ūdeņradis, alumīnijs, dzelzs, bet sārmainie katjoni ir kalcijs, magnijs, kālijs un nātrijs (McCauley et al. 2017; Nikodemus et al. 2008). Skābos apstākļus augsnē ietekmē ģeoloģiskie nogulumu ar augstu silīcija dioksīda daudzumu (piemēram, granīts), liels smilts īpatsvars ar zemu spēju pretoties pret pH izmaiņām, kā arī liels nokrišņu daudzums. Lietus laikā notiek pamata katjonu pastiprināta izskalošanās, kas pastiprina augsnes skābuma

palielināšanos. Ja nokrišņu daudzums ir mazāks, kā arī augsnē ir lielāks karbonātu daudzums, augsne ir sārmaināka (McCauley et al. 2017) Augu augšanai optimālais ir pH vērtības no 5,2 – 8,0, taču katram augam tas ir atšķirīgs (Lake 2000; Nikodemus et al. 2008).



3.1. attēls. pH vērtību skala (Department of.. 2018)

Katjonu apmaiņas kapacitāte

Augsnes māla minerāli un organiskās vielas parasti ir negatīvi lādētas, tādējādi, tie elektrostātiski piesaista pozitīvi lādētos jonus (katjonus). Tā rezultātā katjoni paliek augsnes sakņu zonā un netiek viegli ieskaloti augsnes dziļākos slāņos. Šie katjoni augsnes šķīdumā spēj viegli apmainīties ar citiem katjoniem, tāpēc, tos sauc par apmaiņas katjoniem (Sonon et al. 2014). KAK raksturo augsnē esošo negatīvi lādēto jonu spēju adsorbēt katjonus (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} u.c.), kas ir bagāti ar augiem nepieciešamajām barības vielām (Tomašič et al. 2013; Summit fertilizers S.a.). Tas ir, katjonu apmaiņas kapacitāte raksturo augsnes spēju piegādāt augiem nepieciešamās barības vielas augsnes šķīdumā (Summit fertilizers S.a.).

KAK ietekmē pH, augsnes struktūra un organisko vielu daudzums augsnē. pH ir svarīgs augsnes parametrs, kas korelē ar KAK (Tomašič et al. 2013; Sonon et al. 2014). Zemākais KAK ir augsnēs ar pH 3,5 – 4,0, bet pieaugot pH, pieaug arī KAK, kas ir skaidrojams ar to, ka skābās augsnes bieži tiek kaļķotas (Sonon et al. 2014).

Augsne, kura ir stipri erodēta un ar mazu organisko vielu daudzumu, KAK būs maza, savukārt, augsnē, kura pasargāta no erozija un ir liels daudzums organisko vielu, KAK būs augstāks. Lielāks mālu un organisko vielu daudzums palielina KAK, jo tas spēj piesaistīt lielāku daudzumu pozitīvi lādēto katjonu (Summit fertilizers S.a.; Tomašič et al. 2013). Savukārt smilšainās augsnēs KAK ir zems, jo smilšainas augsnes adsorbē mazu daudzumu katjonu. Tikai neliela daļa no augsnē esošiem katjoniem uzreiz nokļūst augsnes šķīdumā un ir pieejami augiem. Pārējās barības vielas atradīsies augsnē, kā barības vielas krājumi un ar laiku izšķīdīs

augsnes šķīdumā. Katjoni, kas atrodas augsnes virskārtā spēj viegli apmainīties augsnes šķīdumā (Summit fertilizers S.a.).

Apmaiņas bāzu summa ir līdzīgs rādītājs KAK, bet tajā vērā tiek ņemti tikai bāziskie katjoni (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^{2+}). Šo faktoru var uzskatīt par labu augsnes auglības rādītāju (Zhang et al. 2013).

Ogleklis (C) ogleklis ir gan organiskā, gan neorganiskā veidā. Organiskai ogleklis augsnē nokļūst sadaloties dzīvnieku un augu atliekām, dzīvajiem un mirušajiem mikroorganismiem un izdaloties no augu saknēm. Neorganiskais ogleklis augsnēs parasti ir kalcija karbonāta un dolomīta veidā (Guo et al. 2016). Ogleklis, tāpat kā slāpekļis, ir galvenā barības viela visām dzīvajām organiskajām vielām uz zemes, kā arī kā arī tām ir svarīga loma ekosistēmu struktūru un funkciju regulēšanā (Elser et al. 2010).

Slāpekļis (N^+) augsnē galvenokārt atrodas organiskajā materiālā. Dziļākos horizontos tā daudzums strauji samazinās. Horizontos, kur nav humusa, slāpekļis ir sastopams amonija (NH_3) vai nitrātu veidā. Daži augi aug labāk viena vai otra veida slāpekļa ietekmē, bet relatīvi līdzīgs abu jonu daudzums dod labākos rezultātus lielākajai daļai augu. Amonija uzņemšana pazemina rizo sfēras pH, savukārt nitrātu uzņemšanas rezultātā ir pretējs efekts. Augu šūnas 3-4 % sastāv no slāpekļa. N ir galvenā hlorofila sastāvdaļa, aminoskābju sastāvdaļa, kā arī daļa no augu proteīna (Brady, Weill 2016; Crop nutrition 2018). Palielinot augsnē esošo slāpekļa daudzumu tiek ietekmēta augu primārā produktivitāte, augu nobiru sadalīšanos, šo faktoru ietekmē augsnē palielinās organiskā oglekļa daudzums, kā arī uzlabojas augsnes agregācija un augu attīstība (Šimansky et al. 2019; Wei et al. 2018).

Augi ir arī spējīgi uzņemt slāpekli, kad tas ir izšķīdis minerālu savienojumos (kā proteīnus un aminoskābes). Gadījumos, ja augi uzņem gan organiskos gan neorganiskos skābekļa savienojumi, augi vairāk uzņems minerālos savienojumus (Brady, Weill 2016).

Slāpekļa trūkuma ietekmē augi nevar izaugt pilnvērtīgi (pēc izmēra), lapas nodzeltē (sākumā ietekmē vecākās lapas, tad jaunās), kā arī samazinās ražīgums (International Plant Nutrition Institute 2011).

Pārlietu liels slāpekļa daudzums var bojāt augu sakņu sistēmu, padara ražu mazāk auglīgu, kā arī lielāku uzņēmību pret slimībām (Smart Fertilizer Management S.a.). Kā arī, pārlietu liela slāpekļa daudzuma ietekmē samazinās bioloģiskā daudzveidība, slāpekli labāk uzņemošiem augiem izkonkurējot citus (Wang et al. 2018). Palielinoties slāpekļa daudzumam augsnē, samazinās augsnē esošo bāzisko katjonu daudzums (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^{2+}), kā arī augsnes pH, kas pamanāms gan zālāju, gan mežu ekosistēmās (Shi, et al. 2019; Wang et al. 2017; Wang et al. 2018). Tas ietekmē arī dzelzs daudzuma samazināšanos augsnē, savukārt, mangāns tā ietekmē atsevišķiem augiem var kļūt toksisks (Wang et al. 2018).

Organiskais ogleklis ir kā barības viela mikroorganismiem, uzlabo augsnes struktūru, pateicoties sēnēm, mikroorganismiem un baktērijām. Tas ir kā galvenā augsnes organisko vielu daļa: veicina agregātu veidošanu, kas mijiedarbībā ar augsnes porainību, kas nodrošina aereāciju un ūdens infiltrāciju. Ar optimālu organiskā oglekļa daudzumu filtrācijas rezultātā, augsnē ir tīrs ūdens (Pluske et al. 2018, Soil Quality for Environmental Health 2018).

Fosfors (P) augsnē sastopams gan organiskā, gan neorganiskā veidā (Nikodemus et al. 2008; Shen et al. 2011). Maksimālā fosfora pieejamība ir augsnēs ar pH 6,0 – 7,0, savukārt sārmainās augsnēs kurām pH ar ap 8 izgulsnējas ar viegli šķīstošu kalciju, bet skābās augsnēs ar alumīnija un dzelzs fosfātiem, kuriem ir zema šķīdība (Crop nutrition 2018). Augsnēs fosfors atrodas gan organiskā, gan neorganiskā veidā, tā šķīdība augsnē ir ļoti vāja. Sakarā ar to, ka augi uzņem fosforu tikai izšķīdušā veidā, tiem ir pieejams tikai neliels daudzums no visa pieejamā fosfora, jo tas lielākoties ir dažādos ķīmiskos savienojumos, kā arī tā lēnā sadalīšanas nokļūstot augsnē (Plant and Soil Science eLibrary 2018; Stroia et al. 2013). Tā dabiski pieejamais daudzums augsnē var negatīvi zālāju augšanu (Stroia et al. 2013).

Fosfors augiem ir nepieciešams fotosintēzes procesā, elpošanā, enerģijas uzkrāšanā, kā arī dažādos šūnu attīstības procesos. Tam ir būtiska nozīme augu sakņu veidošanās procesos un auga attīstībai. Fosfors uzlabo kultūraugu kvalitāti, kā arī tas ir svarīgs sēkļu veidošanai (Mullins 2009). Fosfors ir svarīgs augkopībā kopējās ražas palielināšanai, bet daudzās augsnēs, tas dabiski nav pieejams nepieciešamā daudzumā (Shen et al. 2011)..

Fosfora trūkums augos agrīnās stadijās nav pamanāms (Crop nutrition 2018). Fosfora trūkuma rezultātā, augs aug tumši zaļā krāsā. Ja fosfora deficīts augos ir liels, tad tā lapas kļūst sarkanīgi violetas. Veicot mēslošanu ar fosforu, augi labi reaģē uz fosforu un bieži iepriekšminētie faktori var izzust (Plant and Soil Science eLibrary 2009).

Kā galveno no faktoriem ko ietekmē pārlietu liels daudzums fosfora var minēt to, ka tā ietekmē apgrūtināta dzelzs, mangāna, kā arī citu elementu pieejamība (Smart Fertilizer Management S.a.). Pārlietu liela fosfora daudzuma ietekmē augiem ir sekla sakņu sistēma, tiek kavēta augu attīstība, kā arī daži augi no tā var iet bojā (Provin, Pitt S.a.).

Kalcijs (Ca²⁺) veido 3,6 % no zemes garozas, tas ir sārmezemju metāls (Foth 1990; Upjohn et al. 2005). Kalcija minerāli ir sastopami dolomītā, laukšpatos, ģipsī u.c. minerālu un iežu sastāvos, Latvijā visvairāk kalciju satur pamatieži – kaļķakmens, dolomīts un ģipsakmens. Dēdēšanas rezultātā tas nonāk augsnēs (Foth 1990; Nikodemus et al. 2008; Upjohn et al. 2005). Augos kalcijs nav mobilis. Kalcijs ir svarīga augu barības viela, tas ietekmē citu barības vielu uzņemšanu un vielmaiņu, uzlabo augu šūnu un to sienīņu attīstību, pastiprina auga imunitāti pret dažādām slimībām un lielu karstumu, kā arī uzlabo augļu kvalitāti. Savukārt, kalcija deficīta ietekmē, augiem lapu malas kļūst melnas un sprogainas, kā arī lapu audi var atmirt,

augšs var pārstāt augt, veidojas nepilnīga augu sakņu sistēma, veidojas nepilnvērtīgi augļi un sēklas (Wyn et al. 1967).

Magnijs (Mg^{2+}) sastopams bāziskajos magmatiskajos iežos un minerālos, kā vizlās, ragmānos, u.c. Tā daudzums augsnēs atkarīgs no granulometriskā sastāva un trūdvielu daudzuma. Kopumā tas bieži tiek izskalots, bet Latvijā, pateicoties klimatam, tas nav tik kustīgs, tāpēc tā iznese nav tik intensīva (Nikodemus et al. 2008). Lielākā daļa magnija, kas ir pieejams augiem atrodas uz māla un humusa. Augsnē tas nokļūst sadaloties augu atliekām un organiskajām vielām, kā arī iežu dēdēšanās rezultātā (Brady, Weill 2016). Magnijs ir augu hlorofila sastāvdaļa, tas augos spēj aktivizēt dažādus enzīmus, kā arī tas ir antagonistisks pret kāliju (Chesworth (ed) 2008).

Kālijs (K^+) augsnē atrodas primārajos un sekundārajos minerālos augiem neuzņemamā vai grūti uzņemamā veidā. Atkarībā no kālija mobilitātes augsnē, to var izdalīt četros veidos – augšnes šķīdumā, fiksētais (grūti apmaināmais), apmaiņas un nepieejamais kālijs (Nikodemus et al. 2008). Augiem pieejams ir augšnes šķīdumā izšķīdušais un apmaiņas kālijs. Fiksētais kālijs, kas atrodas māla daļiņu iekšpusē, augiem pieejams sarežģītā veidā, kad mitruma apstākļos tas nokļūst augšnes šķīdumā. Nepieejamais, jeb minerālais kālijs, kas atrodas vizlās, smiltīs un iežos, augiem nav pieejams (Reicks 2017).

Kālijs ir svarīga viela augu augšanas procesā, tas pastiprina auga sakņu attīstību un to izturību pret sausumu, samazina ūdens zudumu no augu šūnām, palīdz palēnināt kultūraugu slimību veidošanos, palielina augu olbaltumvielu (proteīnu daudzumu), samazina auga enerģijas zudumus (University of Minnesota 2018).

Nātrijs (Na^+) augsnēs ir silikātu un alumosilikātu sastāvā, kā arī organiskajās vielās. Tas veido viegli šķīstošus sāļus, kas Latvijas klimata apstākļos tiek viegli izskalots no augšnes ar virszemes ūdeņu palīdzību. Augšnes sastāvā it apmēram 0,63% nātrija (Mežals et al. 1964; Nikodemus et al. 2008). Nātrijs nav augu barības vielā, bet tam ir svarīga nozīme augšnes funkcijās. Liels nātrija, vismaz 15% no apmaiņas bāzu summas, daudzums augsnēs tās padara sāļas. Tā rezultātā tiek apgrūtināta augu augšana, augsnēm pasliktinās struktūras, kā arī pasliktinās ūdens infiltrācija un gaisa cirkulācija (Sonon and Kissel 2015).

Alumīnijs (Al^{3+}) augsnēs ir pats sastopamākais metāls un trešais sastopamākais elements zemes garozā. Smilšmāla augsnēs sastāda 6-7 %, bet smilšainās augsnēs 1,5-2 % no augšnes kopējās masas. Alumīnija klātbūtne ir sastopama augsnēs, kurām ir skāba pH reakcija <5, savukārt, neitrālās augsnēs atrodas nešķīstošu silikātu un oksīdu veidā (Nikodemus et al. 2008; Kochian 1995). Alumīnija toksiskums ir galvenais faktors, kas ietekmē augu ražīgumu skābās augsnēs. Tā ietekmē tiek kavēta augu sakņu attīstība, šūnu un audu attīstību (Kochian 1995; Čiampova 2002).

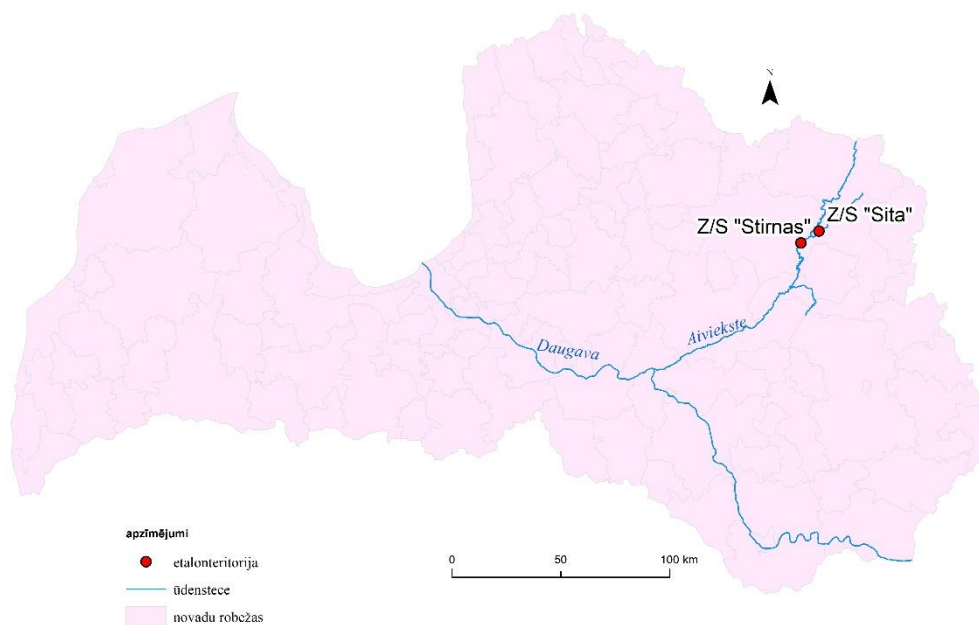
Dzelzs (Fe^{3+}) ir ceturtais sastopamākais augsnes elements, kas augsnēs ir 1 - 5% no kopējās masas. Augsnē dzelzs ir atrodamš Fe^{2+} un Fe^{3+} formā. Dzelzs daudzums augsnē ir atkarīgs no augsnes pH un augsnes areācijas. pH robežās no 7,5 – 8,5 parasti augsnē sāk rasties dzelzs trūkums. Palielinoties augsnes pH strauji sarūk arī dzelzs daudzums augsnēs. Mazāks dzelzs daudzums ir sastopams vēsās un mitrās augsnes, parasti agrīnās augu augšanas sezonās, augsnei paliekot siltākai, notiek dažādi mikrobioloģiski procesi, augu saknes sāk straujāk augt, kā rezultātā, dzelzs tiek absorbēts lielākos daudzumos. Gadījumā, ja augsnē ir nepietiekams dzelzs daudzums, augam sāk nodzeltēt jaunās lapas (Schulte 2004).

Mangāns (Mn^{+}) ir viens no izplatītākajiem elementiem litosfērā. Mangāna kustība ir atkarīga no pH, ja tas ir robežās no 4,5-6, augiem to ir viegli uzņemt, savukārt augsnēs, kurās pH ir > 6,5, šķīstošā mangāna ir mazāk un augiem rodas mangāna deficīts. Mangānam ir liela nozīme fotosintēzē, šūnu dalīšanās procesos un augu augšanas procesos (Nikodemus u.c. 2008; Mousavi et al. 2011). Mangāna deficīts parasti ir augsnēs ar lielu organisko vielu sastāvu un sārmainās augsnēs. Tā deficīta ietekmē, augam lapas kļūst bāli zaļas, bet lapu dzīslas kļūst dzeltenas. Ilgāka mangāna deficīta gadījumā, arī jaunās lapas tiek ietekmētas un tās kļūst blāvi zaļas un izskatās novītušas (McKenzie 2001).

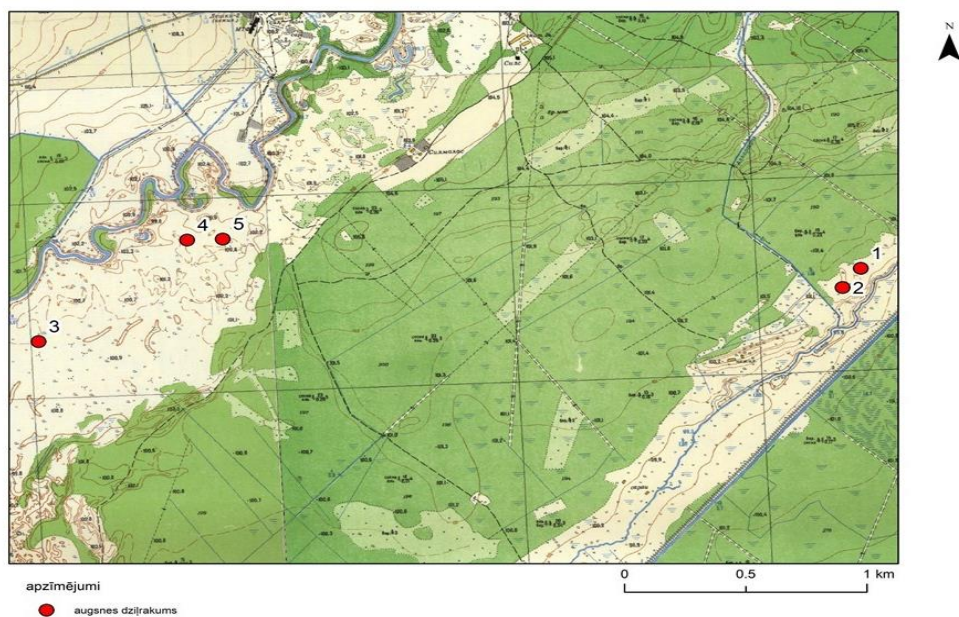
Mangāna toksiskums galvenokārt ir sastopams skābās augsnēs, kurās pH < 5,5, jo tajās ir liela tā koncentrācija. Sākumā uz vecajām augu lapām parādās brūni plankumi. Tālākā attīstībā augs neveido pietiekamu daudzumu hlorofila, kā arī sāk atmirt augu lapu šūnas. Beigās lapas sāk atmirt, kā arī augs pārstāj augt (Rezai et al. 2008; Mousavi et al. 2011).

4. PĒTĪJUMA MATERIĀLI UN METODES

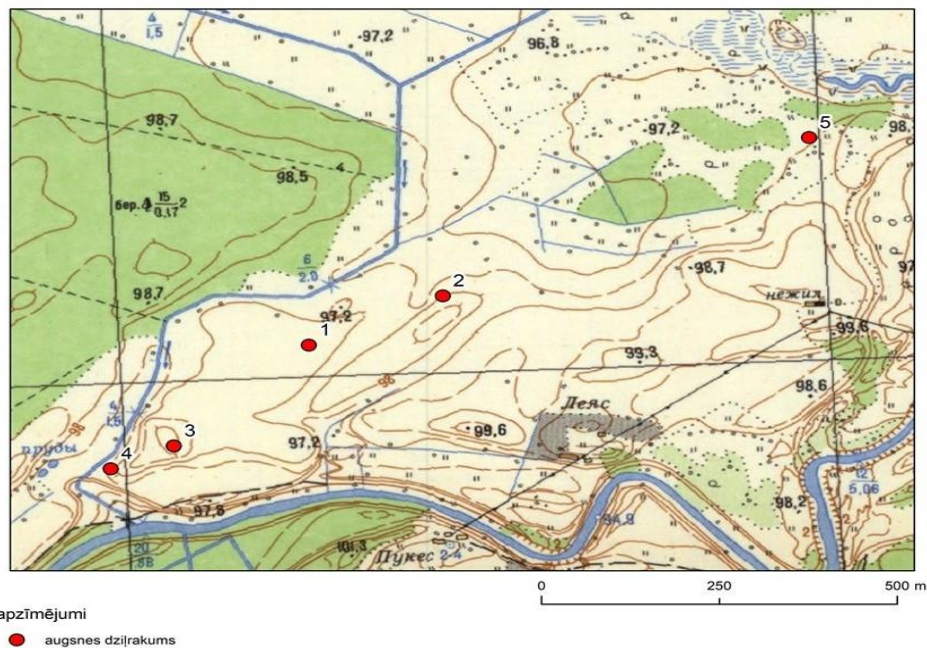
4.1. Pētāmās teritorijas apraksts



4.1.1. attēls. Etalonteritoriju atrašanās vieta (izveidojis autors, izmantojot GIS Latvija 10.2)



4.1.2. att. Augsnes parauglaukumu izvietojums z/s "Sita" (izstrādājis autors, izmantojot LĢIA bijušās PSRS armijas ģenerālštāba topogrāfisko karti (TOPO 10K PSRS))



4.1.3. att. Augsnes parauglaukumu izvietojums z/s "Stirnas" (izstrādājis autors, izmantojot LĢIA bijušās PSRS armijas ģenerālštāba topogrāfisko karti (TOPO 10K PSRS))

Petāmās etalonteritorijas atrodas Austrumlatvijas līdzenuma augšņu rajona, Lubāna līdzenuma apakšrajonā (4.1.1. attēls), atrašanās reljefā z/s "Sita" (4.1.2. attēls) un z/s "Stirnas" (4.1.3. attēls). Augšņu rajons atrodas vidēji 90 – 120 mvj. Reljefs līdzens. Līdzenuma dienvidu daļa ir siltāka nekā ziemeļu daļa. Gada kopējā nokrišņu summa ir 600 – 650 mm. Cilmiezi veido pamatmorēnas, māls un smiltsmāls, kā arī glaciolimniskie nogulumu (bezakmeņu māls). Augšņu sega ir viendabīgāka, salīdzinot ar apkārt esošajiem augšņu rajoniem. Teritorijā ir slikta drenētība, tāpēc šeit veidojas glejaugsnes, kā arī hidromorfās augsnes ieplakās (Nikodemus et al.; Kārklīšs 2009). Lubāna līdzenumā dominē velēnu glejaugsnes, velēnpodzolētās glejaugsnes un hidromorfās augsnes (Kārklīšs 2009).

4.2. Izejas dati

Bakalaura darba projektā Izstrādē izmantota literatūra no starptautiskajiem zinātniskajiem žurnāliem, kas iegūti datubāzēs, kā piemēram: Research Gate, Science Direct u.c., tika izmantotas grāmatas, elektriskie resursi.

Izejas datu ieguvei tika veikta arī:

- augsnes parauglūkumu izveidošana – kopā 10 parauglūkumi, fotofiksācijas, koordinātu noteikšana;
- augsnes dziļrakumu profilu aprakstīšana pēc Latvijas augšņu klasifikācijas (Kārklīņš 2009);
- augsnes veidošanās faktoru noteikšana;
- augsnes ietekmējošu faktoru noteikšana.

4.3. Pētījuma metodes

Lauka darba metodes

Pētījums tika veikts projekta "GrassLIFE: zālāju atjaunošana un to dažādas izmantošanas vecināšana" ietvaros. 10 parauglūkumi tika veidoti Gulbenes novada Litenes un Stradu pagastos. Pēc augsnes dziļrakumu izveidošanas tika veikta to fotofiksācija un apraksts atbilstoši Latvijas (Kārklīņš et al. 2009) un starptautisko FAO WRB augsnes klasifikācijai. Augsnes paraugi tika ievākti no augsnes ģenētiskajiem horizontiem. Veģetāca tika aprakstīta pēc Brauna-Blankē metodes. Dati, kas iegūti par sugu skaitu, procentuālo daudzumu un to sastāvu apkopoti tabulāš. Tiem tika pierakstīta informācija par augsnes parauglūkuma numuru, slāņa dziļumu, kā arī datumu, kad paraugs ticis ievākts. Tika noteiktas arī dziļrakumu koordinātas.

Augsnes fizikālo un ķīmisko analīžu metodes

Turpinājumā notika augšņu paraugu apstrāde un analīze, kas tika veikta LU ĢZZF laboratorijās sākot ar 2018. gada rudeni. Sākumā augsnes tika izkaltētas līdz gaisausam stāvoklim, saberztas un izsijāti caur 2 mm sietu. Ķīmiskās un fizikālās analīzes katram paraugam tika veiktas 3 atkārtojumos, pēc kurām tika noteikts:

- augsnes $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$ izmantojot pH metru Adrona AM1605 ar stikla elektrodu 0,1M BaCl_2 šķīdumā;
- apmaiņas katjonu (Ca^{2+}), (Mg^{2+}), (K^+), (Na^+), (Al^{3+}), (Fe^{2+}), (Mn^{2+}) koncentrācijas (mg/kg) noteikšana 0,1M BaCl_2 šķīdumā, izmantojot Perkin Elmer AAnalyst 200;

- kopējā oglekļa ($C_{kop.}$) un slāpekļa ($N_{kop.}$) saturs (%) noteikšana, izmantojot CHNSO elementanalizatoru EuroVector;
- kustīgā fosfora (P_2O_5) noteikšana, atbilstoši LVS ISO 11263:2002 metodikai.

Kartogrāfiskais materiāls

Kartogrāfiskā materiāla izstrāde tika veikta programmatūrā **ArcMap 10.6**. Tajā tika raksturota augsnes parauglaukumu atrašanās vieta, pH mainība teritorijā, kā arī ķīmiskie elementi ($C_{kop.}$, $N_{kop.}$, un P_2O_5). Kartogrāfiskais materiāls tika veikts z/s "Sita" un z/s "Stirnas". Katrai no zemnieku saimniecības tika veikta ķīmisko elementu raksturlielumu un ķīmisko elementu ekstrapolācija etalonteritorijās. Par pamatu reljefa atveidošanai tika ņemta Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba topogrāfiskā karte mērogā 1:10 000 (TOPO 10K PSRS). Turpinājumā tika digitizētas horizontāles un veikta kartes koriģēšana.

Datu statistiskās analīzes metodes

Lai veiktu statistisko datu analīzi, tika veidota datu bāze Ms Excel vidē. Tajā tika apkopoti dati par 10 parauglaukiem. Tika analizēti augsnes virskārtu ietekmējošie faktori un to likumsakarības. Analīzei izmantota galveno komponentu analīzes metode (PCA) programmā PC-ORD 5.10. No iepriekš veidotās datubāzes tika veidota datu matrica, kur tika veikta dažādu augsnes virsējās kārtas komponentu kodēšana kvantitatīvajos un kvalitatīvajos datos.

Kā kvantitatīvie faktori tika izvēlēti iepriekš veikto ķīmisko analīžu rezultāti (augšnes pH_{BaCl_2} , C%, N%, C/N, apmaiņas bāzu summa, P_2O_5 , apmaiņas ķīmiskie elementi). Kā kvalitatīvie dati: glejošanās pazīmes, zemes kvalitatīvā vērtība, novietojums reljefā, granulometriskais sastāvs, augsnes klase, tips un apakštips.

Kvalitatīvie dati tika kodēti ar veseliem skaitļiem. Glejošanās pazīmes: 1 nav, 2 (0-50 cm), 3 (>50 cm). Granulometriskais sastāvs: 1 – vidēja smilts, 2 – ļoti smalka smilts. Zemes kvalitatīvā vērtība: 1 (0 - 20), 2 (20 - 25), 3 (=>25). Novietojums reljefā: 1 virsotne, 2 nogāze, 3 ieplaka. Augšnes klase: 1 pushidromorfa, 2 automorfa. Augšnes tips: 1 podzolētās glejaugšnes, 2 aluviālās augsnes, 3 glejaugšnes, 4 podzolaugšnes. Augšnes apakštips: 1 velēnpodzolētā pseidoglejotā, 2 kārtainā aluviālā augsne, 3 velēnglejotā augsne, 4 velēnu podzolaugšne.

5. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Z/S "Sita" kopējā platība ir 400 ha, no kuriem ap 110 ha ir dabisko pļavu un galvenie saimniecības veidi ir gaļas lopkopība, biškopība un briežu audzēšana. Z/S "Stirnas" kopējā platība ir 300 ha, no kuriem ap 20 ha ir dabiskās pļavas, galvenā saimniecības nozare ir bioloģiskās daudzveidības saglabāšana. Z/S "Sita" tika konstatēti 3 dažādi augsnes apakštipi, savukārt Z/S "Stirnas" 2 augsnes apakštipi. Pētījumi tika veikti NATURA 2000 tīkla teritorijās.

Kopā tika izveidoti 10 augsnes dziļrakumi, katrā saimniecība pa 5. Augsnes dziļrakumi tika veikti vietās kur tika konstatēti ES aizsargājami biotopi, kā - 6120* (Smiltāju zālāji), 6210* (Sausi zālāji kaļķainās augsnes), 6230* (Vilkakūlas zālāji (tukšaiņu zālāji)), 6270* (Sugām bagātas ganības un ganītas pļavas) un 6530* (Parkveida pļavas un ganības).

5.1. Augšņu apakštipu raksturojums z/s "Sita" un z/s "Stirnas"

Z/S "Sita" piecos izveidotajos parauglaukumos tika konstatēti četri augšņu apakštipi. Pirmajā katēnā (parauglaukumi Nr.1 un Nr.2) tika konstatēta velēnu podzolētā pseidoglejotā augsne. Otrajā katēnā (parauglaukums Nr.3 un Nr.4) ir konstatēta kārtainā aluviālā augsne un velēnglejotā augsne attiecīgi. Savukārt parauglaukumā Nr.5 ir konstatēta velēnu podzolaugsne (1. pielikums).

Z/S "Stirnas" piecos izveidotajos parauglaukumos tika konstatēti divi augšņu apakštipi. Parauglaukumā Nr.1 konstatēta kūdrainā aluviālā augsne, savukārt parauglaukumos Nr.2 – Nr.5 konstatēta velēnu podzolaugsne (1. pielikums).

Pirmā katēna Z/S "Sita" atrodas Sitas upes ielejā. Dziļrakums Nr.1 atrodas tuvāk pagura virsotnei, savukārt parauglaukums Nr.2 ir uz nogāzes. Parauglaukumā Nr.1 virskārtā līdz 38 cm dziļumam granulometrisko sastāvu veido vidēja smilts, no 38 līdz 58 cm granulometriju veido smalka smilts, līdz rakuma beigām (105 cm) granulometrisko sastāvu veido mālsmilts. Konstatēts glejots horizonts 23 cm dziļumā, kā arī guntsūdeņi 120 cm dziļumā. Parauglaukumā Nr.2 virskārtā granulometrisko sastāvu līdz 35 cm veido vidēja smilts, no 35 – 54 cm dziļumam smalka smilts, no 54 – 64 cm ļoti smalka smilts un no 64 līdz rakuma beigām vidēja smilts. Glejots horizonts 15 cm dziļumā, gruntsūdeņi konstatēti 30 cm dziļumā. Parauglaukumā Nr.3 virskārtā līdz 34 cm granulometrisko sastāvu ļoti smalka smilts, dziļumā no 34 – 80 cm vidēja smilts, 80 - 95 cm rupja smilts un smalka smilts no 90 cm līdz cilmiezim. Parauglaukumā netika konstatētas glejošanās pazīmes, gruntsūdeņi konstatēti 120 cm dziļumā. Veidojies palu ūdeņu darbībā, tāpēc tam ir izteikta kārtaina struktūra, kā arī tas ir veidots no rupja (smilts) materiāla. Dominējot smilts granulometriskajam sastāvam, notiek organisko vielu izskalošanās.

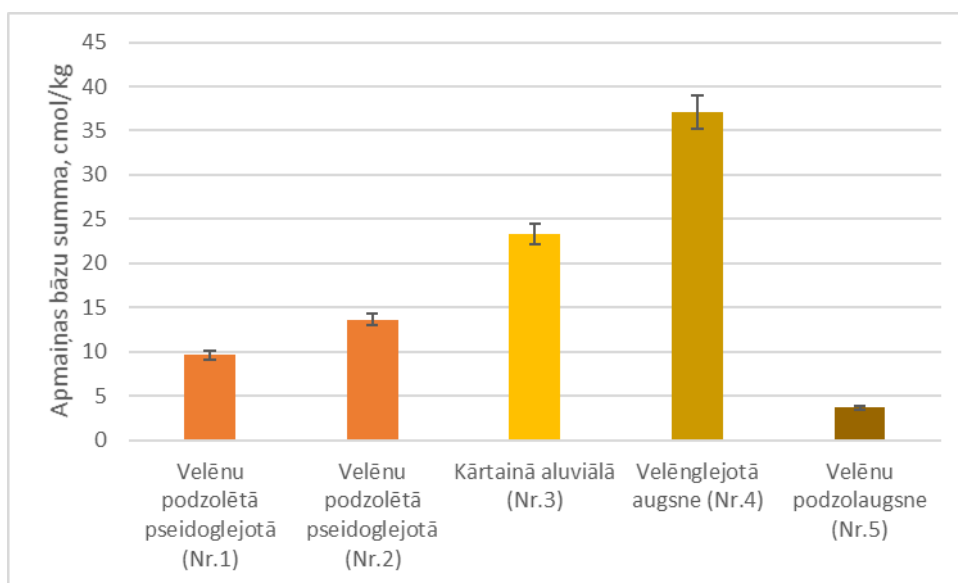
Parauglaukumā Nr.4 virskārtā līdz 81 cm dziļumam granulometrisko sastāvu veido ļoti smalka smilts, no 81 cm līdz cilmiezim to veido vidēja smilts. Glejošanās pazīmes 45 cm dziļumā, gruntūdeņi konstatēti 120 cm dziļumā. Veidojies pastiprināta mitruma apstākļos, sliktas drenētības ietekmē. Parauglaukumā Nr.5 virskārtā ir 1 cm biezs organisko vielu slāni. No 1 – 24 cm dziļumam granulometrisko sastāvu veido vidēja smilts, 24 – 100 cm dziļumā rupja smilts un 100 cm līdz cilmiezim smalka smilts. Glejošanās pazīmes 100 cm dziļumā un gruntsūdeņi 120 cm dziļumā. Brīvie karbonāti konstatēti tikai parauglaukumā Nr.3 105 cm dziļumā.

Z/s "Stirnas" parauglaukumā Nr.1 virskārtā, līdz 50 cm dziļumam granulometrisko sastāvu veido ļoti smalka smilts, no 50 – 63 cm vidēja smilts, no 63 – 110 cm ļoti smalka smilts. Glejošanās pazīmes 97 cm dziļumā, gruntsūdeņi vairāk nekā 100 cm dziļumā. Parauglaukumā Nr.2 virskārta un horizontos līdz granulometrisko sastāvu veido ļoti smalka smilts, horizontā no 44 – 87 cm to nomaina vidēja smilts, horizontos no 87 – 104 cm ļoti smalka smilts. Glejošanās pazīmes 37 cm dziļumā, gruntsūdeņi vairāk nekā 100 cm dziļumā. Parauglaukumā Nr.3 virskārtā un horizontos līdz 26 cm granulometrisko sastāvu veido vidēja smilts, 26 – 87 cm smalka smilts, 87 cm – 97 cm vidēja smilts. Glejošanās pazīmes 97 cm dziļumā, gruntsūdeņi vairāk nekā 100 cm dziļumā. Parauglaukumā Nr.4 virskārta un horizontus līdz 28 cm granulometrisko sastāvu veido ļoti smalka smilts, 28 – 41 cm putekļaina ļoti smalka smilts, 41 – 46 cm ļoti smalka smilts, 46 – 53 cm putekļaina ļoti smalka smilts, 53 – 58 cm ļoti smalka smilts, 58 – 110 cm smalka smilts. Glejošanās 53 cm dziļumā, gruntsūdeņi vairāk nekā 100 cm dziļumā. Parauglaukumā Nr.5 virskārtā ir 20 cm biezs kūdras slānis. 20 – 28 cm dziļumā seko slānis no ļoti smalka smilts, 28 – 48 cm dziļumā mālsmilts, 48 – 64 cm dziļumā ļoti smalka smilts, 64 – 75 cm mālsmilts un 75 – 105 cm vidēja smilts. Glejošanās pazīmes 25 cm un gruntsūdeņi 25 cm dziļumā. Veidojies bijušās vecupes vietā, uzkrājoties kūdrai, kuras sastāvā ir dūņaini nogulumi (Nikodemus et al. 2008).

5.2. Augsnes ķīmisko īpašību raksturojums

Z/s "Sita" un z/s "Stirnas" augšņu telpisko izplatību un sastāvu ietekmē reljefs un cilvēku saimnieciskā darbība. Sakarā ar to, ka abas pētāmās teritorijas atrodas upju palienēs, kas ietekmē hidroloģisko režīmu, tās klātbūtne arī ietekmē augsnes. Kā galvenos augsnes auglības raksturojošus rādītājus var minēt pH vērtība, apmaiņas bāzu summa, kopējais oglekļa un slāpekļa daudzums, augsnes virsējā minerālā horizonta biezums un kustīgā fosfora saturs augsnē. Šajā nodaļā tiks analizēti laboratorijās veikto augsnes ķīmisko analīžu rezultāti (3. pielikums).

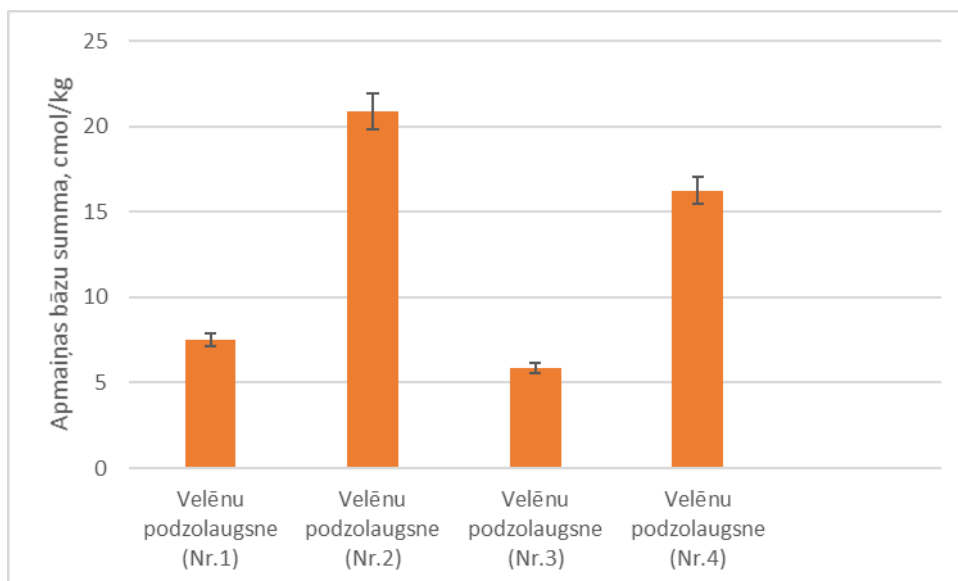
Z/s "Stirnas" vienā no parauglaukumiem tika konstatēta aluviālā augsne (kūdrainā aluviālā augsne), kas uzrādīja ekstrēmas vērtības, tāpēc, tā netika ņemta vērā kopējās ķīmiskajās augsnes analīzēs.



5.2.1. attēls. Apmaiņas bāzu summas (cmol/kg) vidējā vērtība un standartnovirze virsējā horizontā z/s "Sita" (izstrādājis autors, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

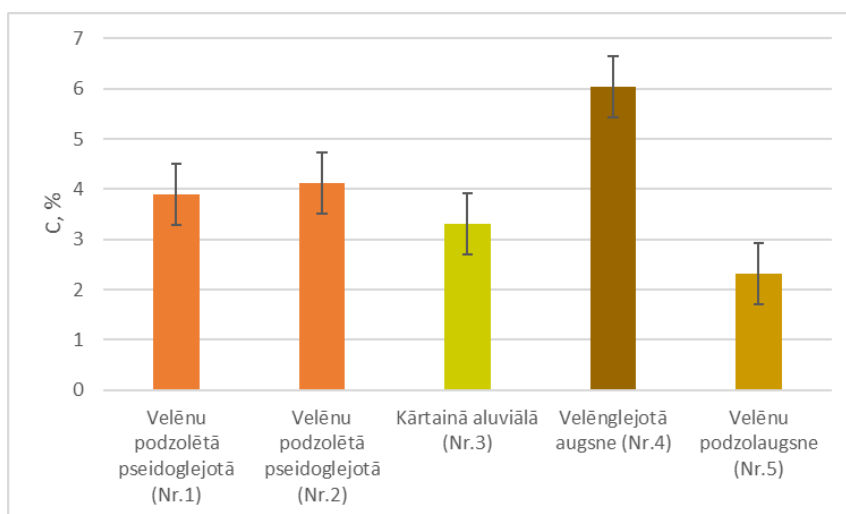
Apmaiņas bāzu summa z/s "Sita" virsējā horizontā ir robežās no 3,68 cmol/kg velēnu podzolaugsnē (parauglaukums Nr. 5) līdz 37,11 cmol/kg velēnglejotajā augsnē (parauglaukums Nr. 4) (5.2.1. attēls). Līdzīgas apmaiņas bāzu summas ir pirmajā katēnā (atrodas paugura A nogāzē) kur sastopamas velēnu podzolētās pseidoglejotās augsnes. Var secināt, ka nogāzes augstākā parauglaukumā apmaiņas bāzu summa ir mazākā nekā parauglaukumā, kas ir tuvāk ieplakai. Salīdzinot apmaiņas bāzu daudzumu, kas ir līdzīgs, var secināt, ka atšķirības veidojušās reljefa novietojuma rezultātā. Savukārt paugura R nogāzē kur fiksētā augstākā apmaiņas bāzu summa parauglaukumā Nr. 4, kur ir konstatēta velēnglejotā augsne, bet nedaudz zemāka apmaiņas bāzu summa ir kārtainajā aluviālajā augsnē. Salīdzinot novietojumu reljefā, kas ir līdzīgs abiem parauglaukumiem, var secināt, ka tas neietekmē apmaiņas bāzu summu. Galvenais ietekmējošais faktors ir augsnes veidošanās apstākļi. Parauglaukumā Nr.3 organiskās vielas virskārtā varēja tikt uznestas palu laikā, kā arī tā ir tikusi ietekmēta cilvēku saimnieciskās darbības rezultātā, piemēram, aršanas vai citas augsnes apstrādes metodes ietekmē. Paraugā Nr.4 arī ir konstatēta cilvēku saimnieciskā darbība. Lielāka apmaiņas bāzu summa ir skaidrojama arī ar to, ka šajā parauglaukumā ir bagātāka augu veģetācija, kā rezultātā veidojas lielāks daudzums organisko vielu. Savukārt zemākā apmaiņas bāzu summa ir parauglaukumā Nr. 5 (Velēnu podzolaugsne), kas atrodas nogāzes DR daļā (5.2.1. attēls). Zemais apmaiņas

bāzu daudzums skaidrojams ar to, ka visos horizontos ir smilšains granulometriskais sastāvs, kā arī, tajā nav konstatēti karbonāti.



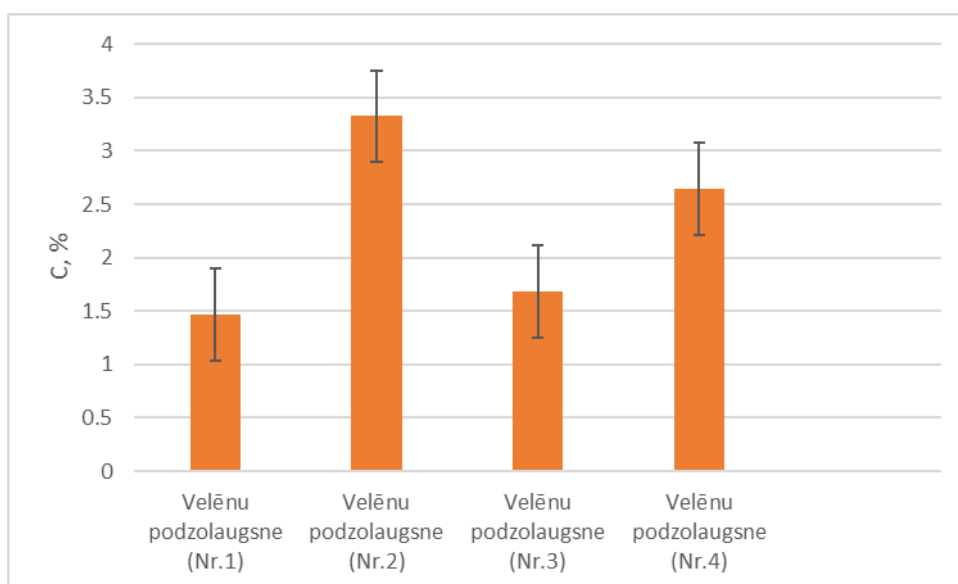
5.2.2. attēls. Apmaiņas bāzu summas (cmol/kg) vidējā vērtība un standartnovirze virsējā horizontā z/s "Stirnas" (izstrādājis autors, izmantojot ķīmisko analīžu rezultātus)

Z/s "Stirnas" apmaiņas bāzu summas augsnes virskārtā ir diapozonā no 5,85 cmol/kg (parauglaurkuns Nr.3) līdz 20,88 cmol/kg (parauglaurkuns Nr.4) (5.2.2. attēls). Pirmajā un otrajā katēnā, var redzēt, ka lejup pa nogāzi palielinās arī apmaiņas bāzu summa. Šāda pati sakarība ir arī otrajā katēnā (5.2.2. attēls). Sakarā ar to, ka augsnēm ir vienādi apakštipi un līdzīgi granulometriskie sastāvi, var secināt, ka apmaiņas bāzu summa ir atkarīga no novietojuma reljefā.



5.2.3. attēls. Kopējais oglekļa vidējais saturs (C, %) un standartnovirze virsējā horizontā z/s "Sita" (izstrādājis autors, izmantojot ķīmisko analīžu datus)

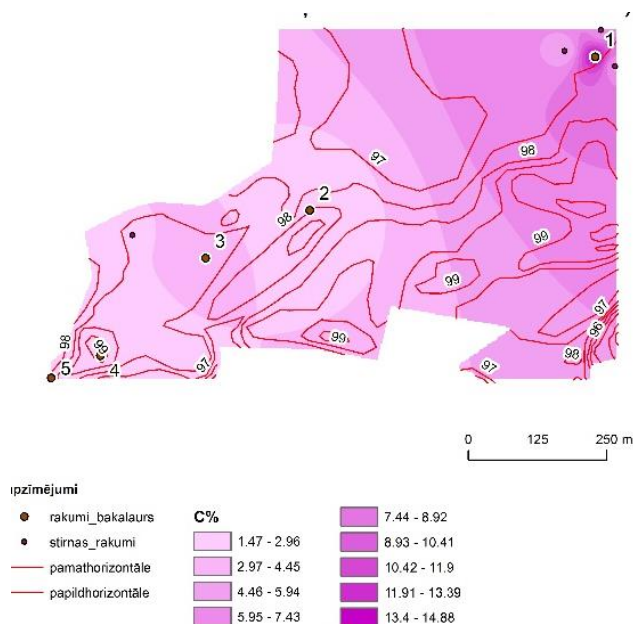
Kopējais oglekļa vidējais saturs z/s "Sita" virskārtā ir robežās no 2,31% velēnu podzolaugsnē (parauglūkums Nr.5) līdz 6,03% velēnglejotajā augsnē (paraugs Nr.4) (5.2.3. att.). Gan R gan A nogāzē novērojams kopējā oglekļa satura paaugstināšanās lejup pa nogāzi. Pirmajā katēnā nogāzes virsotnē oglekļa daudzums ir 3,90%, bet nogāzes pakājē 4,13%. Savukārt otrajā katēnā atšķirības ir lielākas. Parauglūkumā Nr.3 oglekļa kopējais saturs ir 3,31%, bet vparauglūkumā Nr.4 tas ir 6,03%. Zemākais kopējā oglekļa saturs (2,31%) ir parauglūkumā Nr.5, kas atrodas paugura virsotnē. Lielākais oglekļa daudzums velēnglejotajā augsnē ir skaidrojams ar to, ka tajā ir lielāks organisko vielu daudzumu, kas uzkrājas anaerobu apstākļu ietekmē.



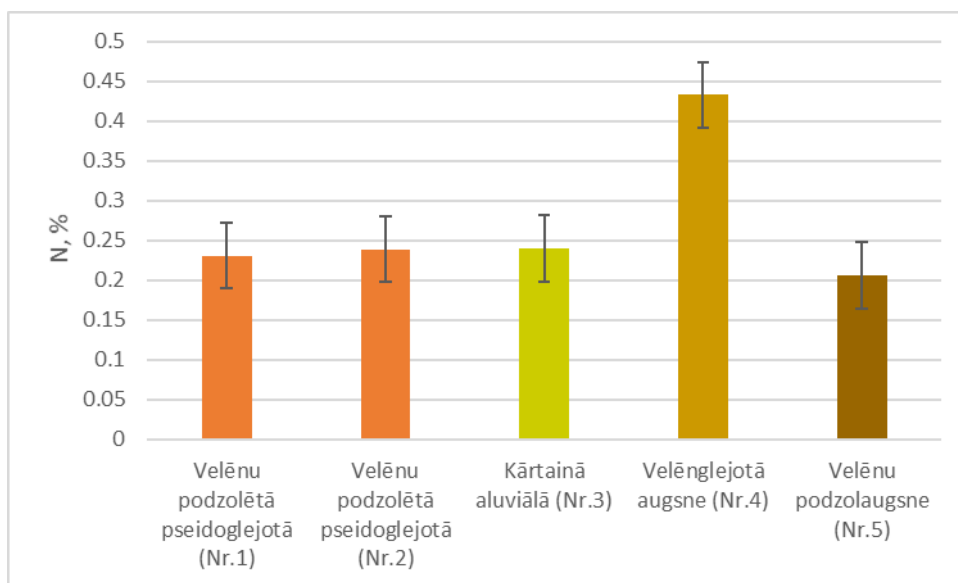
5.2.4. attēls. Kopējais oglekļa vidējais saturs (C, %) un standartnovirze virsējā horizontā z/s "Stirnas" (izstrādājis autors, izmantojot ķīmisko analīžu datus)

Kopējais oglekļa vidējais saturs z/s "Sita" virskārtā ir robežās no 1,46% (parauglūkums Nr.1) līdz 3,23% (parauglūkums Nr.2) (5.2.4. att.). Tā kā visos parauglūkos ir konstatēta identiska augsne, var secināt, to, ka lejup pa nogāzi pieaug arī kopējais oglekļa saturs augsnē. Kā redzams attēlā 5.2.5. lielākais piesātinājums ar oglekli ir konstatēts teritorijas ZA daļā, kur ir konstatēta kūdrainā aluviālā augsne un tā daudzums samazinās DR virzienā. Zemākā C% koncentrācija konstatēta teritorijas centrālajā un DR daļā.

Kūdrainajā aluviālajā augsnē (parauglūkums Nr.5) kopējais oglekļa saturs augsnē bija 14,90%, kas liecina par to, ka kūdras augsnes notiek pastiprināta oglekļa uzkrāšanās. Salīdzinot ar pārējiem parauglūkiem, oglekļa daudzums ir vairāk nekā divas reizes lielāks. Šajā augsnē notiek pastiprināta oglekļa akumulācija, kā arī, notiek oglekļa sekvestrācija. Tā rezultātā, atmosfērā nonāk mazāks C daudzums. Intensīvas lauksaimniecības zemes izmantošanas rezultātā, ogleklis nonāk atmosfērā, kas ietekmē globālās klimata pārmaiņas.



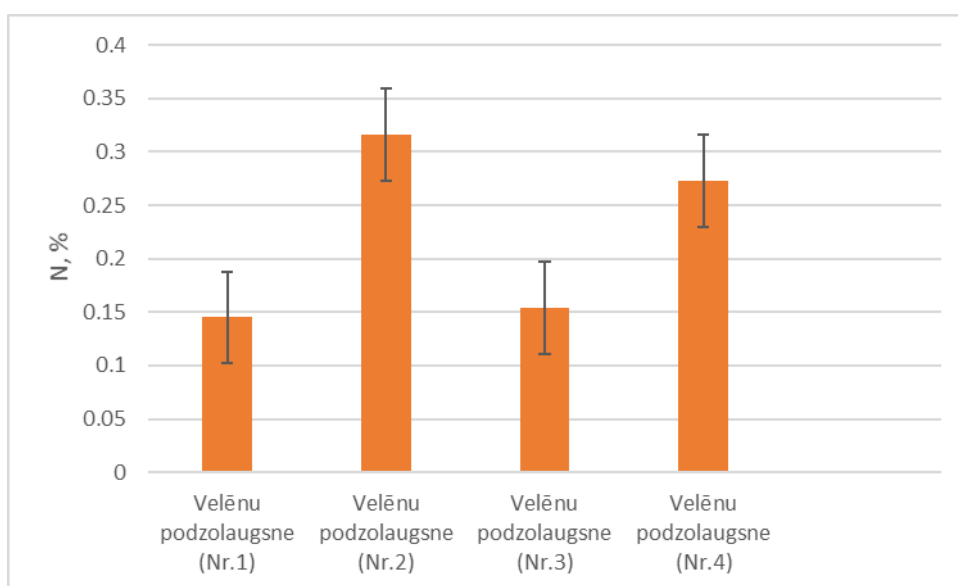
5.2.5. attēls. C% piesātinājums z/s "Stirnas" (izstrādājis autors izmantojot ķīmisko analīžu datus un LU GZZF WMS karšu serveri)



5.2.6. attēls. Kopējais slāpekļa vidējais saturs (N, %) un standartnovirze virsējā horizontā z/s "Sita" (izstrādājis autors, izmantojot ķīmisko analīžu datus)

Kopējais slāpekļa vidējā satura daudzumam ir līdzīga sakarība kā oglekļa kopējam saturam. Reljefa augstākajās vietās slāpekļa satura daudzums ir salīdzinoši mazāks, nekā tas ir nogāzes vai ieplakās (5.2.6. att.). z/s "Sita" mazākais slāpekļa daudzums konstatēts velēnu podzolaugsnē (parauglaukums Nr.5) 0,2%, savukārt lielākais slāpekļa saturs ir velēnglejotajā augsnē (parauglaukums Nr.4) 0,43%. Parauglaukumā Nr.1 un Nr.2, kur abos ir velēnu podzolētā pseidoglejotā augsne slāpekļa saturs atšķiras par 0,1%, kas ir lielāks parauglaukumā, kurš reljefā atrodas zemākā vietā. Savukārt lielākas atšķirības ir parauglaukumā Nr.3 un Nr.4.

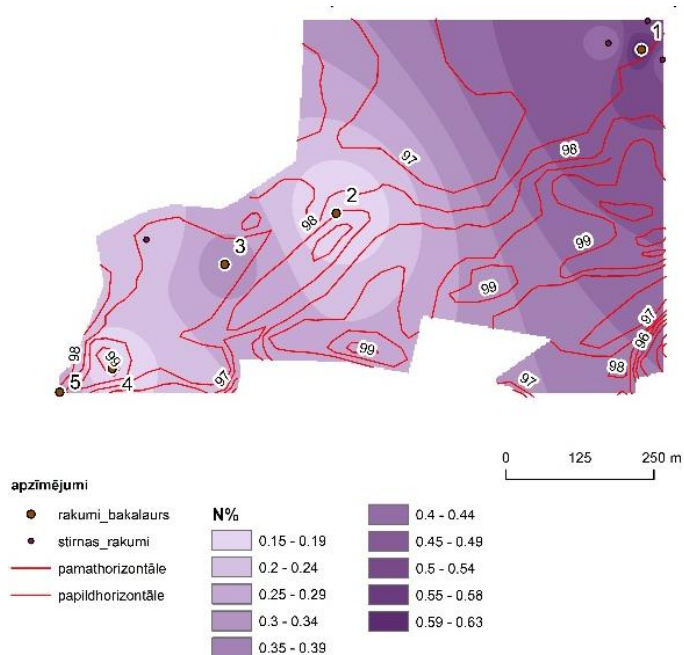
Šīs atšķirības var būt skaidrojamas gan ar izvietojumu reljefā, gan to, ka aluviālajā augsnē ilgākos laika periodos ir notikusi intensīva izskalošanās. Parauglaukumā Nr.5, kur ir zemākais slāpekļa saturs, ir skaidrojams ar to, ka reljefā tas atrodas tuvu nogāzei. Lietus un sniega kušanas ūdeņu ietekmē šajā vietā notiek intensīva erozija, kā rezultātā, notiek augsnes elementu izskalošanās no reljefa paaugstinājumiem un to uzkrāšanās reljefa pazeminājumos un ieplakās. Šo elementu izskalošanos arī ietekmē granulometriskais sastāvs. Visos no parauglaukumiem, to veido dažāda veida smilts, no kuras augsnes elementi tiek viegli izskaloti salīdzinājumā ar smagāka granulometriska sastāva, piemēram māla, augsnēm.



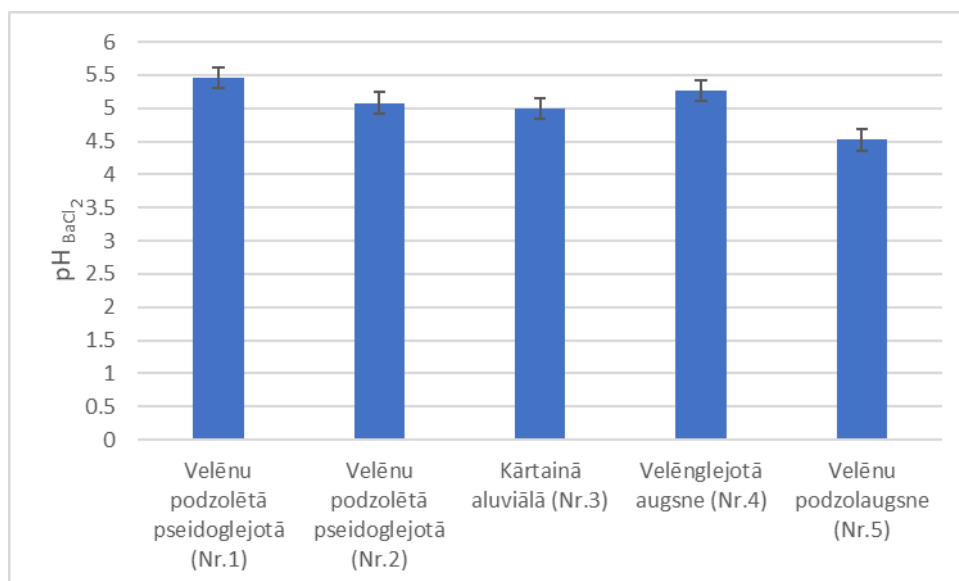
5.2.7. attēls. Kopējais slāpekļa vidējais saturs (N, %) un standartnovirze virsējā horizontā z/s "Stirnas" (izstrādājis autors, izmantojot ķīmisko analīžu datus)

Z/s "Stirnas" kopējais slāpekļa daudzums ir robežās no 0,14% (parauglaukums Nr.1) līdz 0,31% (parauglaukums Nr.2) (5.2.7. att.). Arī šajā etalonteritorijā ir novērojama līdzīga tendence kā Z/S "Sita", jo nogāžu lejasdaļā vai ieplakās kopējais slāpekļa daudzums palielinās salīdzinot ar pauguru virsotnēm. Kā redzams attēlā 5.2.8. arī N% lielākais piešatinājums konstatēts teritorijas ZA daļā, kur atrodas kūdrainā aluviālā augsne. Mazākās koncentrācijas konstatētas teritorijas centrālajā daļā un DA daļā (paugura virsotnē).

Gan oglekļa, gan slāpekļa satura sakarības (lielāks daudzums nogāzēs un ieplakās, mazāks pauguru virsotnēs) ir skaidrojams ar reljefu. Pauguru virsotnes ir pakļautas intensīvākai erozijai, kas rezultējas ar to, ka augsne kopā ar tās elementiem tiek nestā lejup pa nogāzi un uzkrājas nogāžu lejasdaļās un starppauguru ieplakās. Šādu sakarību arī iespējams raksturot ar augsnes granulometrisko sastāvu, jo visos parauglaukumos virskārtā ir konstatētas smiltis. Šāda granulometriskā sastāva augsnēs mijiedarbībā ar reljefu, notiek pastiprināta augsnes elementu izskalošanās lejup pa nogāzi.



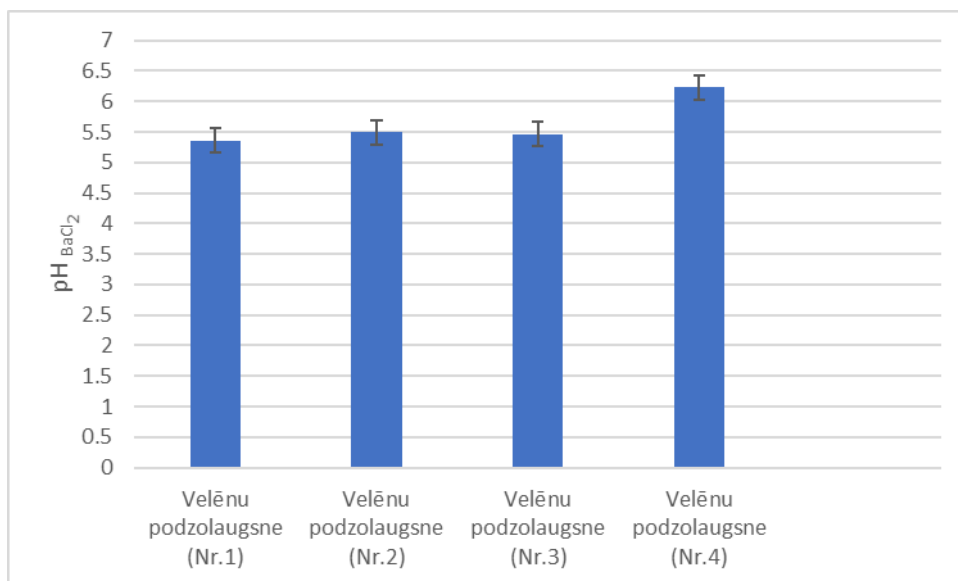
5.2.8. attēls. N% piesātinājums z/s "Stirnas" (izstrādājis autors izmantojot analīžu datus un LU ĢZZF WMS karšu serveri)



5.2.9. attēls. pH_{BaCl2} vidējā vērtība un standartnovirze z/s "Sita" augsnes virsējā horizontā (izveidojis autors, izmantojot ķīmisko analīžu datus)

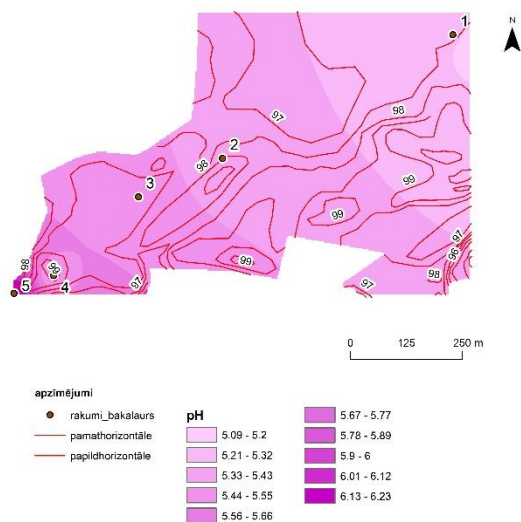
pH $BaCl_2$ z/s "Sita" virsējos horizontos ir robežās no 5,42 velēnu podzolaugsnē (parauglaukums Nr.5) līdz 5,46 velēnu podzolētajā pseidoglejotajā augsnē (parauglaukums Nr.1) (5.2.9. att.). pH vērtības z/s "Sita" nav iespējams skaidrot ar izmaiņām reljefā, jo šāda sakarība nav pamanāma iegūtajos analīžu rezultātos. Sakarā, ar to, ka parauglaukumos ir dažādas augsnes, atšķirības augsnes pH varētu saistīt ar veģetāciju, kas atrodas katrā parauglaukumā. Kā piemēru, var minēt āboliņu (*Trifolium*), kas proporcionāli katjonus uzņem

vairāk nekā anjonus. Tā rezultātā, augu saknes izdala vairāk ūdeņraža jonus, kas paskābina augsni (Crop Nutrition 2019).

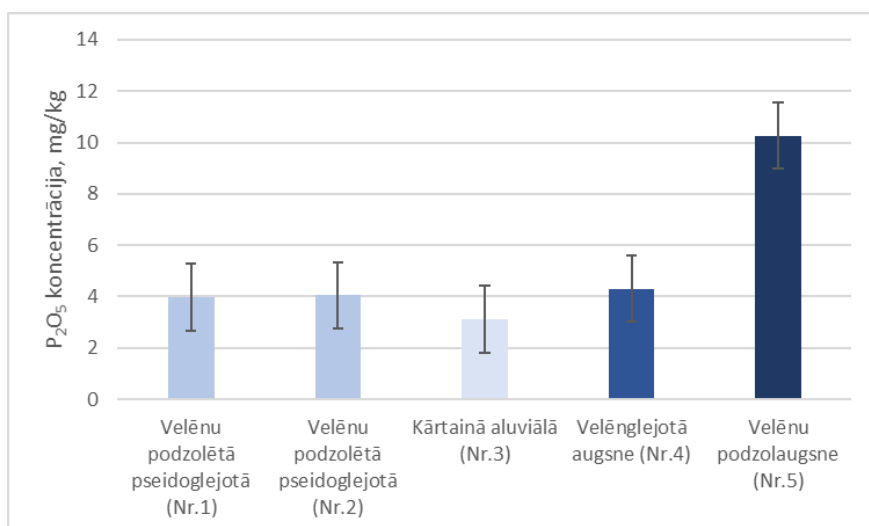


5.2.10. attēls. pH_{BaCl₂} vidējā vērtība un standartnovirze z/s "Stirnas" augsnes virsējā horizontā (izveidojis autors, izmantojot ķīmisko analīžu datus)

pH BaCl₂ z/s "Stirnas" ir robežās no 5,36 (parauglaukums Nr.1) līdz 6,23 (parauglaukums nr.4) (5.2.10.att). Augsnes pH visos četros parauglaukumos ir salīdzinoši līdzīgi, kas skaidrojams ar to, ka visos parauglaukumos ir vienāda augsne (velēnu podzolaugsne), kā arī augsnēm ir līdzīgs granulometriskais sastāvs. pH tendence ir tāda, ka lejup pa nogāzi palielinās pH lielums, kas skaidrojams ar pauguru virsotnes eroziju, augsnes un to ķīmisko vielu noskalošanos no pauguru virsotnēm un nogulsnešanos nogāžu pakājēs un starppauguru ieplakās. Noskalošanos arī ietekmē granulometriskais sastāvs. Smilšainās augsnēs, dažādi augsnes elementi tiek izskaloti intensīvāk. 5.2.11. attēlā attēlotas pH izmaiņas z/s "Sīta" teritorijā. Konstatēts, ka teritorijas DR daļā ir lielākās pH vērtības nogāzēs un reljefa ieplakās, bet mazākā vērtība ir paugura virsotnē. Virzienā uz ZA visā teritorijā samazinās pH vērtības.



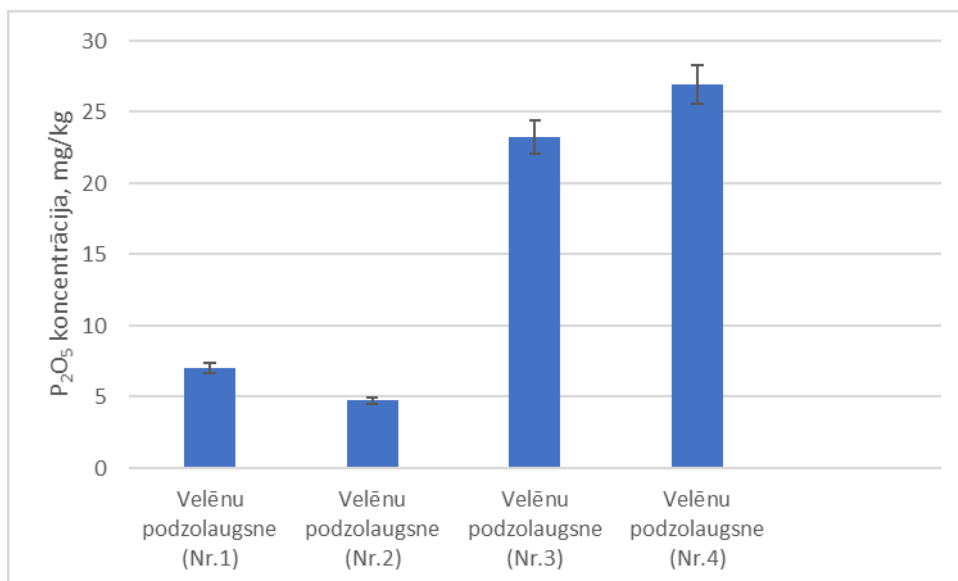
5.2.11. attēls. pH vidējās vērtības z/s "Stirnas" (izstrādājis autors izmantojot analīžu datus un LU ĢZZF WMS karšu serveri)



5.2.12. attēls. Kustīgā fosfora (P₂O₅, mg/kg) vidējā koncentrācija un standartnovirze augsnes virskārtā z/s "Sita" (izstrādājis autors, izmantojot analīžu rezultātus)

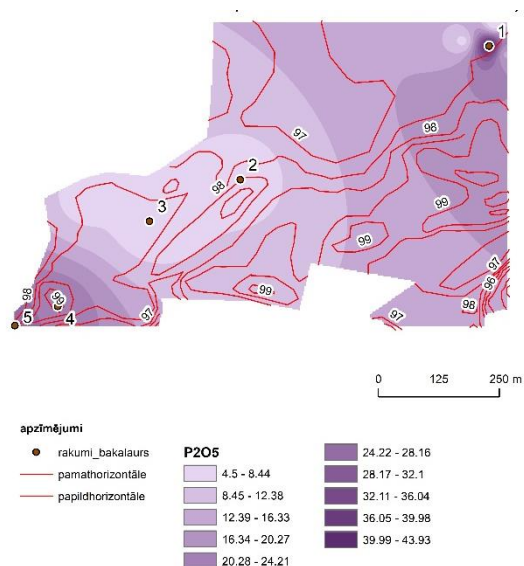
Kustīgā fosfora koncentrācija (mg/kg) z/s "Sita" ir robežās no 3,11 kārtainajā aluviālajā augsnē (parauglaukums Nr.3) līdz 10,27 velēnu podzolaugsnē (parauglaukums Nr.5) (5.2.12. att.). Parauglaukumos (Nr.1 un Nr.2) paugura austrumu nogāzē kuros konstatēta vienāda, velēnu podzolētā pseidoglejotā augsne, kustīgā fosfora daudzums ir samērā līdzīgs. Paugura dienvidu nogāze ir redzamas lielākas atšķirības kustīgā fosfora koncentrācijā, kā arī, šajā paugura nogāzes pusē ir fiksēts gan lielākais, gan mazākais kustīgā fosfora daudzums. Otrajā katēnā (parauglaukumi Nr.3 un Nr.4) kustīgā fosfora vidējā koncentrācija augsnē pieaug lejup pa nogāzi. Parauglaukumā Nr.3 ir konstatēta zemākā vidējā koncentrācijas etalonterirojā. Sakarā ar to, ka granulometriskie sastāvi šim augsnēm ir līdzīgi, tas nav ietekmējis kustīgā fosfora koncentrāciju. Savukārt, parauglaukumā Nr.5, kur ir velēnu podzolaugsne, kustīgā

fosfora koncentrācija ir vislielākā, kas ir vairāk nekā divas reizes lielāka, nekā pārējos parauglaukumos etalonteritorijā.



5.2.13. attēls. Kustīgā fosfora (P₂O₅, mg/kg) vidējā koncentrācija un standartnovirze augsnes virskārtā z/s "Stirnas" (izstrādājis autors, izmantojot analīžu rezultātus)

Kustīgā fosfora koncentrācija (mg/kg) z/s "Stirnas" ir robežās no 4,74 (parauglaukums Nr.2) līdz 26,92 (parauglaukums Nr.4) (5.2.13. att). Pirmajā katēnā kustīgā fosfora koncentrācija ir augstāka nogāzes virsotnē, savukārt lejup pa nogāzi tas samazinās. Otrajā katēnā (parauglaukums Nr.3 un Nr.4) tas pieaug lejup pa nogāzi. Pēc attēla 5.2.14. var secināt, ka lielākā kustīgā fosfora koncentrācija ir ZA un DR daļā, bet tās pakāpeniski samazinās teritorijas centrālajā daļā. Viens no fosfora daudzuma ietekmējošiem faktoriem ir augsnes vecums. Pētījumos ir pierādīts, ka fosfora pieejamība augsnē sākumā palielinās, bet turpinājumā, laika gaitā tā samazinās (Porder et al. 2007). Parauglaukumā Nr.4. un Nr.5 kur konstatēts vislielākais fosfora daudzums ir konstatēts biezs Ap horizonts, kas liecina par to, ka iepriekšējos laikos, ir notikusi intesīva augsnes mēslosana, kuras rezultātā ir uzkrājies daudz lielāks fosfora daudzums.



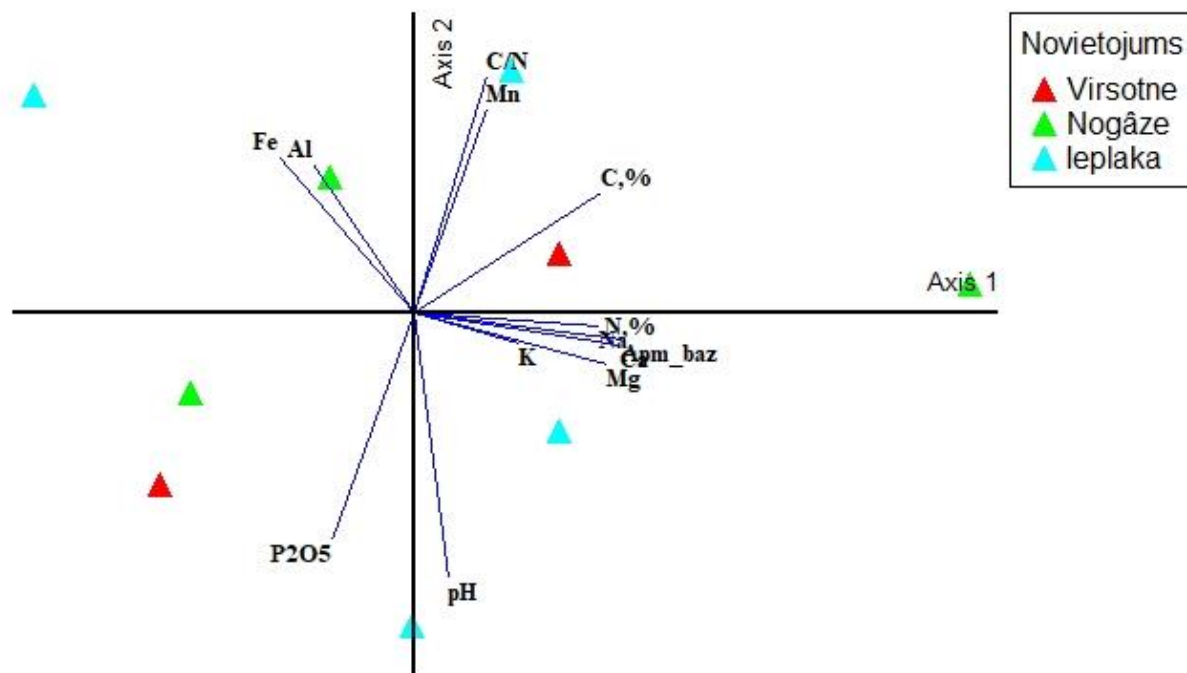
5.2.14. attēls. Kustīgā fosfora piesātinājums z/s "Stirnas" (izstrādājis autors izmantojot analīžu datus un LU ĢZZF WMS karšu serveri)

5.3. Ilggadīgo zālāju augšņu daudzveidības ietekmējošo faktoru izvērtējums

Augsnes daudzveidības ietekmējošos faktoru ietekme tika izvērtēta izmantojot programmu **PC-ORD 5.10**. Programmā tika veikta galveno komponentu analīze (PCA). Analīze tika veikta 9 augšņu paraugi. Paraugs (kūdrainā aluviālā augsne) netika ņemts vērā, jo tas ir uzrādījis ekstremālas vērtības, kas varētu neprecīzi attēlot datu interpretāciju.

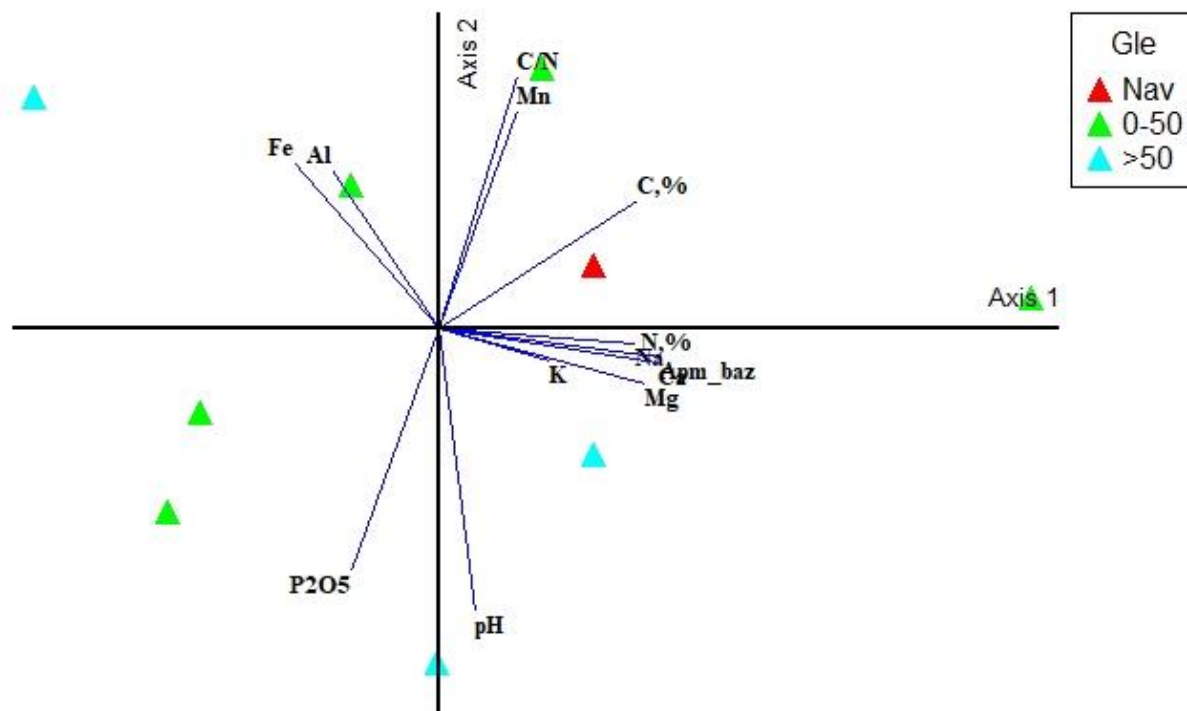
Augsnes paraugi tika analizēti pēc kvantitatīvajiem un kvalitatīvajiem faktoriem. No kvantitatīvajiem faktoriem tika izvēlēti: C%; N%; C/N; apmaiņas bāzes summa; P₂O₅; augsnes pH; K⁺; Na⁺; Mg²⁺; Ca²⁺; Al³⁺; Fe²⁺; Mn²⁺. Kvalitatīvie dati: augsnes klase; augsnes tips; augsnes apakštips; novietojums reljefā; zemes kvalitatīvais novērtējums; glejošanās pazīmes, granulometriskais sastāvs.

Augsnes virsējā horizonta galveno komponentu analīze ir statistiski būtiska (ja $p < 0,05$) 1. asij ($p = 0,001$). Ar šo asi var izskaidrot 48% no kopējās datu punktu izkliedes. Būtiska pozitīva sakarība (ja $r > 0,50$) starp C% ($r = 0,87$), N% ($r = 0,89$), apmaiņas bāzu summai ($r = 0,97$), Na⁺ ($r = 0,86$), Mg²⁺ ($r = 0,90$), Ca²⁺ ($r = 0,96$), savukārt negatīvi korelē ar P₂O₅ ($r = -0,38$), Al³⁺ ($r = -0,47$) un Fe²⁺ ($r = -0,63$) (2. pielikums).



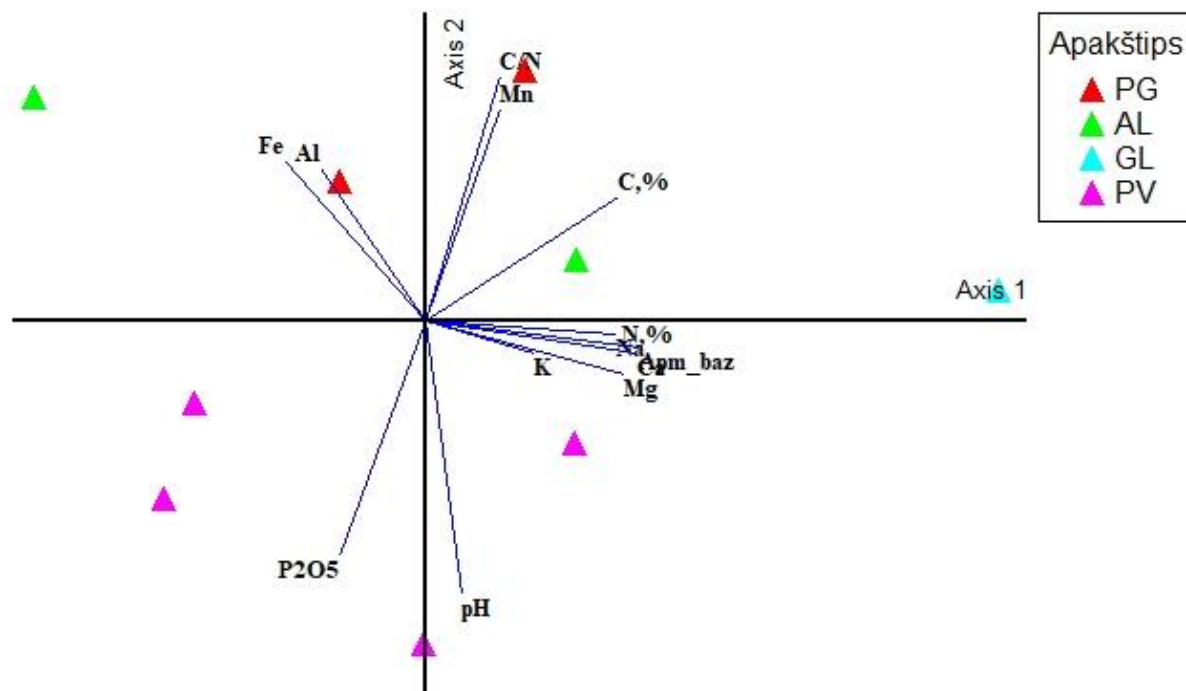
5.3.1. attēls. Augsnes virsējā horizonta galveno komponentu analīze atkarībā no reljefa (izstrādājis autors, izmantojot PCA rezultātus)

Analizējot punktu izkliedi sakarā ar reljefu, var secināt, ka reljefa virsotnes ir piesātinātas ar C%, kā arī P₂O₅ (5.3.1. att.). Reljefa ieplakās ir augstāka apmaiņas bāzu summas, kā arī tās ir piesātinātākas ar magniju, kalciju, un nātriju. Tas skaidrojams ar to, ka reljefa iepalkās erozijas rezultātā tiek nonestas barības vielas no reljefa paaugstinājumiem. Augsnes elementu noskalošanos arī pastiprina granulometriskais sastāvs. Parauglaukumos dominē smilts, kas arī paaugstina noskalošanās procesu. Savukārt, Fe²⁺ un Al³⁺ piesātinājums ir mazāks. Reljefa nogāzēs, tāpat kā ieplakās ir mazāks piesātinājums ar Fe²⁺ un Al³⁺, kā arī P₂O₅.



5.3.2. attēls. Augsnes virsējā horizonta galveno komponentu analīze atkarībā no glejošanās (izstrādājis autors, izmantojot PCA rezultātus)

Parauglaukumos, kuros nav konstatēta glejošanās, ir piesātinātāki ar C% (5.3.2. att.). Parauglaukumos, kur glejošanās konstatēta 0–50 cm dziļumā, lielāks ir konstatēts lielāks piesātinājums ar bāzēm, īpaši Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ . Savukārt, parauglaukumos, kuros glejošanās konstatēta >50 cm dziļumā, augsnes ir piesātinātākas ar Fe^{2+} un Al^{3+} , kas ir konstatēts arī augsnēs, kurām glejošanās ir līdz 50 cm dziļumam, bet mazāks piesātinājums ar apmaiņas bāzēm. Visos paarruglaukumos kuros konstatēta glejošanās ir lielāks piesātinājums ar fosforu. Izteikti lielāks fosfora piesātinājums ir parauglaukumos, kuros glejošanās ir konstatēta vairāk nekā 50 cm dziļumā. Tā kā šajās augsnēs pH ir mazāks par 6,5, fosfors ir nešķītošu dzelzs un alumīnija fosfātu veidā. Glejošanās rezultātā reducējas dzelzs, kā rezultātā tas kļūst šķīstošāks (Nikodemus et al. 2008). Tā rezultātā arī fosfors kļūst pieejams augiem. Glejošanās nav konstatēta tikai z/s "Sita" parauglaukumā Nr.3, kur ir konstatēta kārtainā aluviālā augsne.



5.3.3. attēls. Augsnes virsējā horizontā galveno komponentu analīze atkarībā no augsnes tipa (izstrādājis autors, izmantojot PCA rezultātus)

Analizējot parauglaukumus pēc augsnes tipa, var secināt, ka aluviālā augsne ir piesātināta ar C%, kā arī Al^{3+} un Fe^{2+} (5.3.3. att), bet tajās ir zems piesātinājums ar P_2O_5 . Podzolaugsnes ir piesātinātas ar apmaiņas bāzēm īpaši Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , kā arī N%, bet tajās ir mazs piesātinājums ar Al^{3+} un Fe^{2+} . Šajās augsnēs konstatēta augsnes iekultivēšanās (kaļķošana, mēslošana u.c.), kā rezultātā augsnē ir izteiktāks un biežāks trūdvielu horizonts, kā arī uzlabots augu barības režīms. Podzolētās glejaugsnes ir piesātinātas ar Al^{3+} un Fe^{2+} . Oglekļa piesātinājums aluviālajās augsnēs skaidrojams ar to, ka tajās notiek organisko vielu uzkrāšanās. Vienā no parauglaukumiem ir konstatēta kūdra, bet kārtainajā aluviālajā augsnē organiskās vielas ir uzkrājušās sanesto dūņu rezultātā. Savukārt citas barības vielas aluviālajās augsnēs ir mazākā daudzumā.

5.4. Augšņu verifikācija

Lai noskaidrotu augsnes un tās īpašību telpiskās izmaiņas laika gaitā, tika veikta augsnes profilu informācijas verifikācija, izmantojot VZD vēsturisko augšņu datubāzi. Tika salīdzināts augsnes granulometriskais sastāvs virskārtā, kā arī augsnes apakštīps (tabula 5.4.1.). Augsnes vēsturiskā kartēšana z/s "Sita" ir notikusi 1986. gadā, bet z/s "Stirnas" 1987. gadā, kas tiks salīdzinātas ar informāciju, kas iegūts 2017. un 2018. gadā.

Pēc 1986. un 1987. gada datiem z/s "Sita" dominē velēnglejotā aluviālā augsne (3/5), bet pārējos divos parauglaukumos konstatēta trūdainā glejotā augsne. Savukārt z/s "Stirnas" dominējusi velēnpodzolēta virsēji glejotā augsne (4/5) un vienā parauglaukumā – pseidoglejotā augsne.

Salīdzinot granulometrisko sastāvu 1986./1987. veiktajos pētījumos z/s "Sita" dominē putekļaina mālsmilts (4/5) un vienā parauglaukumā saistīga smilts. z/s "Stirnas" dominējusi sasistīga smilts (4/5) un vienā parauglaukumā konstatēta putekļaina mālsmilts.

2017./ 2018. gada veiktajos pētījumos z/s "Sita" saskatītas sakritības, jo parauglaukumos Nr.1 un Nr.2 arī ir konstatēta glejota augsne, bet tajā vairāk nav tik liels trūdvielu daudzums. Savukārt parauglaukumā Nr.3 arī ir konstatēta aluviālā augsne. Lielākas atšķirības ir saskatāmas augsnes granulometriskajā sastāvā, jo iepriekšējos pētījumos konstatēta mālsmilts, bet mūsdienās augsnes virskārtā izteikti dominē dažāda veida smilts granulometriskās sastāva horizonti

Z/s "Stirnas" iepriekš veiktajos pētījumos ir konstatētas velēnpodzolētās virsēji glejotās, bet mūsdienās dominē velēnu podzolaugšnes. Salīdzinot granulometrisko sastāvu, tas ir līdzīgs, jo abos pētījumos dominē smilts granulometriskais sastāvs. Lielākā atšķirība ir parauglaukumā Nr.1, jo mūsdienās veiktajos pētījumos tajā ir konstatēta kūdra.

Veicot augšņu verifikāciju, var secināt, ka pastāv salīdzinoši lielas atšķirības starp kartēšanas rezultātiem 1980. gadu nogalē un mūsdienās. Augšnes īpašības mainās cilvēku saimnieciskās darbības rezultātā, kā arī zemes apmsaimniekošanas veida nomaiņas rezultātā. Atšķirības ir arī skaidrojamas ar to, ka tiek attīstītas augsnes pētīšanas un kartēšanas metodikas, kas senākos laikos nebija tik precīzas un avancētas. Kā arī mūsdienās ir mainījies augsnes aprakstīšanas princips.

Augsnes apakštīpu un granulometriskā sastāva grupu atšķirības pēc 1987./1987. gada un 2017./2018. gada datiem

Augsnes parauglaukuma nr.	Augsnes informācija 1986./1987. gada kartēšanas datos		Augsnes informācija 2017./2018. gada kartēšanas datos		Augsnes grupa atbilstoši FAO WRB klasifikācijai
	Augsnes apakštīps	Augsnes granulometriskais sastāvs virskārtā	Augsnes apakštīps	Augsnes granulometriskais sastāvs virskārtā	
Z/S "Sita" 1	Trūdaini glejotā augsne	Putekļu mālsmilts	Velēnu podzolētā pseidoglejotā	Vidēja smilts	Cambisols
Z/S "Sita" 2	Trūdaini glejotā augsne	Putekļu mālsmilts	Velēnu podzolētā pseidoglejotā	Vidēja smilts	Podzols
Z/S "Sita" 3	Velēngleja aluviālā augsne	Putekļu mālsmilts	Kārtianā aluviālā	Ļoti smalka smilts	Fluvisols
Z/S "Sita" 4	Velēngleja aluviālā augsne	Putekļu mālsmilts	Velēnglejotā	Ļoti smalka smilts	Stragnosols
Z/S "Sita" 5	Velēngleja aluviālā augsne	Saistīga smilts	Velēnu podzolaugsne	Vidēja smilts	Cambisols
Z/S "Stirnas"1	Pseidoglejotā	Putekļu mālsmilts	Kūdrainā aluviāla	Kūdra	Gleysols
Z/S "Stirnas"2	Velēnpodzolētā virsēji glejotā	Saistīga smilts	Velēnu podzolaugsne	Ļoti smalka smilts	Arenosols
Z/S "Stirnas"3	Velēnpodzolētā virsēji glejotā	Saistīga smilts	Velēnu podzolaugsne	Ļoti smalka smilts	Arenosols
Z/S "Stirnas"4	Velēnpodzolētā virsēji glejotā	Saistīga smilts	Velēnu podzolaugsne	Vidēja smilts	Cambisols
Z/S "Stirnas"5	Velēnpodzolētā virsēji glejotā	Saistīga smilts	Velēnu podzolaugsne	Ļoti smalka smilts	Cambisols

SECINĀJUMI

1. Pētāmajās teritorijā ir konstatēta relatīvi liela augšņu daudzveidība. Pēc Latvijas augšņu klasifikācijas 10 parauglaukumos ir konstatēti 5 augšņu apakštipi. Piecos no parauglaukumiem ir konstatēta velēnu podzolaugsne, kam seko velēnpodzolētā pseidoglejotā augse (2 parauglaukumos) un kārtainā aluviālā, kūdrainā aluviālā, velēnglejotā augse (katra vienā parauglaukumā).
2. Cilvēku saimnieciskā darbība, īpaši aršana un mēslošana atspoguļojas Ap horizonta biezumā un šī horizonta ķīmiskajās īpašībās, par ko liecina tumšāka krāsa, relatīvi vieglāks granulometriskais sastāvs un liels daudzums smalku sakņu (visos parauglaukumos Ap horizonts bija biezāks nekā 20 cm). Šis faktors konstatēts z/s "Stīrnas" parauglaukumos Nr.2, Nr.3, Nr.4 un z/s "Sita" parauglaukumā Nr.4.
3. Pēc augšņu verificācijas var secināt, ka pastāv ievērojamas atšķirības starp kartēšanas rezultātiem 1980. gada beigās un mūsdienās. Atšķirības ir konstatētas gan granulometriskajā sastāvā, gan augsnes apakštipos. Šīs atšķirības iespējams skaidrot ne tikai ar augsnes īpašību mainību, bet arī ar augsnes klasifikācijas kritēriju pakāpenisku attīstību, kā arī augsnes kartēšanas metodikas detalizācijas pakāpi.
4. Pēc komponentu analīzes, var secināt, ka podzolētajās augsnēs ir lielāks piesātinājums ar bāzēm (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^{+}), bet salīdzinoši mazāks piesātinājums ar Al^{3+} un Fe^{2+} . Savukārt aluviālajās augsnēs ir lielāks piesātinājums ar organiskajām vielām, kas uzkrājušās no aluviālā materiāla.
5. Zālāju augšņu ilgstspējīgai saglabāšanai nepieciešams veikt sekojošas darbības: augsnes kaļķošana, kā rezultātā veidosies labvēlīgs pH augiem (pašlaik 9/10 parauglaukumiem tas ir zem normas); augsnes mēslošana ar organisko mēslojumu, kā rezultātā augsnēs tiks ienests lielāks daudzums organisko vielu (gan iestrādājot kūtsmēslus (smilšainās sugsnēs 15-20 cm dziļumā), gan virspusēji ar vircu). Turklāt pārmitrajās augsnēs ir jāveic augsnes mitruma apstākļu samazināšana.

PATEICĪBA

Darba autors izsaka pateicību savam darba vadītājam, Dr. geogr., asoc. prof. Raimondam Kasparinskim par iedvesmošanu, konsultācijām un veltīto laiku bakalaura darba izstrādē. Īpaša pateicība doktorantei Baibai Dirnēnai, maģistrantei Maijai Pavlovskai, kā arī Konstantīnam Viliguram par sadarbību LU ĢZZF laboratorijās. Pateicība arī bakalaura studiju programmas studentiem, ar kuriem 2017. gadā lauka kursa "Augsnes zinātnes" ietvaros tika veikta augsnes profilu aprakstīšana un augšņu noteikšana. Pateicība arī profesoram Dr. geogr. Oļģertam Nikodemum un Ingum Liepiņam.

Autors pateicās LU ĢZZF par laboratoriju nodrošinājumu analīžu veikšanai, kā arī projektam "GRassLIFE: zālāju atjaunošana un to dažādas izmantošanas veicināšana" (LIFE16NAT/LV/262), par sniegto finansiālo atbalstu un iespēju izstrādāt pētījumu.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- Anševica, A., Kažotnieks, J., Magdalenoka, I. 2016. *Zālāju rokasgrāmata*. Ozolnieki, Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs.
- Beheraa, S.K., Shukla, A.K. 2015. Spatial distribution of surface soil acidity, electrical conductivity, soil organic carbon content and exchangeable potassium calcium and magnesium in some cropped acid soils of India. *Land Degradation & Development*. 26 (2015), 71-79
- Bhattacharyya, T. Pal, D. K., 2015. The soil: a natural resource. *Soil Science: An Introduction*. Rattan, A. et al. New Delhi, Indian Society of Soil Science, 39 – 56.
- Borelli, P., Robinskon, D.A., Fleischer, L.R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Ferro, W. 2017. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature communications*. 8 (1),
- Bot, A., Benites, J. 2005. *The importance of soil organic matter - key to drought-resistant soil and sustained food production*. Rome, FAO
- Brady, N. C., Weill, R. R. 2016. *The Nature and Properties of Soils*. 15 ed. Upper Saddle River N.J., Prentice Hall.
- Chesworth, W. (ed) 2008. *Encyclopedia of soil science*. Dordrecht, Springer.
- Coleman, D. C., Crossley, D. A., Hendrix, P. F. 2017. *Fundamentals of soil ecology*. 3rd edn. London, Academic Press
- Collins, S.L., Knapp, A.K., Briggs, J.M., Blair, J.M., Steinauer, E.M. 1998. Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. *Science*. 280. 745 – 747.
- Čiampova, M. 2002. Morphological and structure responses of plant roots to aluminium at organ, tissue, and cellular levels. *Biologia plantarum*. 45, 161-171.
- Delgado, A., Gomez, J. A., 2016. The soil. Physical, chemical and biological properties. *Villalobos, F.J. et al. (eds). Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*. Cham, Springer. 15 – 26.
- Doner H.E., Lynn W.C., 1989. Carbonate, halide, sulfate and sulfide minerals. In: Minerals in soil environments (Eds.: Dixon J.B. and Weed S.B.), 2nd ed. *Soils Sci. ASm. Madison, Wi*, 279-330.
- Elser, J.J., Fanag, W.F., Kerkhoff, A.J., Swenson, N.G., Enquist, B.J. 2010. Biological stoichiometry of plant production: metabolism, scaling and ecological response to global change. *New Phytologist*. 186, 593 – 608.
- European Commission. 2005. *Soil atlas of Europe*. Luxembourg: European Communities.

- Florinsky, I. V., Kuryakova, G.A., 1996. Influence of topography on some vegetation cover properties. *Catena*. 27, 123 – 141.
- Foth, H. D. 1990. *Fundamentals of Soil Science*. 8th edn. New York, John Wiley & Sons.
- Gerrard, J. 2000. *Fundamentals of Soil*. 1st edn. London, Routledge Fundamentals of Physical Geography.
- Holland, J.E., White, P.J., Glendining, M.J., Gouldint, K.W.T., McGrath, S.C. 2019. Yield responses of arable crops to liming—An evaluation of relationships between yields and soil pH from a long-term liming experiment. *European Journal of Agronomy*. 105 (2019), 176-188.
- Kārklīņš A. 2009. *Augsnes diagnostika un apraksts*. Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības universitāte.
- Kļaviņš, M., Zaļoksnis, J. (red) 2016. *Klimats un ilgtspējīga attīstība*. Rīga, LU akadēmiskais apgāds.
- Kochian, L. V. 1995. Cellular mechanics of aluminium and resistance in plant. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 46, 237 – 260.
- Kool, D.M., Chung, H., Tate, K.R., Ross, D.J., Newton, P.C.D., Six, J. 2007. Hierarchical saturation of soil carbon pools near a natural CO₂ spring. *Global change biology*. 13 (6), 1282 – 1293.
- Lake, B. 2000. *Understanding soil pH. Leaflet No. 2*. (Buklets). NSW government.
- Lerman, S.B., Contosta, A.R., Milam, J., Bang, C. 2018. To mow or to mow less: Lawn mowing frequency affects bee abundance and diversity in suburban yards. *Biological conservation*. 221. 160 – 174.
- Li, F., Qui, P., Shen, B., Shen, Q. 2019. Soil aggregate size modifies the impacts of fertilization on microbial communities. *Geoderma*. 343 (2019), 205 – 214.
- Ludvíková, V., Pavlu, V. V., Gaisler, J., Hejman, 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*
- Macci, C., Doni, S., Peruzzi, E., Mennone, C., Masciandaro. 2016. Biostimulation of soil microbial activity through organic fertilizer and almond tree association. *Land degradation & development*. 27 (2016), 335-345.
- Mežals. G., Skujāns. R., Freivalds, V., Bambergs, K. 1970. *Augsnes zinātne un Latvijas PSRS augsnes*. Rīga, Izdevniecība “Zvaigzne”.

- Montanarella, L., Chude, V., Yagi, K., Krasilnikov, P., Alavi Panah, S.K., de Lourdes Mendoca-Santos, M., Pennock, D., McKenzie, N. 2015. *Status of the World's Soil Resources Main report*. Rome, FAO.
- Mousavi, S. R., Shahsavari, M., Rezaei, M. 2011. A general overview on manganese (Mn) importance for crops production. *Australian journal of basic and applied science*. 5 (9), 1799 – 1803.
- Nikodemus, O., Kārklīņš, A., Kļaviņš, M., Melecis, V. 2008. *Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība*. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds.
- Nortcliff, S., Hulpke, H., Bannic, C. G., Terytze, K., Knoop, G., Bredemeer, M., Schulte-Bisping, H. 2006. Soil, Definition, Function, and Utilization of Soil. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 400 – 420.
- O'Hare, G., 1988. *Soils, vegetation, Ecosystems*. Harlow, Oliver & Boyd.
- 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.
- Porder, S., Vitousek, P.M., Chadwik, O.A., Page Chambrelain, C., Hilley, G.E. 2007. Uplift, Erosion, and Phosphorus Limitation in Terrestrial Ecosystems. *Ecosystems*. 10 (2007). 158-170
- Ramwell, C. 2009. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A Review. *Journal of Environment Management*. 91, 22-46.
- Rezai, K., Farboodnia, T. 2008. The response of Pea plant (*Pisum Sativum*) to manganese toxicity in solution culture. *Agricultural Journal*. 3 (3), 248 – 251.
- Silva, J. P., Toland, J., Jones, W., Eldridge, J., Thorpe, E., O'Hara, E. 2008. *LIFE and Europe's grasslands: Restoring a forgotten habitat*. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
- Sharma, S. N.. 2008. *Soil Fertility and Nutrient Management*. New Delhi, Division of Agronomy Indian Agricultural Research Institute, 1 – 59
- Shen, J., Yuan, L., Zhang, J., Li, H., Bai, Z., Chen, X., Zhan, W., Zhang, F. 2011. Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant. *Plant Physiology*. 156 (3), 997 – 1005.
- Shi, B., Xu, W., Zhu, Y., Wang, C., Loik, M.E., Sun, W. 2019. Heterogeneity of grassland soil respiration: Antagonistic effects of grazing and nitrogen addition. *Agricultural and forest meteorology*. 268 (2019), 215-223.
- Šimansky, V., Juriga, M., Jonczak, J., Uzarowicz, L., Stepień, W. 2019. How relationships between soil organic matter parameters and soil structure characteristics are affected by the long-term fertilization of a sandy soil. *Geoderma*. 342 (2019), 75 - 84

- Stroia, C., Berbecea, A., Baghina, N., Gaica, I., Stroia, M., Radulov, I. 2013. Phosphorus dynamics on acidic grassland soils. *Research Journal of Agricultural Science*. 45 (1), 78 – 83.
- Socher, S.A, Prati, D., Boch, S., Muller, J., Baumbach, H., Gockel, S., Hemp, A., Schoning, I., Wells, K., Buscot, F., Kalko, E.K.V., Linsenmair, K.E., Schulze, E.D., Weisser, W.W., Fischer, M. Interacting effects of fertilization, mowing and grazing on plant species diversity of 1500 grasslands in Germany differ between regions. *Basic and applied ecology*. 14 (2013), 126 – 136.
- Tomašič, M., Zgorelec, Ž., Jurišič, A., Kisič, I., 2013. Cation Exchange Capacity of Dominant Soil Types in the Republic of Croatia. *Journal of Central European Agriculture*. 14 (3), 937 – 951.
- Trimble, S.W., Mendel, A.C. The cow as geomorphic agent – a critical review. *Geomorphology*. 13. 233 – 235.
- Van Haveren, B.P. 1983. Soil bulk density as influenced by grazing intensity and soil type on shrubgrass prairie site. *Journal of range management*. 36. 586 – 588.
- Villalobos, F. J., Fereres, E. (eds.). *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*. Cham, Springer.
- Wang, K., Deng, L., Ren, Z., Li, J., Shanguan, Z. 2016. Grazing exclusion significantly improves grassland ecosystem C and N pools in a desert steppe of Northwest China. *Catena*. 137. 441 – 448.
- Wang, R., Dungait, J.A.J., Buss, H.L., Yang, S., Zhang, Y., Xu, Z., Jiang, Y., Base cations and micronutrients in soil aggregates as affected by enhanced nitrogen and water inputs in a semi-arid steppe grassland. *Science of the total environment*. 575. 564- 572.
- Wang, R., Zhang, Y., He, P., Yin, J., Yang, J., Liu, H., Cai, J., Shi, Z., Feng, X., Dijkstra, F.A., Han, X., Jiang, Y. 2018. Intensity and frequency of nitrogen addition alter soil chemical properties depending on mowing management in a temperate steppe. *Journal of environmental management*. 224. 77 – 86.
- Wei, L., Su, J., Jing, G., Zhao, J., Liu, J., Cheng, J., Jin, J. 2018. Nitrogen addition decreased soil respiration and its components in a long-term fenced grassland on the Loess Plateau. *Journal of arid environments*. 152. 37 – 44.
- Wyn, R. G., Lunt, O. R. 1967. The Function of Calcium in Plants. *The Botanical Review*. 33(4), 407-426.
- Zhang, Y., Xu, Z., Jiang, D., Jiang, Y. 2013. Soil exchangeable base cations along a chronosequence of *Caragana microphylla* plantation in a semi-arid sandy land, China. *Journal of arid land*. 5 (1), 42 – 50.

- Zhou, Z.C., Gan, Z.T., Shangguan Z.P., Dong, Z.B. 2010. Effects of grazing on soil physical properties and soil erodibility in semiarid grassland of the Northern Loess Plateau (China). *Catena*. 82, 87 – 91
- Ziter, C., Macdougall, A.S. 2013. Nutrients and defoliation increase soil carbon inputs in grassland. *Ecology*. 94 (1), 106 – 111.

Interneta resursi

- Crop Nutrition. 2018. *Essential Role of Phosphorus in Plants*. The Mosaic Company. Sk. 12.11.2018. Pieejams <https://www.cropnutrition.com/efu-phosphorus>
- Crop nutrition. 2018. *Nitrogen in plants*. The Mosaic Company. Sk. 11.11.2018. Pieejams <https://www.cropnutrition.com/efu-nitrogen>
- Crop Nutrition. 2019. *Soil pH*. The Mosaic Company. Sk. 16.05.2019. Pieejams <https://www.cropnutrition.com/efu-soil-ph>
- Department of Primary Industries and Regional Development's Agriculture and Food. 2018. *Soil pH*. Sk. 07.01.2019. Pieejams: <https://www.agric.wa.gov.au/soil-acidity/soil-ph>
- Guo, Y., Wang, X., Li, X., Wang, J., Xu, M., Li, D. 2016. *Dynamics of soil organic and inorganic carbon in the cropland of upper Yellow River Delta, China*. Sk. 29.11.2018. Pieejams: <https://www.nature.com/articles/srep36105#article-info>
- Hodges, S. C., 2010. *Soil Fertility Basics NC Certified Crop Advisor Training*. Sk. 28.11.2018. Pieejams http://www.plantstress.com/Articles/min_deficiency_i/soil_fertility.pdf
- International Plant Nutrition Institute. 2011. Plant nitrogen deficiency – got symptoms?. Sk. 12.11.2018. Pieejams <https://www.ipni.net/ipniweb/pnt.nsf/5a4b8be72a35cd46852568d9001a18da/6abab5dd58264f40852578fb00506d2d!OpenDocument>
- McCauley, A., Jones, C., Olson – Rutz, K., 2017. *Soil pH and organic matter. Nutrient management. Module No. 8*. Sk. 29.12.2018. Pieejams <http://landresources.montana.edu/nm/documents/NM8.pdf>
- McKenzie, R.H. 2001. *Micronutrient Requirements of Crops*. Alberta Agriculture and Forestry. Sk. 15.11.2018. Pieejams: [https://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex713](https://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex713)
- Ministry Of The Environment Of The Republic Of Latvia. 2010. *4th National Report To The Convention on Biological Diversity*. Sk. 12.12.2018. Pieejams: <https://www.cbd.int/doc/world/lv/lv-nr-04-en.pdf>
- Missouri Center for Career Education. S.a. *Soil Horizons*. Sk. 07.01.2019. Pieejams: <http://www.missouricareereducation.org/doc/soilsci/SRLesson6.pdf>

- Mullins, G. 2009. *Phosphorus, agriculture & the environment*. Virginia Polytechnic Institute and State University. Sk. 13.11.2018. Pieejams
https://pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/424/424-029/424-029_pdf.pdf
- North Dakota State University. S.a. *Soil Organic Matter and its Benefits*. Sk. 27.12.2018. Pieejams
<https://www.ag.ndsu.edu/langdonrec/soil-health/soil-organic-matter-and-its-benefits/view>
- Plant and Soil Science eLibrary. 2018. *Soils - Part 6: Phosphorus and Potassium in the Soil*. Sk. 12.11.2018. Pieejams
<https://passel.unl.edu/pages/informationmodule.php?idinformationmodule=1130447043&topicorder=2>
- Pluske, W., Murphy, D., Sheppard, J. 2018. *Total Organic Carbon*. Soil Quality Pty Ltd Sk.15.11.2018. Pieejams <http://www.soilquality.org.au/factsheets/organic-carbon>
- Provin, T. L., Pitt, J. L. S.a. *Phosphorus too much and plants may suffer*. Texas A&M AgriLife Extension Service. Sk. 12.11.2018. Pieejams <http://soiltesting.tamu.edu/publications/E-465.pdf>
- Reicks, S. 2017. Potassium behavior in soil. Dupont Pioneer. Sk. 18.11.2018. Pieejams
<https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/potassium-behavior-in-soil/>
- Ritter, M. E. 2006. *The Physical Environment: an Introduction to Physical Geography*. Sk. 24.11.2018. Pieejams
http://www.earthonlinemedia.com/ebooks/tp_e3e/soil_systems/soil_development_soil_formation_factors.html
- Schulte, E. E. 2004. Soil and Applied Iron. University of Wisconsin. Sk. 17.11.2018. Pieejams
<http://www.soils.wisc.edu/extension/pubs/A3554.pdf>
- Smart Fertilizer Management S.a. *Calcium in Plants and Soil*. Sk. 20.11.2018. Pieejams
<https://www.smart-fertilizer.com/articles/calcium-in-plants>
- Smart Fertilizer Management. S.a. *Nitrogen management*. Sk. 13.11.2018 Pieejams
<https://www.smart-fertilizer.com/articles/nitrogen>
- Smart Fertilizer Management. S.a. *Phosphorus in soils and plants*. Sk. 13.11.2018. Pieejams
<https://www.smart-fertilizer.com/articles/phosphorus>
- Soil Quality for Environmental Health 2011. Total Organic Carbon. Sk. 15.11.2018. Pieejams
http://soilquality.org/indicators/total_organic_carbon.html
- Sonon, L.S., Kissel, D.E. 2015. *Soil salinity testing, data interpretation and recommendations*. Sk. 18.05.2019.
 Pieejams https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201019_3.PDF
- Spectrums Analytics Inc S.a. Potassium (K) basics. Sk. 12.11.2018. Pieejams

- https://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Potassium_basics.htm
- Sposito, G. 2018. *Soil*. Sk. 05.01.2018. Pieejams <https://www.britannica.com/science/soil>
- Sonon, L.S., Kissel, D.E., Saha, U., 2014. *Cation Exchange Capacity and Base Saturation*. Sk. 12.12.2008. Pieejams https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201040_1.PDF
- Summit fertilizers. S.a. *Cation exchange capacity (CEC)*. Sk. 28.12.2018. Pieejams: <http://www.summitfertz.com.au/images/files/CEC.pdf>
- The University of Hawai'i. S.a. *Soil profile*. Sk. 07.01.2019. Pieejams: https://www.ctahr.hawaii.edu/mauisoil/a_profile.aspx
- University of Minesota. 2018. *Potassium for crop production*. Sk. 14.11.2018 Pieejams <https://extension.umn.edu/phosphorus-and-potassium/potassium-crop-production>
- University of Idaho. S.a. *Soil fertility and plant nutrition 1*. Sk. 01.01.2019. Pieejams <https://www.webpages.uidaho.edu/~bmahler/s44601.pdf>
- Upjohn, B., Fenton, G., Conyers, M. 2005. *Soil acidity and liming*. Sk. 27.12.2018. Pieejams https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0007/167209/soil-acidity-liming.pdf

Nepublicētie materiāli

- Draveniece, A. 2006. *Oceanic and continental air masses over Latvia*. Summary of doctoral thesis. Rīga, Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Draveniece, A., 2006. *Okeāniskās un kontinentālās gaisa masas Latvijā*. Promocijas darbs. Rīga, Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Kasparinskis, R., 2012. *Latvijas meža augšņu daudzveidība un to ietekmējošie faktori*. Promocijas darbs. Rīga, Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Zinojumi konferencēs

- Dudal, R. 2004. The Sixt Factor of Soil Formation. *International Conference on Soil Classification*. Petrozovodsk, Russia. 1 -13.

Kartogrāfiskais materiāls

- TOPO 10K PSRS. Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba topogrāfisko karšu mozaīka mērogā 1:10 000. LU ĢZZF WMS. Skatīts 20.05.2017. Pieejams <http://www.geo.lu.lv/kartes>

PIELIKUMS

Pētījumu teritorijas parauglaukumu un augšņu raksturojums



1. att. Augsnes rakums Nr.1 z/s "Sita" un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Profila apraksts:

Ap 0-19 cm, vidēja smilts

E 19-38 cm, vidēja smilts

Bgs 38-58 cm, smalka smilts

BgC 58-80 cm, mālsmilts

Bg 80-105 cm, mālsmilts

Clk 105-... cm, mālsmilts

Augsnes apakštips (LV): Velēnpodzolētā pseidoglejotā

Augsnes grupa (FAO WBR): Cambisols

Novietojums reljefā: nogāze

Nogulumi: fluviālie



2. att. Augsnes rakums Nr.2. un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Profila apraksts:

Ap 0-18 cm, vidēja smilts

E 18-35 cm, vidēja smilts

Bghs 35-54 cm, smalka smilts

BgC 54-64 cm, smalka smilts

BgC 64-72 cm, ļoti smalka smilts

Cl 72-... cm, vidēja smilts

Augsnes apakštips (LV): Velēnpodzolētā pseidoglejotā

Augsnes grupa (FAO WBR): Podzols

Novietojums reljefā: nogāze

Nogulumi: fluviālie



3. att. Augšnes rakums Nr. 3 un dominējošā veģetācija (Foto autors Raimonds Kasparinskis)

Profila apraksts:

Ap 0-20 cm, ļoti smalka smilts
 EgB 20-34 cm, ļoti smalka smilts
 Bg 34-58 cm, vidēja smilts
 BgC1 58-80 cm, vidēja smilts
 BgC2 80-95 cm, rupja smilts
 C1 90-... cm, smalka smilts

Augsnes apakštips (LV): Kārtainā aluviālā

Augsnes grupa (FAO WBR): Fluvisols

Novietojums reljefā: nogāze

Nogulumi: fluviālie



4. att. Parauglaukums Nr.4 z/s "Sita" un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasprainskis)

Profila apraksts:

Ap1 0-29 cm, ļoti smalka smilts
 Ap2 29-45 cm, ļoti smalka smilts
 Bg 45- 81 cm, ļoti smalka smilts
 BgC 81-110 cm, vidēja smilts
 Cg1 110-... cm, vidēja smilts

Augsnes apakštips (LV): Velēnglejtā augsne

Augsnes grupa (FAO WBR): Stagnosols

Novietojums reljefā: nogāze

Nogulumi: glaciofluviālie



5. att. Parauglaukums Nr.5 z/s "Sita" un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Profila apraksts:

Oh 0-1 cm, vidēja smilts

Ap 1-24 cm, vidēja smilts

BE 24-32, rupja smilts

Bs 32-48, rupja smilts

B 48-90 cm, rupja smilts

Bg 90-100 cm, rupja smilts

BgC 100-...cm, smalka smilts

Augsnes apakštips (LV): Velēnu podzolaugsne

Augsnes grupa (FAO WBR): Cambisols

Novietojums reljefā: virostne

Nogulumi: glaciofluviālie



6. att. Parauglaukums Nr.1 z/s "Stirnas" un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Profila apraksts:

H 0-20 cm, kūdra

Ah 20-28 cm, ļoti smalka smilts

Br 28-40 cm, mālsmilts

BrC1 40-48 cm, mālsmilts

BrC2 48-64 cm, ļoti smalka smilts

BrC3 64-75 cm, mālsmilts

Cr 75-105, vidēja smilts

Augsnes apakštips (LV): Kūdrainā aluviālā

Augsnes grupa (FAO WBR): Gleysols

Novietojums reljefā: nogāze

Nogulumi: organogēnie/aluviālie



7. att. Parauglaukums Nr.2 z/s "Stirnas" un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Profila apraksts:

Ap 0-25 cm, ļoti smalka smilts
 B 25-44 cm, ļoti smalka smilts
 BC1 44-87 cm, vidēja smilts
 BC2 87-92 cm, ļoti smalka smilts
 BgC 92-104 cm, ļoti smalka smilts

Cg 104-120 cm, ļoti smalka smilts

Augsnes apakštips (LV): Velēnu podzolaugsne

Augsnes grupa (FAO WBR): Arenosols

Novietojums reljefā: nogāze

Nogulumi: glaciofluviālie



8. att. Parauglaukums Nr.3 z/s "Stirnas" un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Profila apraksts:

Ap 0-25 cm, ļoti smalka smilts
 ApE 25-37 cm, ļoti smalka smilts
 EBg1 37-50 cm, ļoti smalka smilts
 EBg2 50-63 cm, vidēja smilts
 Bg 63-77 cm, ļoti smalka smilts
 BgC 77-110 cm, ļoti smalka smilts

Augsnes apakštips (LV): Velēnu podzolaugsne

Augsnes grupa (FAO WBR): Arenosols

Novietojums reljefā: nogāze

Nogulumi: pārskalota morēna



9. att. Parauglaukums Nr.4 z/s "Stirnas" un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Profila apraksts:

Ap 0-10 cm, vidēja smilts

ApB 10-26 cm, vidēja smilts

Bs 26-57 cm, smalka smilts

BsC 57-87 cm, smalka smilts

BC 87-97 cm, vidēja smilts

Cg 97-... cm, vidēja smilts

Augsnes apakštips (LV): Velēnu podzolaugsne

Augsnes grupa (FAO WBR): Cambisols

Novietojums reljefā: virsotne

Nogulumi: glaciofluviāli



10. att. Parauglaukums Nr.10 z/s "Stirnas" un dominējošā veģetācija (foto autors Raimonds Kasparinskis)

Profila apraksts:

Ap1 0-16 cm, ļoti smalka smilts

Ap2 16-28 cm, ļoti smalka smilts

BE 28-41 cm, ļoti smalka smilts

EB 41-46 cm, putekļaina ļoti smalka smilts

BC1 46-53 cm, ļoti smalka smilts

BgC 53-58 cm, putekļaina ļoti smalka smilts

BC2 58-82 cm, ļoti smalka smilts

BC3 82-87 cm, smalka smilts

BC4 87-94 cm, smalka smilts

Cg 94-110 cm, smalka smilts

Augsnes apakštips (LV): Velēnu podzolaugsne

Augsnes grupa (FAO WBR): Cambisols

Novietojums reljefā: nogāze

Nogulumi: glaciofluviālie

Galveno komponentu analīze: augsnes virskārta z/s "Sita" un z/s "Stirnas"

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

PC-ORD, 5.10

13 May 2019, 22:21

Randomization test requested. 999 runs.

2200 = Seed for random number generator.

Cross-products matrix contains CORRELATION COEFFICIENTS among Faktori

CROSS-PRODUCTS MATRIX

C,%	0.1000D+01					
N,%	0.8702D+00	0.1000D+01				
C/N	0.6354D+00	0.1858D+00	0.1000D+01			
Apm_baz	0.8037D+00	0.9031D+00	0.1757D+00	0.1000D+01		
P2O5	-0.5127D+00	-0.2732D+00	-0.5904D+00	-0.3326D+00	0.1000D+01	
pH	-0.7597D-01	0.1299D+00	-0.3043D+00	0.1342D+00	0.5759D+00	0.1000D+01
K	0.5057D+00	0.4783D+00	0.1374D+00	0.5159D+00	0.1744D+00	0.7140D-01
	0.1000D+01					
Na	0.6318D+00	0.7280D+00	0.1694D+00	0.8459D+00	-0.3898D+00	0.1289D+00
	0.7725D-01	0.1000D+01				
Mg	0.7245D+00	0.8937D+00	0.8300D-02	0.9697D+00	-0.1837D+00	0.1269D+00
	0.6001D+00	0.7697D+00	0.1000D+01			
Ca	0.7689D+00	0.8852D+00	0.1327D+00	0.9958D+00	-0.3174D+00	0.1184D+00
	0.4948D+00	0.8719D+00	0.9733D+00	0.1000D+01		
Al	-0.2045D+00	-0.1585D+00	-0.1671D+00	-0.3717D+00	-0.2001D-01	-0.6860D+00
	-0.1707D+00	-0.4127D+00	-0.2468D+00	-0.3623D+00	0.1000D+01	
Fe	-0.2931D+00	-0.3829D+00	-0.1856D-01	-0.5777D+00	0.1044D+00	-0.5918D+00
	-0.8066D-01	-0.6860D+00	-0.4611D+00	-0.5878D+00	0.9009D+00	0.1000D+01
Mn	0.5346D+00	0.1474D+00	0.8519D+00	0.1494D+00	-0.4460D+00	-0.2253D+00
	0.4836D-01	0.3268D+00	0.2481D-01	0.1448D+00	-0.2109D+00	-0.1036D+00
	0.1000D+01					

 VARIANCE EXTRACTED, FIRST 10 AXES

Broken-stick

AXIS	Eigenvalue	% of Variance	Cum.% of Var.	Eigenvalue
1	6.288	48.369	48.369	3.180
2	2.776	21.356	69.725	2.180
3	1.849	14.222	83.947	1.680
4	1.167	8.975	92.922	1.347
5	0.470	3.612	96.534	1.097
6	0.330	2.541	99.075	0.897
7	0.067	0.514	99.589	0.730
8	0.053	0.411	100.000	0.587
9	0.000	0.000	100.000	0.462
10	0.000	0.000	100.000	0.351

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
C,%	0.3485	0.2236	0.0416	0.1866	-0.1722	0.3373
N,%	0.3564	-0.0007	0.2244	0.0002	-0.3316	0.3607
C/N	0.1361	0.4434	-0.3189	0.3071	-0.0126	0.1993
Apm_baz	0.3876	-0.0495	0.1353	-0.0685	0.0701	-0.0106
P2O5	-0.1551	-0.4246	0.1178	0.3936	-0.4321	-0.3559
pH	0.0644	-0.4950	-0.2636	0.1959	-0.3681	0.3750
K	0.1959	-0.0584	0.2898	0.6535	0.4194	-0.1782
Na	0.3451	-0.0254	-0.0888	-0.3612	-0.2548	-0.3901

Mg	0.3610	-0.0976	0.2740	-0.0253	0.0284	-0.1434
Ca	0.3842	-0.0593	0.1404	-0.1065	0.0640	-0.1440
Al	-0.1888	0.2782	0.5120	-0.1341	-0.3397	-0.0205
Fe	-0.2550	0.2909	0.3860	0.1686	-0.2431	0.0458
Mn	0.1362	0.3827	-0.3830	0.2385	-0.3359	-0.4704

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
C,%	0.8739	0.3725	0.0566	0.2015	-0.1180	0.1939
N,%	0.8937	-0.0012	0.3051	0.0002	-0.2272	0.2073
C/N	0.3412	0.7388	-0.4336	0.3318	-0.0087	0.1145
Apm_baz	0.9719	-0.0825	0.1840	-0.0740	0.0481	-0.0061
P2O5	-0.3890	-0.7075	0.1601	0.4252	-0.2961	-0.2046
pH	0.1615	-0.8248	-0.3585	0.2116	-0.2523	0.2155
K	0.4911	-0.0972	0.3941	0.7059	0.2874	-0.1024
Na	0.8653	-0.0423	-0.1208	-0.3902	-0.1746	-0.2242
Mg	0.9054	-0.1627	0.3725	-0.0273	0.0194	-0.0824
Ca	0.9633	-0.0989	0.1909	-0.1150	0.0439	-0.0827
Al	-0.4734	0.4636	0.6962	-0.1448	-0.2328	-0.0118
Fe	-0.6394	0.4847	0.5248	0.1821	-0.1666	0.0263
Mn	0.3416	0.6376	-0.5208	0.2576	-0.2302	-0.2703

COORDINATES (SCORES) OF Paraugi

Axis (Component)

Paraugi	1	2	3	4	5	6
1 1_	-0.7914	1.2798	-1.3483	0.9462	0.0955	1.3026
2 2_	0.9209	2.3132	-2.0684	0.3819	-0.6794	-0.7989
3 3_	1.3869	0.5603	-0.0363	-0.9823	0.5866	-0.4790
4 4_	5.2824	0.2773	1.7722	0.9432	0.3546	0.1052
5 5_	-3.6106	2.0614	2.6047	-0.3918	-0.5206	-0.0018
6 6_	-2.1237	-0.7579	-0.7162	-0.8683	0.8088	-0.1075
7 7_	1.3775	-1.1255	-0.3129	-2.0394	-0.1600	0.4555
8 8_	-2.4177	-1.6347	0.0655	1.5139	0.8100	-0.4186
9 9_	-0.0243	-2.9739	0.0397	0.4966	-1.2955	-0.0575

5.09 = inflation factor for biplot scores

BEGINNING RANDOMIZATIONS

RANDOMIZATION RESULTS

999 = number of randomizations

Eigenvalue	Eigenvalues from randomizations				
from	real data	Minimum	Average	Maximum	p *
1	6.2880	2.4691	3.8122	5.6083	0.001000
2	2.7763	1.9495	2.8480	4.2923	0.599000
3	1.8488	1.4125	2.1661	2.8828	0.907000
4	1.1668	1.0030	1.6182	2.2656	0.990000
5	0.46954	0.59699	1.1545	1.7011	1.000000
6	0.33033	0.29400	0.76259	1.4014	0.999000
7	0.66840E-01	0.10243	0.44621	1.0711	1.000000
8	0.53384E-01	0.66998E-02	0.19221	0.66354	0.952000
9	0.26568E-13	0.35440E-14	0.56180E-13	0.10931E-12	0.914000
10	0.25243E-15	-0.21015E-16	0.19984E-15	0.68551E-15	0.256000

* 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 Rule

axis acronym Explanation (see Peres-Neto, Jackson & Somers 2005)

- | | | |
|---|------------|---|
| 1 | Rnd-Lambda | Observed eigenvalue as compared to randomizations |
| 4 | Rnd-F | Observed pseudo-F-ratio compared to randomizations |
| 1 | Avg-Rnd | Observed eigenvalue as compared to average eigenvalue from randomizations |
| 3 | 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

Augsnes virsējā ģenētiskā horizonta ķīmisko analīžu rezultāti (vidējās vērtības)

z/s "Sita"	N%	C%	P2O5, mg/kg	pH BaCl ₂	Apmaiņas ķīmiskie elementi							CEC
					K	Na	Mg	Ca	Al	Fe	Mn	
Nr.1	0,231	3,904	3,97	5,46	44,37	5,2	46,39	1818,28	1,23	0,5	36,1	9,61
Nr.2	0,239	4,131	4,05	5,08	41,19	11,91	125,32	2492,65	0,99	0,35	94,66	13,66
Nr.3	0,24	3,314	3,11	5	44,92	12,55	268,56	4165,78	2,69	0,32	24,12	23,24
Nr.4	0,433	6,031	4,31	5,26	89,7	13,3	517,92	6502,12	1,85	0,28	32,9	37,11
Nr.5	0,206	2,317	10,27	4,52	39,13	4,4	69,28	597,25	31,65	1,13	7,76	3,68
z/s "Stīrnas"												
Nr.1	0,643	14,903	44	5,27	65,85	30,18	352,59	7698,49	2,65	0,47	53,67	41,73
Nr.2	0,145	1,469	6,99	5,36	34,98	6,88	84,64	1341,86	0,75	0,38	10,25	7,53
Nr.3	0,316	3,323	4,74	5,49	27,36	13,28	234,44	3760,09	0,98	0,05	3,21	20,88
Nr.4	0,154	1,678	23,25	5,46	67,5	4,03	73,46	1008,96	0,77	0,42	3,63	5,85
Nr.5	0,273	2,642	26,92	6,23	47,22	9,94	229,77	2834,48	0,15	0,33	8,15	3,59