

# Utjecaj načina korištenja zemljišta na odabrana svojstva Humofluvisola

---

Krkalo, Jana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:784935>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-02**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
**Agronomski fakultet**

**Utjecaj načina korištenja zemljišta na odabrana  
svojstva Humofluvisola**

Diplomski rad

Jana Krkalo

Zagreb, rujan, 2023.

Sveučilište u Zagrebu  
**Agronomski fakultet**

Diplomski studij:  
Agroekologija-Agroekologija

**Utjecaj načina korištenja zemljišta na odabrana  
svojstva Humofluvisola**

Diplomski rad

Jana Krkalo

Mentor:

Prof. dr. sc. Aleksandra Bensa

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**IZJAVA STUDENTA O  
AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Jana Krkalo**, JMBAG 1003140241, rođen/a 11.11.1998. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

**Utjecaj načina korištenja zemljišta na odabrana svojstva Humofluvisola**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studentice*

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE  
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Jana Krkalo**, JMBAG 1003140241, naslova

**Utjecaj načina korištenja zemljišta na odabrana svojstva Humofluvisola**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Prof. dr. sc. Aleksandra Bensa mentor

\_\_\_\_\_

2. Doc. dr. sc. Danijela Jungić član

\_\_\_\_\_

3. Izv. prof. dr. sc. Aleksandra Perčin član

\_\_\_\_\_

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Pregled literature.....	3
3. Materijali i metode.....	6
3.1. Terenski rad.....	6
3.2. Laboratorijski rad.....	7
3.3. Statistička obrada podataka.....	10
4. Rezultati istraživanja i rasprava.....	11
4.1. Morfologija tla.....	11
4.2. Tekstura tla.....	13
4.3. Reakcija tla (pH).....	15
4.4. Humus.....	18
4.4.1. Količina humusa.....	19
4.4.2. Karakter humusa.....	20
4.5. Karbonati.....	21
4.6. Fiziološki aktivna hraniva.....	23
4.6.1. Fiziološki aktivni fosfor ( $P_2O_5$ ).....	23
4.6.2. Fiziološki aktivni kalij.....	25
5. Zaključak.....	28
6. Literatura.....	29
Životopis.....	32

## **Sažetak**

Diplomskog rada studentice **Jana Krkalo**, naslova

### **Utjecaj načina korištenja zemljišta na odabrana svojstva Humofluvisola**

Cilj rada bio je odrediti utjecaj načina korištenja zemljišta na odabrana svojstva Humofluvisola. Istraživanje je provedeno 2023. godine na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu na 4 lokacije, pod različitim načinom korištenja zemljišta: oranica, livada, vrt i voćnjak. Na svakoj lokaciji uzeta su 3 prosječna uzorka površinskog horizonta tla (0-30 cm). U uzorcima su određeni mehanički sastav (tekstura), pH, količina i karakter humusa, karbonati te  $K_2O$  i  $P_2O_5$ . U svim uzorcima utvrđena je praškasto ilovasta tekstura. Signifikantno niže pH vrijednosti utvrđene su u voćnjaku, u odnosu na ostale načine korištenja tla. Značajno viši sadržaj humusa u tlu utvrđen je na livadi (4,40 %) u odnosu na tla korištena u poljoprivrednoj proizvodnji (2,47-3,11 %). Tlo voćnjaka je nekarbonatno, a kod ostalih načina korištenja slabo karbonatno (0,64-1,95 %). Tla u oraničnoj i povrćarskoj proizvodnji imala su prosječno više koncentracije fiziološki aktivnog fosfora (18,75 i 22,08 mg/100 g tla) u odnosu na tlo pod livadom (9,36 mg/100 g tla). Tla pod voćnjakom, imala su signifikantno niže koncentracije  $P_2O_5$  (10,48 mg/100 g tla) u odnosu na tla pod oranicom i vrtom. Prosječna koncentracija  $K_2O$  u tlu voćnjaka (22,5 mg/100 g tla) bila je signifikantno viša u odnosu na tlo pod prirodnom vegetacijom (14,6 mg/100 g tla).

**Ključne riječi:** tekstura, humus, pH,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$

## Summary

Of the master's thesis – student **Jana Krkalo**, entitled

### **The influence of land use on selected properties of Humofluvisol**

The aim of this study was to determine the impact of land use on selected properties of Humofluvisol. The study was conducted in year 2023 on experiment station of the Faculty of Agriculture in Zagreb on 4 locations, under different land uses of: arable land, meadow, vegetable garden and orchard. Three average top-soil samples (0-30 cm) were taken from each location. The particle size distribution (texture), pH, content and character of humus, carbonates,  $K_2O$  and  $P_2O_5$ , were determined in the soil samples. A silty loam texture was determined in all soil samples. A significantly lower pH values were determined in the soil of orchard in comparison to the other study locations. A significantly higher humus content was determined in the meadow (4.40 %) compared to the soil used in agricultural production (2,47-3,11%). The orchard soil was non-calcareous, and the other soils were slightly calcareous (0,64-1,95%). Soil in arable land and vegetable production had an average higher concentration of physiologically active phosphorus (18,75 and 22,08 mg/100 g of soil, respectively) in comparison to the soil from the meadow (9,36 mg/100 g of soil). Soil from the meadow had a significantly lower concentration of  $P_2O_5$  (10,48 mg/100 g of soil) in comparison to the soil from the arable land and the vegetable garden. The average concentration of  $K_2O$  in the orchard soil (22,5 mg/100 g of soil) was significantly higher in comparison to the soil under natural vegetation (14,6 mg/100 g of soil).

Keywords: texture, humus, pH,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$



## 1. Uvod

Livadsko fluvijalno tlo, odnosno Humofluvisol pripada razredu semiglejnih tala. Karakterizira ih potpuno završeni stadij razvoja humusno-akumulativnog horizonta. Takva tla nastaju na bivšim poplavnim terenima. Livadsko fluvijalna tla često su obrasla livadskom travnjačkom vegetacijom te od tuda i potječe sam naziv (Husnjak, 2014).

Humofluvisol je u Hrvatskoj rasprostranjen na području bivših poplavnih terena koji se pružaju uz rijeke. Najveće površine Humofluvisola u Hrvatskoj nalaze se uz naše najveće rijeke, a to su: Sava, Drava, Dunav, Mura, Kupa i Neretva. Ukupna površina Humofluvisola iznosi 86.670,9 ha, odnosno 1,54 % od ukupne površine tla u Hrvatskoj. Na području Hrvatske Humofluvisol nastaje u uvjetima javljanja specifične kombinacije pedogenetskih čimbenika, a dominantni su reljef, matični supstrat i vegetacijski pokrov. Ta tla nastala su na povišenim dijelovima poloja, zbog smanjenja i izostanka poplava. Razvila su se iz aluvijalnih tala koja spadaju u klasu nerazvijenih hidromorfni tala u kojima je humusno akumulativni horizont na inicijalnom stadiju razvoja (A). Daljnjim razvojem ovog tla u uvjetima izostanka poplava te automorfnog načina vlaženja nastaje tipični humusno-akumulativni A horizont, molične forme. Humofluvisol obilježava podzemna voda koja se javlja za vrijeme visokih vodostaja. Povremeno javljanje podzemne vode uzrokuje nastanak glejnog oksidiranog Go pothorizonta, a u dubljim se slojevima formira glejni sekundarno oksidirani Gso pothorizont. U zoni dulje prisutnosti podzemne vode nastaje glejni redukcijski Gr pothorizont. S izostankom poplava, slojevi riječnih nanosa poprimaju obilježja matičnoga supstrata te se označavaju i kao C horizont (Husnjak, 2014).

Humofluvisol karakteriziraju povoljni vodozračni odnosi i režim vlažnosti, ilovasta tekstura, duboka ekološka dubina, rahlost, slabo alkalna, neutralna i slabo kisela reakcija tla te povoljna humoznost humusno-akumulativnog horizonta. Zbog svega navedenog proizvodni potencijal toga tla je vrlo visok te spada u skupinu naših najpogodnijih tala za korištenje u poljoprivredi (Škorić, 1986; Husnjak, 2014). U sušnijim periodima moguće je dodatno vlaženje kapilarnim usponom podzemne vode, stoga usjevi na Humofluvisolu rijetko stradavaju (Vukadinović i Vukadinović, 2011). U Hrvatskoj se od ukupne površine Humofluvisola najviše koristi u intenzivnoj poljoprivredi. Od toga je najpogodniji za proizvodnju ratarskih i povrćarskih kultura. Proizvodni potencijal Humofluvisola smanjuje se u uvjetima smanjenog unosa mrtve organske tvari te u uvjetima kada se obradom tla potenciraju procesi mineralizacije humusa, ispiranja baza, zbijanja tla i drugo. Stoga kao i svako tlo, treba se koristiti na održivi način, kako bi se očuvao njegov visoki proizvodni potencijal (Husnjak, 2014).

Čovjek, odnosno agrotehnički zahvati uvelike utječu na svojstva i kvalitetu tla, bilo pozitivno ili negativno. Upravo iz tog razloga mnogi su znanstvenici proučavali razlike u svojstvima tla pod različitim načinom korištenja (Kizilkaya i Dengiz 2010; Bakhshandeh i sur. 2019; Hunke i sur. 2015; Ičanović i sur. 2017). Prenamjenom tla iz prirodnog u poljoprivredno smanjuje se količina organske tvari u tlu (Kizilkaya i Dengiz 2010; Bakhshandeh i sur., 2019). U povrćarskoj proizvodnji se s ciljem većeg prinosa koriste veće

količine mineralnih i organskih gnojiva (Lešić i sur., 2004), što dovodi do poboljšanja kemijskih i fizikalnih značajki tla (Ičanović i sur., 2017). Općepoznato je da gnojidba mineralnim gnojivima povećava sadržaj hraniva u tlu što su svojim istraživanjima dokazali brojni autori (Rastija i sur., 2009; Butorac i sur. 2005).

Rigolanje je mjera koja se najčešće primjenjuje u vinogradarstvu i voćarstvu s ciljem homogeniziranja oraničnog sloja do određene dubine. Vukadinović i Vukadinović (2011) navode kako se na taj način mogu u velikoj mjeri promijeniti izvorna svojstva tla, kao što su: pH, dubina, vodozračni režim, tekstura, struktura i sl.

Glavna hipoteza ovog rada je da će različiti načini gospodarenja zemljištem utjecati na promjenu odabranih svojstava Humofluvisola.

Ciljevi rada su utvrditi odabrana svojstva Humofluvisola (teksturu, pH, količinu i karakter humusa, karbonate i fiziološki aktivna hraniva) pod različitim načinima korištenja zemljišta (povrćarstvo, voćarstvo, ratarstvo, prirodna vegetacija - livada) i međusobno usporediti dobivene analitičke podatke.

## 2. Pregled literature

Proizvodna sposobnost Humofluvisola je odlična te je jedno od naših najpogodnijih tala za korištenje u poljoprivredi (Škorić, 1986; Husnjak, 2014; Vukadinović i Vukadinović, 2011). To je duboko tlo, dobrog vodozračnog režima i dobro opskrbljeno hranivima (Vukadinović i Vukadinović, 2011). Obzirom da se pod utjecajem čovjeka mijenjaju fizikalna i kemijska svojstva tla, vrlo je bitno koristiti ga na održiv način. Upravo iz tog razloga mnogi su znanstvenici proučavali razlike u svojstvima tla pod različitim načinom korištenja zemljišta. Grieve (2001) navodi kako ljudska aktivnost u Škotskoj zadnjih nekoliko desetljeća uvelike utječe na svojstva tla. Dolazi do zakiseljavanja tla, mijenjaju se količina i kvaliteta organske tvari u tlu, te se mijenja stabilnost strukturnih agregata.

Gajić i sur. (2014) proveli su istraživanje u zapadnoj Srbiji, kako bi utvrdili utjecaj načina korištenja zemljišta na agregatni sastav i stabilnost strukturnih agregata livadskog fluvijalnog tla. Rezultati ovog istraživanja pokazali su da prenamjena prirodnih travnjaka u oranice degradira raspored i stabilnost agregata.

Prenamjenom prirodnog tla u poljoprivredno smanjuje se sadržaj organske tvari u tlu, što su svojim istraživanjima dokazali brojni autori (Kizilkaya i Dengiz, 2010; Molla i sur., 2022; Bakhshandeh i sur. 2019; Jiang i sur. 2006). Molla i sur. (2022) proveli su istraživanje u sjeverozapadnom gorju Etiopije na Nitisolu. Glavni usjevi uzgajani u istraživanom području su pšenica, ječam i krumpir. U istraživanju su bila četiri načina korištenja zemljišta (prirodna šuma, plantažna šuma, pašnjak i poljoprivredno zemljište), a uzorci su uzeti u tri ponavljanja na dvije dubine (0-20 i 20-40 cm). Autori iznose kako korištenje zemljišta utječe na pH i sadržaj organskog ugljika u tlu. Najniža pH vrijednost zabilježena je u plantažnoj šumi, a najmanje organskog ugljika u poljoprivrednom tlu. Količina organskog ugljika na svim istraživanim zemljištima smanjivala se s dubinom. Haghighi i sur. (2010) u svom istraživanju u Iranu također navode kako količina organske tvari u obradivim tlima pada s dubinom, te zaključuju da prenamjena prirodnih pašnjaka u obradivo tlo negativno utječe na produktivnost tla.

Kizilkaya i Dengiz (2010) su u svom istraživanju utvrdili razlike u fizikalnim i kemijskim svojstvima tla, pod različitim načinom korištenja zemljišta. Proučavali su različite tipove načina korištenja zemljišta: šume, pašnjake i poljoprivredna polja. Razlika je uočena u smanjenju organske tvari, te u pH, koji je viši u poljoprivrednim zemljištima. To se može objasniti primjenom kalcifikacije na poljoprivrednim tlima. Također je vidljiva razlika u mehaničkom sastavu tla, iako je sadržaj čestica gline bio veći u poljoprivrednom zemljištu, njihova raspodjela po dubini profila uglavnom je bila ujednačena neovisno o načinu korištenja zemljišta. Bakhshandeh i sur. (2019) proveli su istraživanje u Sjevernom Iranu. Klima istraživanog područja je umjerenom vlažna. Izvorno korištenje zemljišta je prirodna šuma, no posljednjih 40 godina prirodna šuma pretvorena je u poljoprivredna zemljišta. Najdominantnija klasa tla u istraživanom području je Haplic Luvisol. Najveće količine organske tvari (4,31 %) zabilježene su u prirodnoj šumi te se organska tvar u obradivim zemljištima smanjivala. Također je došlo do promjene u vrijednosti pH. Maksimalna vrijednost pH zabilježena je u rižinom polju, dok je najniža zabilježena na oranici. Smanjenje količine organske tvari na poljoprivrednom zemljištu također je proučavao Celik (2005). Istraživanje je provedeno u

južnom mediteranskom području Turske na Haploixerollu. Uzorci tla prikupljeni su na šumovitom području, pašnjacima, kultiviranom području i netaknutom prirodnom tlu. U svom istraživanju primijetio je smanjivanje količine organske tvari u kultiviranom tlu, u prosjeku za 49 %. Barančikova i sur. (2016) u svom su istraživanju u Slovačkoj pratili pretvaranje obradivih zemljišta u travnjake tijekom više od 20 godina. Oko 50 % istraživanih tala bili su Cambisoli, ostala tla korištena u ovom istraživanju su: Luvic Stagnosol, Stagnic Regosol, Mollic Fluvisol i Stagnic Luvisol. Istraživači primjećuju porast organske tvari u tlu na svim lokalitetima prenamjenom obradivih površina u travnjake.

Zandi i sur. (2016) proveli su istraživanje u zapadnom Iranu. Uzorci su prikupljeni na područjima pod različitim načinom korištenja: pašnjak, povrtnarske kulture, ratarske kulture i voćnjak. Najveća količina organske tvari utvrđena je na prirodnom pašnjaku, a najmanja kod povrtnarskih i ratarskih kultura. Sadržaj organskog ugljika u tlu voćnjaka bio je u prosjeku za 1,45 % niži nego u prirodnom pašnjaku. Između pašnjaka i voćnjaka nije bilo značajne razlike u količini ukupnog dušika, dok je na kod povrtnarskih i ratarskih kultura došlo do smanjenja ukupnog dušika u tlu. Emadi i sur. (2008) u svom istraživanju u Iranu također navode kako je prenamjena prirodne šume i pašnjaka u poljoprivredno zemljište uzrokovala smanjenje ukupnog dušika u tlu.

Utjecaj načina korištenja zemljišta na svojstva tla istraživali su Hunke i sur. (2015) u Brazilu na slivu rijeke Tenente Amaral. Oko 70 % slivnog područja koristi se za proizvodnju šećerne trske i soje u plodoredu s kukuruzom i pamukom. Nekoliko podslivova koristi se za ispašu stoke, a mali preostali dio je pod zaštitom prirode. Karakteristično tlo ovog područja je Ferralsol. U usporedbi s prirodnim tlom, pH je bio znatno veći u poljoprivrednom zemljištu. Mineralna gnojidba imala je izražen učinak na koncentraciju kalija i fosfora u gornjem sloju tla kod soje, a u manjoj mjeri kod šećerne trske i pašnjaka. S povećanjem dubine tla, sadržaj kalija i fosfora značajno je pao, pokazujući samo male razlike među parcelama.

Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem i na kemijska svojstva tla istraživali su Butorac i sur. (2005) u plodoredu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa. Istraživanje je provedeno na lokalitetu Lukač (Virovitica) na lesiviranom tlu. Istraživanje je pokazalo da je gnojidba obogatila tlo fosforom i kalijem te je imala učinak na podizanje plodnosti tla, utječući istodobno i na pojedine parametre plodnosti tla. Gnojidba na zalihu fosforom i kalijem utjecala je na proces acidifikacije tla. Rastija i sur. (2009) proučavali su utjecaj kalcizacije i gnojidbe na promjene kemijskih svojstava tla. Istraživanje je provedeno 2007. godine na lokalitetima Donji Miholjac i Zelčin, u istočnoj Slavoniji, na lesiviranim tlima kisele reakcije. U svom istraživanju utvrdili su kako je gnojidba mineralnim gnojivima utjecala na povećanje sadržaja pristupačnog fosfora u površinskom sloju tla za oko 5 mg  $P_2O_5/100$  g tla i kalijem za oko 6,5 mg  $K_2O/100$  g tla, dok je pojačana gnojidba povećala opskrbljenosti tla i fosforom i kalijem za više od 10 mg/100 g tla. Na gnojidbenim tretmanima u kombinaciji s kalcizacijom s povećanjem količine mineralnih gnojiva došlo je do smanjenja pH u odnosu na kalciziranu varijantu pokusa bez gnojidbe, čime je dokazano da upotrebom mineralnih gnojiva dolazi do zakiseljavanja tla. Ičanović i sur. (2017) proveli su istraživanje u Bosanskoj krajini na antropogeniziranom zemljištu te na prirodnom tlu formiranom na silikatnoj podlozi. Dokazali su da gnojidba organskim gnojivima poboljšava kemijska i fizikalna svojstva tla. Utvrdili su kako je količina fosfora i kalija, te pH veći u antropogeniziranom distričnom smeđem tlu, nego u prirodnom zemljištu.

Mengiste i sur. (2021) također su proučavali utjecaj načina korištenja zemljišta na svojstva tla. Dominantni tipovi tla istraživanog područja su: Alfisol i Nitisol. Uzorci su prikupljeni na dubinama od 0-20 cm i 20-40 cm, na šumskom zemljištu, obradivom zemljištu i pašnjaku. Najmanje količine dušika i organskog ugljika u tvrdene su na obradivom zemljištu. Ističu kako je način korištenja zemljišta utjecao i na teksturu tla. Najveći sadržaj pijeska (61 %) bio je na kultiviranom tlu, a najveći sadržaj praha (44 %) u šumskom tlu. Navode kako je najveći sadržaj pijeska pronađen u obradivom zemljištu vjerojatno zbog velike količine oborina koje su ispirale sitnije čestice, odnosno glinu.

## 3. Materijali i metode

### 3.1. Terenski rad

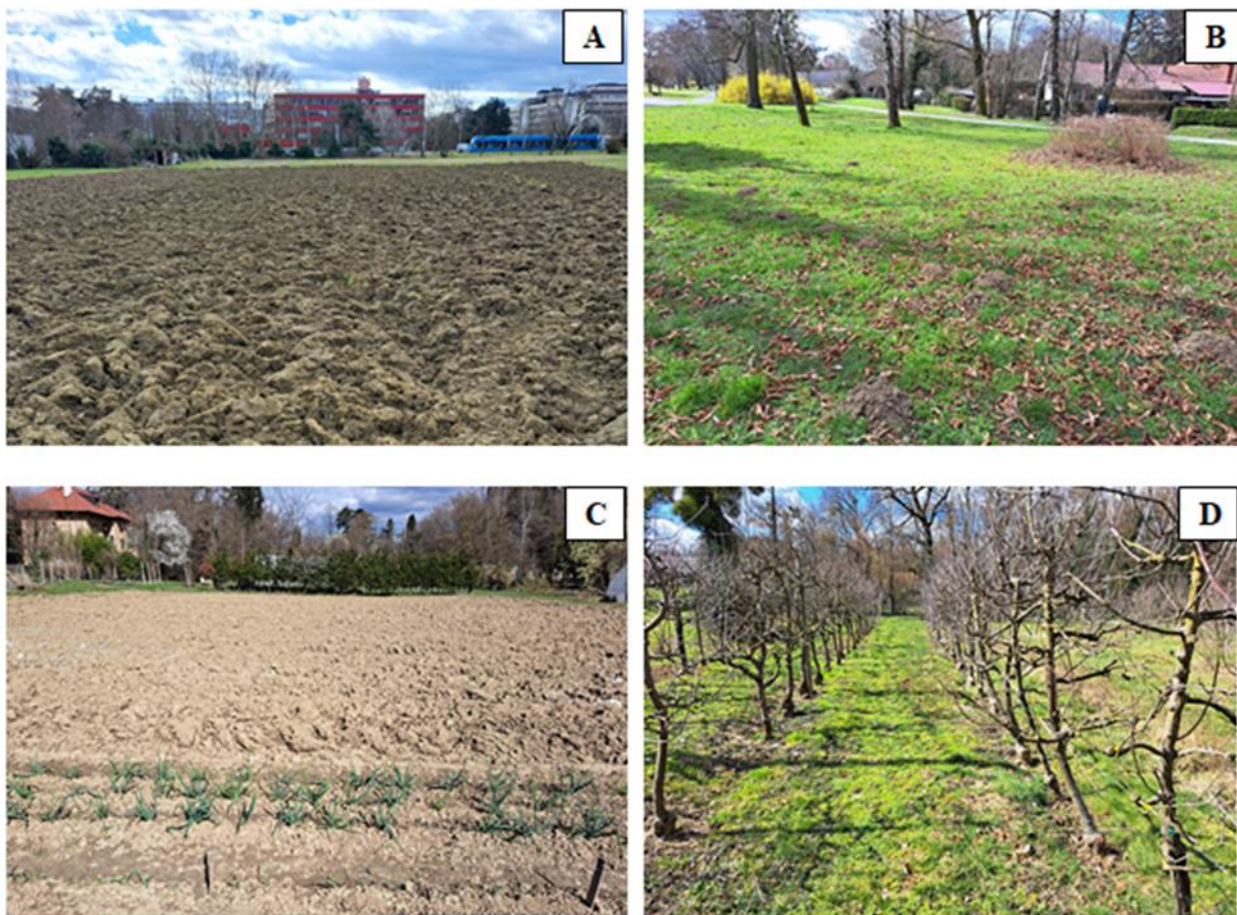
Terenski dio istraživanja proveden je 09.03.2023. na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu na 4 lokacije, pod različitim načinom korištenja zemljišta: oranica, livada, vrt i voćnjak, slika 3.1.1.



Slika 3.1.1. Lokacije istraživanja na području pokušališta Agronomskog fakulteta u Zagrebu  
(Izvor: prilagođeno s Google Earth, 2023)

Na svakoj lokaciji (slika 3.1.2) izvršeno je sondiranje tla do dubine matičnog supstrata, opisana je morfologija tla (FAO, 2006), te uzet mikromonolit. Za svaki horizont određena je boja tla (Munsell soil colour chart), struktura, tekstura (finger probom), te je procijenjen udio karbonata korištenjem 10 % -tne HCl.

Na svakoj lokaciji uzeta su 3 prosječna uzorka površinskog horizonta tla iz dubine 0-30 cm pedološkom sondom, te označena nazivom načina korištenja zemljišta i rednim brojem.



Slika 3.1.2. Krajoblik lokacija uzorkovanja tla: A- oranica; B- livada; C- vrt; D – voćnjak, na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu

Foto: Aleksandra Bensa, 2023

### 3.2. Laboratorijski rad

Uzorci tla sušeni su tjedan dana na zraku, dok se nisu u potpunosti osušili. Nakon toga usitnjeni su u mlinu te prosijani kroz sito promjera  $2 \times 2$  mm (HRN ISO 11464:2009). Na ovaj način odvojen je skelet ( $> 2$  mm) i dobivena je sitnica tla koja se dalje koristila za laboratorijske analize. Od fizikalnih svojstava tla određen je mehanički sastav tla pipet metodom prosijavanja i sedimentacije nakon disperzije s natrijevim pirofosfatom ( $0,4$  M  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) prema HRN ISO 11277:2011. Na temelju dobivenog postotnog udjela čestica pijeska, praha i gline, u uzorcima tla određena je tekstura pomoću FAO teksturnog trokuta (FAO, 2006).



Slika 3.2.1. Određivanje mehaničkog sastava tla; frakcije krupnog i sitnog pijeska u porculanskim lončićima

Foto: Jana Krkalo, 2023



Slika 3.2.2. Određivanje mehaničkog sastava tla; cilindri s prahom i glinom

Foto: Jana Krkalo, 2023



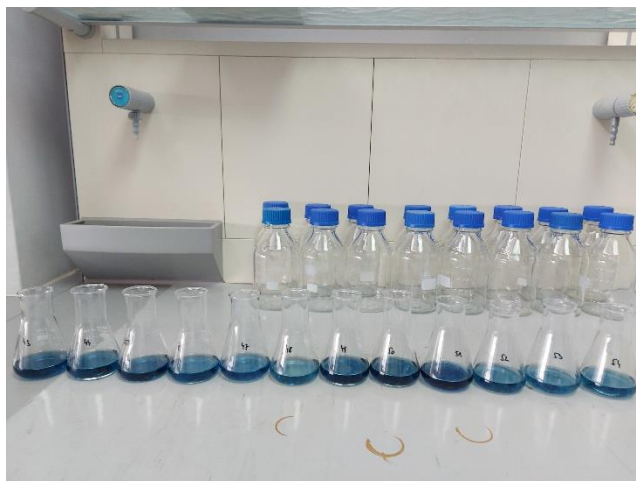
Laboratorijske analize uključivale su detekciju i kvantifikaciju sljedećih kemijskih svojstava tla:

- Reakcija (pH) otopine tla u 1 mol/L kalijevom kloridu (KCl) i u destiliranoj vodi u omjeru zraku suha sitnica : H<sub>2</sub>O (KCl), 1:5 pomoću pH-metra (HRN ISO 10390:2005). (Slika 3.2.3.)



Slika 3.2.3. Postupak određivanja reakcije tla pH-metrom cilindri s prahom i glinom  
Foto: Jana Krkalo, 2023

- Količina humusa- dodatkom kalijevog bikromata ( $K_2Cr_2O_7$ ) i kuhanjem uzorkate hlađenjem i titriranjem otopinom 0,1 mol/L Mohrovom soli (Metoda po Tjurinu JDPZ, 1966).
- Karakter humusa- prelijevanjem tla s 2%-tnom otopinom amonijevog hidroksida ( $NH_4OH$ ), u omjeru tlo :  $NH_4OH$  , 1 : 3 te interpretiran prema boji filtrata (Škorić, 1982).
- Sadržaj karbonata u tlu – volumetrijskom metodom (modifikacija HRN ISO 10693:2014) pomoću Scheibler-ovog kalcimetra.
- Fiziološki aktivni  $K_2O$  i  $P_2O_5$  (AL- metoda JDPZ, 1966)- koncentracija fiziološki aktivnog fosfora očitava se na spektrofotometru (UV-1700, Shimadzu) nakon kompleksiranja fosfora pri valnoj duljini od 620 nm što odgovara plavoj boji otopina dobivenih iz filtrata, dok se koncentracija fiziološki aktivnog kalija izračunava na temelju vrijednosti dobivenih plamenfotometrijom filtrata.



Slika 3.2.4. Obojani uzorci za određivanje fosfora

Foto: Jana Krkalo, 2023

Sve navedene analize provedene su u laboratoriju Zavoda za pedologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

### **3.3. Statistička obrada podataka**

Statistička obrada podataka provedena je jednosmjernom analizom varijance (ANOVA). U slučaju postojanja statistički opravdanih razlika između grupa uzoraka proveden je post hoc test da bi se utvrdilo koja se grupa točno razlikuje od koje, uz 95% - tnu vjerojatnost u zaključivanju. Obje analize provedene su u MS Excelu.

## 4. Rezultati istraživanja i rasprava

### 4.1. Morfologija tla


Fotografije mikromonolita tla sa svake lokacije uzorkovanja, uz odgovarajući opis odabranih endomorfoloških svojstava, prikazane su u tablicama 4.1.1 - 4.1.4.

Tablica 4.1.1. Mikromonolit tla i morfološki opis tla s lokacije **Oranica**

	Dubina (cm)	Oznaka horizonta	Boja u suhom stanju <sup>1</sup>	Karbonatnost <sup>2</sup>	Struktura <sup>3</sup>
	0-30	P	10 YR 5/3 (smeđa)	+ (slabo)	Granularna
	30-85	C	10 YR 5/4 (žučkasto smeđa)	+ (slabo)	Subangularna
	85-95	C/Gso	2,5 YR 6/4 (svijetlo žučkasto smeđa)	+ (slabo)	Blokna
	>95	Gso	2,5YR 6/2 (svijetlo smečkasto siva)	++ (srednje)	Blokna


<sup>1</sup>prema MunsellSoilColour Chart; <sup>2</sup>kvalitativna procjena na terenu; <sup>3</sup>prema FAO (2006)

Tablica 4.1.2. Mikromonolit tla i morfološki opis tla s lokacije **Livada**

	Dubina (cm)	Oznaka horizonta	Boja u suhom stanju <sup>1</sup>	Karbonatnost <sup>2</sup>	Struktura <sup>3</sup>
	0-12	Amo	10 YR 4/3 (tamno žučkasto smeđa)	+ (slabo)	Granularna
	12-43	IC	10 YR 5/4 (žučkasto smeđa)	++ (srednje)	Subangularna
	43-102	IIC	5 YR 6/3 (blijedo maslinasta)	++ (srednje)	Blokna
	>102	Gso	5YR 6/4 (blijedo maslinasta)	+ (slabo)	Blokna

<sup>1</sup>prema MunsellSoilColour Chart; <sup>2</sup>kvalitativna procjena na terenu; <sup>3</sup>prema FAO (2006)

Tablica 4.1.3. Mikromonolit tla i morfološki opis tla s lokacije **Vrt**

	Dubina (cm)	Oznaka horizonta	Boja u suhom stanju <sup>1</sup>	Karbonatnost <sup>2</sup>	Struktura <sup>3</sup>
	0-25	P	5 YR 5/3 (maslinasta)	+ (slabo)	Granularna
	25-107	C	5 YR 6/3 (blijedo maslinasta)	++ (srednje)	Subangularna
	>107	Gso	2,5 YR 6/4 (svijetlo žućkasto smeđa)	++ (srednje)	blokna

<sup>1</sup>prema MunsellSoilColour Chart; <sup>2</sup>kvalitativna procjena na terenu; <sup>3</sup>prema FAO (2006)

Tablica 4.1.4. Mikromonolit tla i morfološki opis tla s lokacije **Voćnjak**

	Dubina (cm)	Oznaka horizonta	Boja u suhom stanju <sup>1</sup>	Karbonatnost <sup>2</sup>	Struktura <sup>3</sup>
	0-50	P	10 YR 5/3 (smeđa)	+ (slabo)	granularna
	50-91	C	10 YR 5/4 (žućkasto smeđa)	+ (slabo)	subnagularna
	91-115	C/Gso	2,5 YR 6/4 (svijetlo žućkasto smeđa)	+ (slabo)	blokna
	>115	Gso	5YR 6/3 (blijedo maslinasta)	+ (slabo)	blokna

<sup>1</sup>prema MunsellSoilColour Chart; <sup>2</sup>kvalitativna procjena na terenu; <sup>3</sup>prema FAO (2006)

Temeljem endomorfoloških svojstava tla utvrđenih na temelju uzetih mikromonolita dobivenih iz sondažnih bušotina, na terenu, utvrđeno je da se na svim lokacijama istraživanja radi o tipu tla Humofluvisol. Navedeno je u skladu s istraživanjem Rubinića i sur. (2015) koji su također utvrdili navedeni tip tla u okolici Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Humofluvisol pripada semiglejnoj klasi i hidromorfnom odjelu tala (Škorić i sur., 1986). Karakterizira ga građa profila Amo-C-Gso, uz pojavu znakova hidromorfizma (Gso horizont) na dubini većoj od 100 cm. Kod istraživanih tala pod poljoprivrednom proizvodnjom (oranica, vrt, voćnjak) u površinskom dijelu tla uočava se antropogeni horizont P, različite dubine. Utvrđene razlike u

dubini P horizonta između lokacija istraživanja rezultat su obrade tla prilagođene kulturi u uzgoju. Sva istraživana tla karbonatna su cijelom dubinom, uz varijabilan sadržaj karbonata (utvrđen kvalitativnom metodom na terenu). Površinski horizonti na svim lokacijama imaju granularnu strukturu, dok se u dubljim horizontima uočava subangularna i blokna struktura.

## 4.2. Tekstura tla

Tekstura tla, odnosno mehanički sastav vrlo je važna fizikalna značajka tla te ima utjecaj na gotovo sva fizikalna i pojedina kemijska svojstva tla (Kettler i sur., 2001). Mehanički sastav podrazumijeva udio pojedinih čestica u građi čvrste faze tla ovisno o njihovoj veličini. Svojstva tla mogu se promatrati statički i dinamički. Tekstura spada pod statička svojstva tla jer se u kratkom vremenu vrlo malo ili uopće ne mijenja. Tekstura je vrlo bitan čimbenik ishrane bilja. Povoljna tekstura tla znači i dobru poroznost i dreniranost, odnosno povoljne uvjete za rast korijena, povoljan vodozračni režim i prozračnost tla. Upravo zbog toga smatra se svojstvom kojim se procjenjuje potencijalna plodnost tla (Vukadinović i Vukadinović, 2011). Tekstura tla također se koristi za planiranje hidro- i agrotehničkih zahvata u poljoprivrednoj proizvodnji. Na temelju mehaničkog sastava tla moguće je odrediti potrebu za dodatnim agrotehničkim mjerama (podrivanje, krtičenje) (Špoljar, 2007).

U tablici 4.2.1. prikazani su kvantitativni udjeli pojedinih mehaničkih čestica tla. Prema graničnim dimenzijama razlikujemo sljedeće frakcije tla: krupni pijesak (2,0-0,2 mm), sitni pijesak (0,2-0,063 mm), krupni prah (0,063-0,02 mm), sitni prah (0,02-0,002 mm) i glina (<0,002 mm). U tablici 4.2.1. je također prikazana teksturna oznaka, koja predstavlja razredu koji se tlo svrstava određen prema količini ukupnog pijeska, praha i gline te njihovom odnosu na teksturnom trokutu (FAO, 2006).

Tablica 4.2.1. Mehanički sastav tla i teksturna oznaka

Oznaka uzorka tla	Dubina cm	Mehanički sastav tla u Na-pirofosfatu, % -ni sadržaj čestica, promjera mm					Teksturna oznaka*
		Krupni pijesak	Sitni pijesak	Krupni prah	Sitni prah	Glina	
		2,0-0,2	0,2-0,063	0,063-0,02	0,02-0,002	<0,002	
Oranica 1	0-30	4,6	7,9	30,8	38,5	18,2	PrI
Oranica 2	0-30	6,3	7,5	31,5	39,0	15,7	PrI
Oranica 3	0-30	3,1	6,9	33,3	39,8	16,9	PrI
<b>Oranica prosjek</b>	<b>0-30</b>	<b>4,7</b>	<b>7,4</b>	<b>31,9</b>	<b>39,1</b>	<b>16,9</b>	<b>PrI</b>
Livada 1	0-30	4,6	9,1	36,8	39,4	10,1	PrI
Livada 2	0-30	5,0	11,0	33,3	40,3	10,4	PrI
Livada 3	0-30	4,2	10,4	36,6	38,5	10,3	PrI
<b>Livada prosjek</b>	<b>0-30</b>	<b>4,6</b>	<b>10,3</b>	<b>35,6</b>	<b>39,4</b>	<b>10,3</b>	<b>PrI</b>
Vrt 1	0-30	3,5	8,1	34,8	41,5	12,1	PrI
Vrt 2	0-30	3,3	8,7	34,5	41,2	12,3	PrI
Vrt 3	0-30	3,7	8,6	33,5	39,4	14,8	PrI
<b>Vrt prosjek</b>	<b>0-30</b>	<b>3,5</b>	<b>8,5</b>	<b>34,3</b>	<b>40,7</b>	<b>13,1</b>	<b>PrI</b>
Voćnjak 1	0-30	7,1	10,1	34,3	35,4	13,1	PrI
Voćnjak 2	0-30	5,9	9,0	34,6	37,1	13,4	PrI
Voćnjak 3	0-30	6,6	10,7	33,4	37,8	11,5	PrI
<b>Voćnjak prosjek</b>	<b>0-30</b>	<b>6,5</b>	<b>9,9</b>	<b>34,1</b>	<b>36,8</b>	<b>12,7</b>	<b>PrI</b>

\*Tumač kratica: PrI – praškasta ilovača

Utvrđeni rezultati mehaničkog sastava tla pokazuju da je tekstura tla kod svih načina korištenja zemljišta (oranica, livada, vrt, voćnjak) praškasto ilovasta. Količina krupnog pijeska u tlu varira među načinima korištenja zemljišta. Najviše krupnog pijeska utvrđeno je u tlu voćnjaka, gdje je varirao između 5,9 i 7,1 %, a u prosjeku je iznosio 6,5 %, a najmanje u vrtu (prosječno 3,5 %). Na oranici i livadi postotak krupnog pijeska u prosjeku je podjednak. Sitnog pijeska najviše je u tlu na livadi (prosječno 10,2 %), dok je najmanja količina utvrđena na oranici, gdje je varirao između 6,9 i 7,9 %, a u prosjeku je iznosio 7,4 %. Količina krupnog praha u tlu vrta i voćnjaka je podjednaka. U vrtu je krupni prah varirao između 33,5 i 34,8 %, a u voćnjaku između 33,4 i 34,6 %. U prosjeku je najviše krupnog praha utvrđeno na livadi (35,6 %), a najmanje na oranici (31,9 %). Sitnog praha najviše je utvrđeno u tlu vrta, gdje je varirao između 39,4 i 41,5 %, a u prosjeku je iznosio 40,7 %. Nešto manje sitnog praha utvrđeno je u tlu na livadi (39,4 %) te na oranici (39,1 %). Najmanja količina sitnog praha pronađena je u tlu voćnjaka, gdje je varirao između 35,4 i 37,8 %, a u prosjeku je iznosio 36,8 %.

Količina gline u tlu varira među načinima korištenja zemljišta. Najveća količina gline utvrđena

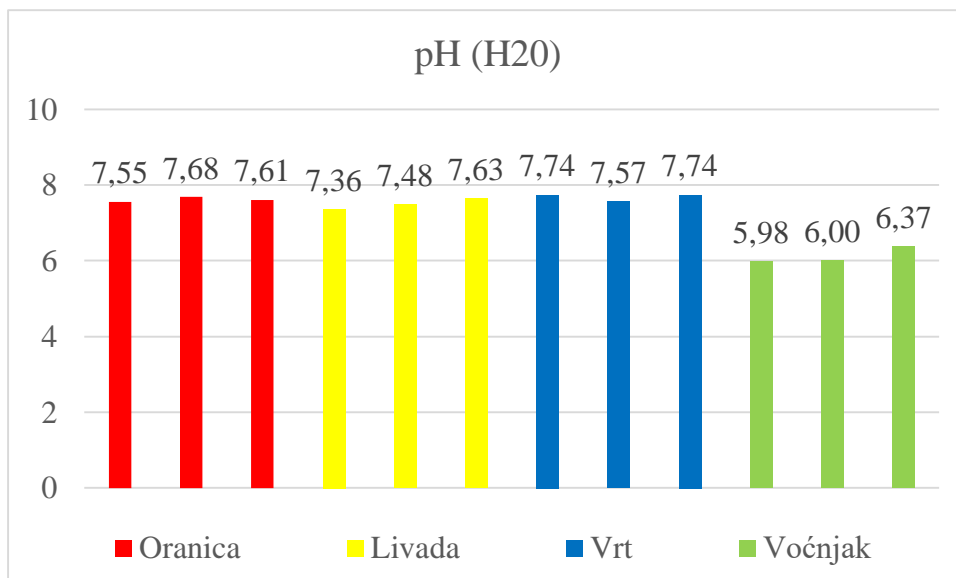
je u tlu na oranici i u prosjeku iznosi 16,9 %, dok je najmanja količina gline na livadi (10,3 %). Količina gline u vrtu i voćnjaku je podjednaka. Prosječan sadržaj gline u vrtu iznosio je 13,1 %, a u voćnjaku nešto manje (12,7 %).

Husnjak (2014) tvrdi da u fluvijalnim livadskim tlima dominiraju jedinice s praškasto ilovastom teksturom, što je potvrđeno u ovom radu. Kizilkaya i Dengiz (2010) navode kako je količina mehaničkih frakcija različita pri različitim načinima korištenja zemljišta. Utvrđen je veći sadržaj gline na poljoprivrednom zemljištu, nego na prirodnom pašnjaku i šumi, što je u skladu s ovim istraživanjem. Molla i sur. (2022) u svom istraživanju također primjećuju različitu količinu mehaničkih frakcija pri različitim načinima korištenja zemljišta. Najveću količinu gline primjećuju u prirodnoj šumi, a najveću i najmanju količinu pijeska na poljoprivrednom zemljištu, odnosno u prirodnoj šumi, što je suprotno rezultatima ovoga rada. Molla i Yalew (2018) ovakve rezultate objašnjavaju manjom stabilnosti strukturnih agregata tla uslijed oranja te uklanjanjem čestica gline uslijed erozije. Bakhshandeh i sur. (2019) u svom istraživanju u Iranu dokazali su kako način korištenja zemljišta uvelike utječe na sadržaj pijeska, gline i praha u tlu. U usporedbi s prirodnom šumom sadržaj gline bio je veći na poljoprivrednom zemljištu, dok se sadržaj praha smanjio. Sadržaj pijeska bio je niži na poljoprivrednom zemljištu, nego u prirodnoj šumi, osim na rižinom polju, gdje su utvrđene veće količine pijeska nego u prirodnoj šumi. Navode kako veće količine pijeska u rižinom polju mogu biti posljedica načina navodnjavanja riže na tom području. Njihovi rezultati podudaraju se s ovim istraživanjem.

### **4.3. Reakcija tla (pH)**

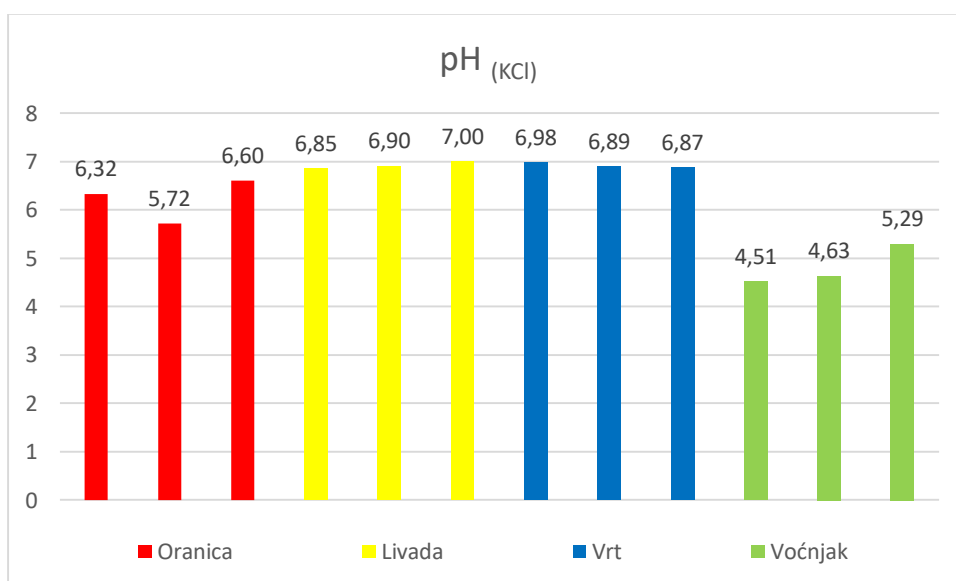
Reakcija tla, odnosno pH predstavlja negativni logaritam množinske koncentracije vodikovih iona u otopini tla. Pokazatelj je niza fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava tla važnih za ishranu bilja (Vukadinović i Vukadinović, 2011). Reakcija tla utječe na raspoloživost hraniva, stoga je kako navode Herak Ćustić i sur. (2005) jedan od osnovnih pokazatelja plodnosti tla. Vrijednosti pH kreću se od 0-14. Vrijednosti od 0 do 7 označavaju kiselu reakciju, 7 označava neutralnu reakciju, a vrijednosti od 7 do 14 označavaju alkalnu, odnosno lužnatu reakciju (Kisić, 2012). Lončarić i sur. (2015) navode kako je optimalna reakcija za pristupačnost većine hraniva i uzgoj usjeva 6-7. Zakiseljavanje tla vrlo je štetno te dovodi do niza problema. U jako kiselim tlima lako pokretljivi ioni vodika, aluminijski i željezni su za biljke, blokiraju se usvajanje fosfora, smanjena je razgradnja organske tvari, većina mikroelemenata brzo se ispire, a raspoloživost drugih hraniva pada. Do ispiranja baza i zakiseljavanja tla dolazi kada je količina padalina veća od 630 mm godišnje (Vukadinović i Vukadinović, 2018).

Prema podrijetlu vodikovih iona razlikujemo aktualnu i potencijalnu kiselost. Aktualna kiselost izražena je koncentracijom vodikovih iona u otopini tla, te se mjerenje aktualne kiselosti provodi u vodi (Gavriloaiei, 2012). Pod potencijalnom kiselosti smatra se suma vodikovih iona sorbiranih na površini adsorpcijskog kompleksa kao i njegova sposobnost da slabe baze tog kompleksa zamjenjuje za katione neutralnih soli i soli jakih baza i slabih kiselina (Pavlović Mutavdžić, 2010). Rezultati određivanja aktualne i potencijalne kiselosti u uzorcima tla ovog istraživanja prikazani su na grafovima 4.3.1. i 4.3.2.



Graf 4.3.1. Aktualna kiselost tla

Prema dobivenim rezultatima vrijednosti  $pH_{(H_2O)}$  na livadi varirale su od 7,36 do 7,63, s prosjekom od 7,49. Dosta slične vrijednosti dobivene su na oranici i u vrtu.  $pH_{(H_2O)}$  vrijednosti na oranici varirale su od 7,55 do 7,68, odnosno u prosjeku su iznosile 7,61. U vrtu su vrijednosti varirale u vrlo uskom rasponu od 7,57 do 7,74, odnosno prosjek vrijednosti iznosio je 7,68. Najniže vrijednosti  $pH_{(H_2O)}$  izmjerene su u voćnjaku, gdje su varirale od 5,98 do 6,37, što je u prosjeku 6,12. Uspoređujući srednje vrijednosti kao odnos prirodnog tla (livada) i antropogeniziranog, primjećujemo mali porast  $pH_{(H_2O)}$  vrijednosti na oranici i vrtu, te pad vrijednosti  $pH_{(H_2O)}$  u voćnjaku.



Graf 4.3.2. Potencijalna kiselost tla



Vrijednosti  $pH_{(KCl)}$  očekivano su nešto niže nego  $pH_{(H_2O)}$ . Vrijednosti  $pH_{(KCl)}$  na livadi su varirale u vrlo uskom rasponu od 6,85 do 7,00, što u prosjeku iznosi 6,92 i čini ovo tlo blago kiselim. Na oranici je utvrđen širi raspon (5,72 - 6,60), a  $pH_{(KCl)}$  u prosjeku 6,21, što je također blago kisela reakcija. Vrijednosti  $pH_{(KCl)}$  u tlu vrta varirale su u vrlo uskom rasponu od 6,87 do 6,98, odnosno u prosjeku su bile 6,91 (blago kisela reakcija), što je vrlo slično izvornim vrijednostima na livadi. Najniže vrijednosti  $pH_{(KCl)}$  dobivene su u voćnjaku. Vrijednosti su se kretale u nešto širem rasponu od 4,51 do 5,29, što je u prosjeku iznosilo 4,81 (kisela reakcija).

Jednosmjernom analizom varijance (ANOVA) utvrđeno je postojanje signifikantnih razlika između grupa uzoraka (načina korištenja tla) u reakciji tla određenoj u vodi i KCl-u ( $F > F_{crit}$ ) uz vjerojatnost pogreške od 5 % ( $p < 0,05$ ), tablica 4.3.1. Da bi se utvrdilo koje se točno grupe uzoraka međusobno statistički značajno razlikuju proveden je post hoc t test, tablica 4.3.2.

Tablica 4.3.1. Sumarna tablica analize varijance za  $pH_{(H_2O)}$  i  $pH_{(KCl)}$

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	P	F crit
<b><math>pH_{(H_2O)}</math></b>						
Između grupa	4,978492	3	1,659497	82,56205	0,000233	4.066181
Unutar grupa	0,1608	8	0.0201			
Ukupno	5,139292	11				
<b><math>pH_{(KCl)}</math></b>						
Između grupa	8,862067	3	2,954022	30,46954	0,009983	4,066181
Unutar grupa	0,7756	8	0,09695			
Ukupno	9,637667	11				

Statističkim testiranjem razlika između srednjih vrijednosti  $pH_{(H_2O)}$  i  $pH_{(KCl)}$  istraživanih načina korištenja tla utvrđeno je da samo tlo voćnjaka ima signifikantno niže pH vrijednosti od ostalih načina korištenja, uz 95%-tnu vjerojatnost u zaključivanju. Tla livade, oranice i vrta nisu se statistički značajno razlikovala u vrijednostima  $pH_{(H_2O)}$  i  $pH_{(KCl)}$ .

Tablica 4.3.2. Rezultati t -testa srednjih vrijednosti grupa uzoraka za  $pH_{(H_2O)}$  i  $pH_{(KCl)}$

Način korištenja i srednja Vrijednost	$pH_{(H_2O)}$			Način korištenja i srednja vrijednost	$pH_{(KCl)}$		
	Razlike između srednjih vrijednosti				Razlike između srednjih vrijednosti		
	Livada	Oranica	Vrt		Livada	Oranica	Vrt
Livada (7,49)				Livada (6,92)			
Oranica (7,61)	0,12			Oranica (6,21)	0,70		
Vrt (7,68)	0,19	0,07		Vrt (6,91)	0,03	0,70	
Voćnjak (6,12)	<b>1,37*</b>	<b>1,49*</b>	<b>1,57*</b>	Voćnjak (4,81)	<b>2,10*</b>	<b>1,40*</b>	<b>2,10*</b>

LSD ( $p < 0,05$ ) za  $pH_{(H_2O)}$  0,37, za  $pH_{(KCl)}$  0,81

Ako rezultate promatramo kao odnos izvornog, prirodnog tla (livada) i antropogeniziranog tla (oranica, vrt i voćnjak) primjećujemo niže  $pH_{(KCl)}$  vrijednosti u tlu oranice i u voćnjaku, dok su u vrtu vrlo slične izvornim vrijednostima utvrđenim na prirodnom tlu pod livadom. Husnjak (2014) navodi kako dio livadskih fluvijalnih tala ima neutralnu, a nerijetko i slabo kiselu reakciju, što upućuje na prisutnost pedogenetskih procesa vezanih uz ispiranje i zakiseljavanje tla, a i onih procesa koji idu u pravcu razvoja procesa posmeđivanja. Vukadinović i Vukadinović (2011) također navode kako je reakcija ovih tala slabo kisela do slabo alkalna, što je dokazano u ovom radu. Špoljar i sur. (2001) primijetili su smanjenje supstitucijske kiselosti kod uzgoja grahorica i zobi na pseudogleju u odnosu na izvorne vrijednosti prirodnog tla. Smanjenje supstitucijske kiselosti prenamjenom tla iz prirodnog u antropogenizirano primijećeno je i u ovom istraživanju. Pojava nešto niže reakcije tla na antropogeniziranom zemljištu nego na livadi može se objasniti korištenjem gnojiva koja zakiseljuju tlo, što su svojim istraživanjima potvrdili i Karalić (2010), Butorac i sur. (2005) i Rastija i sur. (2009). Rastija i sur. (2009) u svom istraživanju dokazali su kako NPK mineralno gnojivo utječe na pH tla, odnosno snižava ga, te čini tlo kiselim. Stoga niže pH vrijednosti u voćnjaku mogu biti zbog upotrebe mineralnih gnojiva.

Suprotno ovom istraživanju, Kizilkaya i Dengiz (2010) u svom istraživanju primjećuju porast pH vrijednosti u antropogeniziranom tlu, u usporedbi s prirodnim tлом. Porast pH objašnjavaju primjenom kalcifikacije na obradivim tlima. Do istog zaključka dolaze Hunke i sur. (2015.), primjećujući znatno višu pH vrijednost u obrađenom tlu. Bakhshandeh i sur. (2019) u svom istraživanju dobili su više pH vrijednosti u rižinom polju nego u prirodnoj šumi, za približno 14 %. Lokalni poljoprivrednici za navodnjavanje riže koriste podzemnu vodu s velikim količinama kationa i aniona, te tako objašnjavaju rezultate. pH vrijednosti na oranici nešto su manje nego u prirodnoj šumi.

#### 4.4. Humus

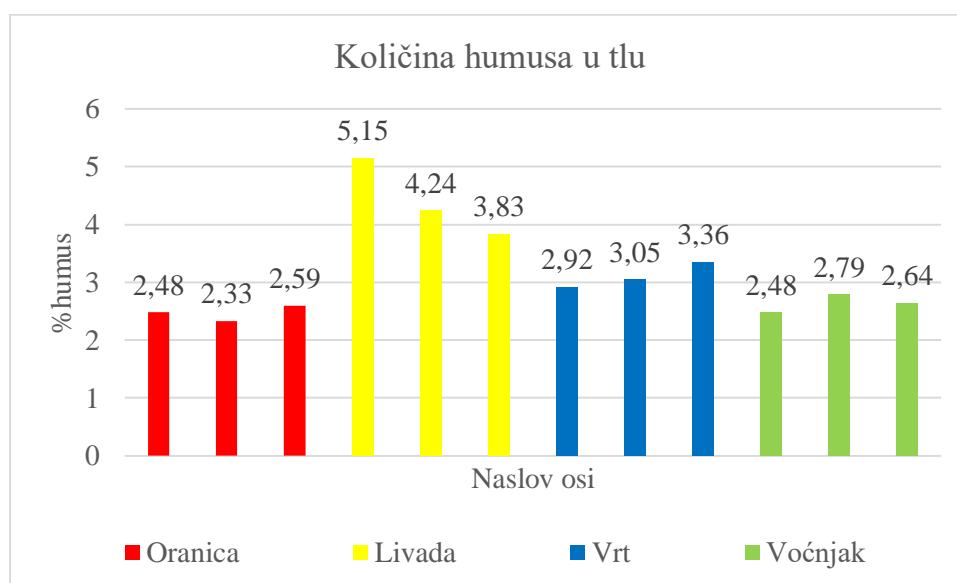
Humus je kompleksna, stabilna, amorfn, smeđa do crna smjesa, koloidnih supstanci stvorenih transformacijom biljnog ili životinjskog tkiva sintetiziranog zemljišnim organizmima. Humus primarno sadrži ugljik, ali i dušik te manje količine fosfora i drugih

elemenata (Bensa i Miloš, 2011). Humus nastaje reakcijama polimerizacije i kondenzacije iz mrtve organske tvari, uz sudjelovanje mikroorganizama (heterotrofi, saprofiti) (Špoljar, 2007).

#### 4.4.1. Količina humusa

Uloga humusa u tlu može se promatrati s više aspekata (fizičkog, kemijskog i biološkog). Humus, s aspekta fizikalnih svojstava tla utječe na poboljšanje vodozračnog režima i termička svojstva tla, te stvaranje mrvičaste strukture koja poboljšava drenažu i aeraciju tla. Strukturna tla manje su podložna eroziji te su lakša za obradu. U kemijskom pogledu humus povećava sposobnost tla za adsorpciju iona, poboljšava puferna svojstva tla te ima izrazitu moć adsorpcije iona i sposobnost različitih reakcija s mineralnom komponentom tla. Kao biološki čimbenik humus je bitan za opskrbu biljaka fosforom, kalcijem, željezom i drugim bioelementima. (Vukadinović i Vukadinović, 2011).

Prema dobivenim rezultatima uočena je veća količina humusa u prirodnom tlu (livada), nego u antropogeniziranom (oranica, vrt, voćnjak). Na livadi je količina humusa u tlu varirala od 3,83 do 5,15 % i u prosjeku je iznosila 4,41 %. U tlu vrta je količina humusa varirala od 2,92 do 3,36 %, a prosječno je iznosila 3,11 %. Nešto manje količine humusa utvrđene su u tlu voćnjaka. Količina humusa varirala je u rasponu od 2,48 do 2,79 %, a prosječna vrijednost iznosila je 2,64 %, dok su najmanje količine humusa utvrđene na oranici. Vrijednosti u tlu oranice kretale su se u rasponu od 2,33 do 2,59 %, a prosječna vrijednost iznosila je 2,47 %.



Graf 4.4.1.1. Količina humusa u tlu

Prema prosječnom sadržaju humusa (4,41 %) tlo na livadi je dosta humozno (3 - 5 % humusa). Prosječan sadržaj humusa u vrtu iznosio je 3,11 % što i ovo tlo svrstava u kategoriju dosta humoznih tala. Ostali uzorci antropogeniziranog tla (voćnjak i oranica) su slabo humozni (1-3 % humusa).

Jednosmjernom analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju humusa između istraživanih varijanti načina korištenja tla ( $p < 0,05$ ).

Tablica 4.4.1.1. Sumarna tablica analize varijance za sadržaj humusa

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	p	F crit
Između grupa	6,921455	3	2,307152	16,87042	0,000806	4,066181
Unutar grupa	1,094058	8	0,136757			
Ukupno	8,015513	11				

Rezultati t- testa upućuju na signifikantno viši sadržaj humusa u tlu pod prirodnom vegetacijom (livada) 4,41 % u odnosu na tla korištena u poljoprivrednoj proizvodnji kod kojih se humus kretao od 2,47 do 3,11%, tablica 4.4.1.2. Između tla pod oraničnom, povrćarskom i voćarskom proizvodnjom nisu utvrđene statistički opravdane razlike u sadržaju humusa, tablica 4.4.1.2.

Tablica 4.4.1.2. Rezultati t -testa srednjih vrijednosti grupa uzoraka za sadržaj humusa

Način korištenja (i srednja vrijednost)	Razlike između srednjih vrijednosti		
	Livada	Oranica	Vrt
Livada (4,41)			
Oranica (2,47)	<b>1,94*</b>		
Vrt (3,11)	<b>1,29*</b>	0,65	
Voćnjak (2,64)	<b>1,77*</b>	0,17	0,47

LSD ( $p < 0,05$ ) = 0,97

Prema Vukadinović i Vukadinović (2011) sadržaj humusa Humofluvisola je 3-5 %. Husnjak (2014) također navodi kako je sadržaj humusa unutar granica dobro humoznih tala. Mnogi autori dokazali su kako se količina humusa prenamjenom tla iz prirodnog u poljoprivredno smanjuje. U tlo se unose manje količine organske tvari, zbog odnošenja prinosom poljoprivrednih kultura. Prirodna produktivnost takvih tala se smanjuje, a uslijed obrade tla ubrzana je mineralizacija organske tvari (Kizilkaya i Dengiz 2010, Haghghi i sur. 2010, Jiang i sur. 2006). U ovom istraživanju dokazane su navedene tvrdnje, najveća količina humusa utvrđena je na livadi, prosječno 4,41 %. Prenamjenom tla smanjio se sadržaj humusa, a najmanje vrijednosti dobivene su na oranici (2,47 %). Celik (2005) je u svom istraživanju primijetio smanjenje organske tvari u antropogeniziranom tlu za čak 49 %. Uzorci tla prikupljeni su na šumovitom području, pašnjacima, poljoprivrednom području i netaknutom prirodnom tlu. Izvorni tip tla na svim lokacijama bio je Haploxeroll. Haghghi i sur. (2010) primjećuju drastično smanjenje organske tvari u tlu prenamjenom tla iz prirodnog u poljoprivredno, te zaključuju kako antropogenizacija negativno utječe na produktivnost tla. Prenamjenom obradivih površina u travnjake tijekom 20 godina Barančikova i sur. (2016) primjećuju porast organske tvari na svim lokalitetima.

#### 4.4.2. Karakter humusa

Humusne tvari mogu se podijeliti na nespecifične (nehuminske) i specifične (huminske). Nespecifične humusne tvari služe kao izvor hrane i energije za biljke i mikroorganizme te se

lakše razgrađuju. Ovdje ubrajamo monosaharide, aminokiseline, razne organske kiseline i slično. Specifične humusne tvari su visoko molekularni spojevi tamne boje koje nastaju humifikacijom. Humus se sastoji od tri osnovne grupe spojeva: huminske kiseline, fulvokiseline i humin. Huminske kiseline najkvalitetnija su frakcija humusa, bogate su dušikom te su otporne na razgradnju. Čimbenik su stabilne strukture tla, upijaju velike količine vode te imaju visok kapacitet adsorpcije. Fulvokiseline su hidrofilne, njihove soli topive su u vodi, tvore komplekse s metalima i vrlo su kisele (Špoljar, 2007). Humus po kvaliteti može biti sirovi, zreli i prijelazni. U sirovom humusu dominiraju fulvokiseline, a humifikacija se vrši pod utjecajem gljiva. U sastavu zrelog humusa dominiraju huminske (sive) kiseline zasićene bazama, soli huminskih kiselina – humati, a u procesu humifikacije dominiraju bakterije. Prijelazni humus je kombinacija sirovog i zrelog humusa (Kisić, 2012).

Tablica 4.4.2.1. Karakter humusa u uzorcima tla s obzirom na različite načine korištenja zemljišta

<b>Način korištenja</b>	<b>Karakter humusa</b>
Livada 1	Slabo kiseli
Livada 2	Slabo kiseli
Livada 3	Slabo kiseli
Oranica 1	Slabo kiseli
Oranica 2	Slabo kiseli
Oranica 3	Slabo kiseli
Vrt 1	Slabo kiseli
Vrt 2	Slabo kiseli
Vrt 3	Slabo kiseli
Voćnjak 1	Kiseli
Voćnjak 2	Kiseli
Voćnjak 3	Kiseli

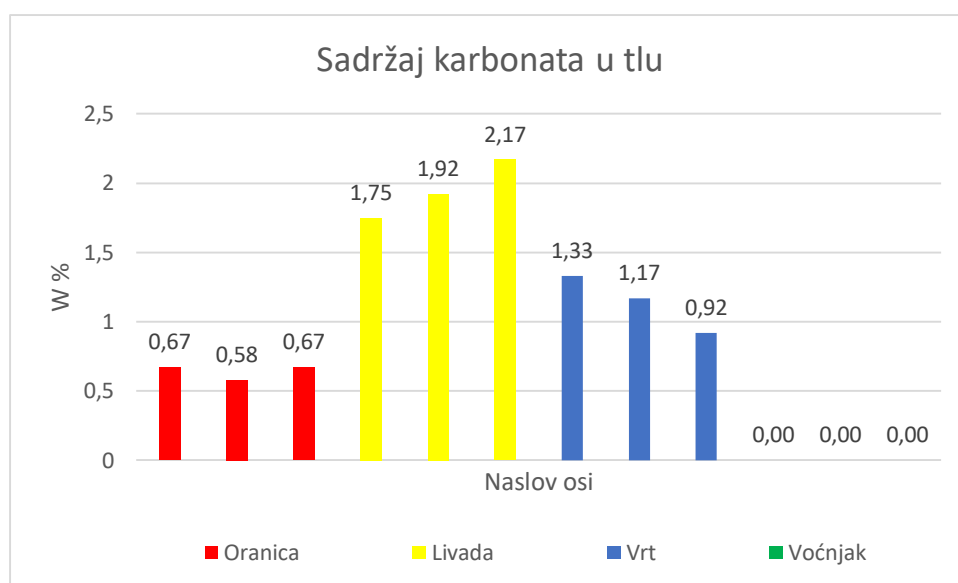
Rezultati pokazuju da je karakter humusa na livadi, oranici i u vrtu slabo kiseli, dok je jedino u voćnjaku utvrđen kiseli humus, što je u skladu s podacima o najnižoj pH vrijednosti u tlu voćnjaka.

## **4.5. Karbonati**

Karbonati su soli kalcija ili drugih elemenata koji se akumuliraju u tlu kao posljedica male količine oborina. U tlu ima slobodnih karbonata, naročito u sušnim i/ili polusušnim područjima, tj. u tlima čija je pH vrijednost iznad 7. Isto tako, uglavnom su ostatak trošenja vapnenaca (Pavlović Mutavdžić, 2010). Karbonati tla najčešće se dijele na primarne i sekundarne (FAO, 2006). Primarnima se smatraju svi oni koji su formirani geogeneom, odnosno koji potječu iz matičnog supstrata tla. U sekundarne ubrajamo karbonate koji se formiraju pedogeneom (u obliku bijelih nakupina, prevlaka i sl.) i to otapanjem, premještanjem i naknadnom reprecipitacijom primarnih karbonata, ranije formiranih sekundarnih karbonata, ali i biogenetskih karbonata (Zamanian i sur., 2016). Biogenetski karbonati potječu od kostura i ljuštura različitih organizama. Karbonati imaju važnu ulogu u pedogenetskim te brojnim

drugim kemijskim procesima u rizosferi tla (Loeppert i Suarez, 1996). Utječu na fizikalne, kemijske i biološke značajke, a time i na plodnost tla (Salomons i Mook, 1986).

Karbonati su utvrđeni u tlima oranice, livade i vrta, dok je tlo voćnjaka bilo nekarbonatno, graf 4.5.1. Rezultati pokazuju različit sadržaj karbonata, obzirom na način korištenja zemljišta. Najveći sadržaj karbonata utvrđen je u tlu na livadi, gdje je varirao od 1,75 do 2,17 % i u prosjeku iznosio 1,95 %. U vrtu je sadržaj karbonata u tlu varirao između 0,92 i 1,33 % te je prosjek iznosio 1,14 %. Najmanji postotak karbonata utvrđen je u tlu na oranici, vrijednosti su varirale u malom rasponu od 0,58 do 0,67 %, s prosjekom od 0,64 %. Temeljem rezultata možemo zaključiti da je na livadi, oranici i u vrtu tlo slabo karbonatno ( $\text{CaCO}_3$  (%) < 10).



Graf 4.5.1. Sadržaj karbonata u tlu

Između analiziranih načina korištenja tla utvrđene su značajne razlike u sadržaju karbonata u tlu, tablica 4.5.1., te je proveden post-hoc t-test, tablica 4.5.2.

Tablica 4.5.1. Sumarna tablica analize varijance za sadržaj karbonata u tlu

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	P	F crit
Između grupa	6,076841	3	2,025614	89,60684	0,0169663	4,066181
Unutar grupa	0,180845	8	0,022606			
Ukupno	6,257685	11				

Tablica 4.5.2. Rezultati t -testa srednjih vrijednosti grupa uzoraka za sadržaj karbonata

Način korištenja (i srednja vrijednost)	Razlike između srednjih vrijednosti		
	Livada	Oranica	Vrt
Livada (1,95)			
Oranica (0,64)	<b>1.31*</b>		
Vrt (1,14)	<b>0.81*</b>	<b>0.50*</b>	
Voćnjak (0,00)	<b>1.95*</b>	<b>0.64*</b>	<b>1.14*</b>

LSD ( $p < 0,05\%$ ) = 0.39

Svi načini korištenja značajno su se razlikovali u sadržaju karbonata uz pogrešku 5 %. Međutim, iako su dokazane statistički opravdane razlike, radi se o vrlo malim, praktički zanemarivim vrijednostima s aspekta biljne proizvodnje.

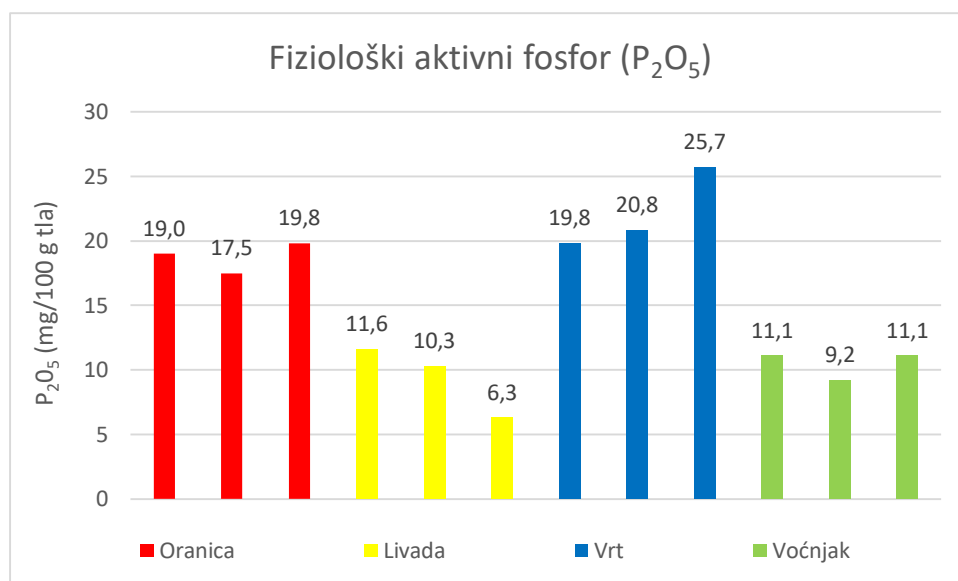
Za izdvajanje podtipova Humofluvisola kao kriterij izabrana je prisutnost karbonata (Škorić, 1986; Husnjak, 2014). U karbonatni podtip svrstavaju se tla koja u površinskoj zoni (30 cm dubine) sadrže karbonate te nekarbonatni podtip, odnosno tla koja ne sadrže karbonate (Husnjak, 2014). Budući da se u Hrvatskoj Humofluvisoli razvijaju uglavnom na karbonatnim riječnim sedimentima najzastupljeniji je karbonatni podtip (Husnjak, 2014).

## 4.6. Fiziološki aktivna hraniva

### 4.6.1. Fiziološki aktivni fosfor ( $P_2O_5$ )

Fosfor je biogeni element, ime mu dolazi od grčke riječi phosphoros što znači donošenje (rađanje) svjetlosti (Čoga i Slunjski, 2018). Fosfor u tlu potječe od procesa razgradnje matičnih stijena, najviše apatita. Količina fosfora u tlu vrlo je promjenjiva (0,02-0,15 %) jer ulazi u sastav velikog broja različito topljivih minerala, ali nalazi se i vezan u organskoj tvari tla (Pavlović Mutavdžić, 2010). Većina poljoprivrednih tala sadrži između 40 i 80 % anorganski vezanog te 20-50 % organski vezanog fosfora (Vukadinović i Vukadinović, 2011). S obzirom na topljivost pojedinih fosfornih spojeva u tlu možemo ga podijeliti na: vodotopljivi fosfor, fosfor topljiv u kiselinama, fosfor topljiv u lužnatim otopinama i teško topljivi fosfor (Čoga i Slunjski, 2018). Biljka usvaja fosfor u anionskom obliku kao  $H_2PO_4^-$  i  $HPO_4^{2-}$ . Nedostatak, kao i suvišak fosfora negativno djeluju na biljke (Vukadinović i Vukadinović, 2011).

Sadržaj fiziološki aktivnog fosfora u tlu varirao je među načinima korištenja zemljišta. Najmanje količine fosfora utvrđene su u tlu na livadi, gdje je raspon varirao između 6,3 i 11,6 mg  $P_2O_5/100$  g tla što je u prosjeku 9,4 mg  $P_2O_5/100$  g tla. Nešto veće količine fosfora utvrđene su u tlu voćnjaka, u rasponu 9,2-11,1 mg  $P_2O_5/100$  g tla, s prosjekom od 10,5 mg  $P_2O_5/100$  g tla. Na oranici je raspon fosfora u tlu varirao od 17,5 do 19,8 mg  $P_2O_5/100$  g tla, prosječna vrijednosti iznosila je 18,8 mg  $P_2O_5/100$  g tla. Najveće količine fosfora u tlu utvrđene su u vrtu, vrijednosti su varirale u širokom rasponu od 19,8 do 25,7 mg  $P_2O_5/100$  g tla s prosjekom od 22,1 mg  $P_2O_5/100$  g tla, graf 4.6.1.1. Prema srednjim vrijednostima  $P_2O_5$  tla livade i voćnjaka slabo su opskrbljena fosforom, na oranici je utvrđena dobra opskrbljenost tla fosforom, dok je u vrtu visoka.



Graf 4.6.1.1. Količina fiziološki aktivnog fosfora u uzorcima tla

Statistička obrada podataka pokazala je da postoje signifikantne razlike u koncentracijama  $P_2O_5$  između tala pod različitim načinima korištenja, tablica 4.6.1.1.

Tablica 4.6.1.1.: Sumarna tablica analize varijance za koncentraciju  $P_2O_5$

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	P	F crit
Između grupa	349,1262	3	116,3754	23,13251	0,0000269	4,066181
Unutar grupa	40,24654	8	5,030818			
Ukupno	389,3728	11				

Tla u oraničnoj i povrćarskoj proizvodnji imala su prosječno više koncentracije fiziološki aktivnog fosfora u odnosu na tlo pod livadom, a međusobno se nisu statistički značajno razlikovala. Tla pod voćnjakom, imala su signifikantno niže koncentracije  $P_2O_5$  u odnosu na tla pod oranicom i vrtom, tablica 4.6.1.2.

Tablica 4.6.1.2. Rezultati t -testa srednjih vrijednosti grupa uzoraka za koncentraciju  $P_2O_5$

Način korištenja (i srednja vrijednost)	Razlike između srednjih vrijednosti		
	Livada	Oranica	Vrt
Livada (9,36)			
Oranica (18,75)	<b>9,39*</b>		
Vrt (22,08)	<b>12,72*</b>	3,33	
Voćnjak (10,48)	1,12	<b>8,27*</b>	<b>11,60*</b>

LSD ( $p < 0,05$ ) = 5,87

Sadržaj fosfora u prirodnom tlu (livadi) u prosjeku je iznosio 9,4 mg  $P_2O_5/100$  g tla, što je prema Vukadinović i Vukadinović (2011) s obzirom na pH niska opskrbljenost tla fosforom. Na oranici i vrtu utvrđene su znatno veće količine fosfora, dok je prosječna količina fosfora u voćnjaku, u odnosu na prirodno tlo bila veća za samo 1,07 mg  $P_2O_5/100$  g tla. Vukadinović i Vukadinović (2011) ističu da je količina fiziološki aktivnog fosfora u izravnoj korelaciji s pH

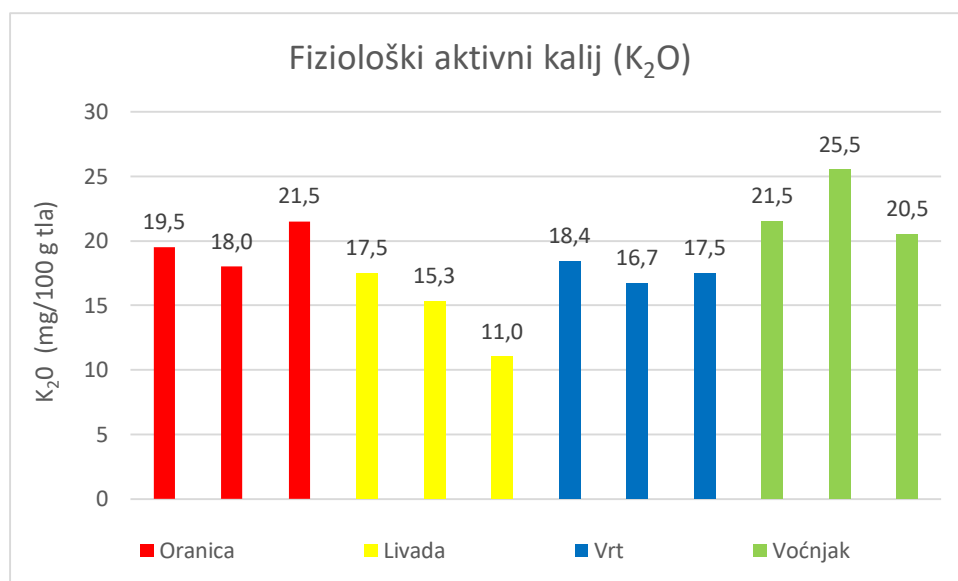


vrijednosti samog tla, pa upravo kisela reakcija tla uzrokuje smanjenje  $P_2O_5$ . Kisela reakcija tla u voćnjaku u skladu je s navedenim tvrdnjama o manjem sadržaju  $P_2O_5$ . Butorac i sur. (2005) proučavajući utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na kemijska svojstva tla, ističu da je gnojidba obogatila tlo fosforom te je utjecala na plodnost tla. U svom istraživanju Hunke i sur. (2015) dobili su znatno veće količine fosfora u površinskom sloju tla kod soje, u usporedbi s prirodnom livadom. Kod pašnjaka i šećerne trske došlo je tek do manjeg povećanja količine fosfora u tlu. Rastija i sur. (2009) u svom istraživanju dokazali su kako pojačana gnojidba tla s NPK mineralnim gnojivom uz primjenu kalcizacije u razdoblju od 5 godina povećava sadržaj fosfora u tlu za više od 10 mg  $P_2O_5/100$  g tla. U istraživanju koje su proveli Kisić i sur. (2002) primjenom pojačane gnojidbe tijekom prve godine istraživanja utvrđene su veće količine biljci pristupačnog fosfora. U drugoj godini zabilježene su nešto niže vrijednosti. Autori navode da je uzrok tome suša tijekom te godine.

#### 4.6.2. Fiziološki aktivni kalij

Kalij je alkalni metal velike rasprostranjenosti u prirodi (Vukadinović i Vukadinović, 2011). Kalij u tlo dospjeva raspadaanjem primarnih minerala, kao što su feldspati, liskuni i dr. Najvećim se dijelom odmah veže na adsorpcijski kompleks tla te su mu pokretljivost i opasnost od ispiranja iz tla male. Količina kalija u tlu vrlo je visoka, a kreće se u rasponu od 0,2 do 3,0 %. Biljka usvaja kalij u ionskom obliku,  $K^+$  (Pavlović Mutavdžić, 2010). Kalij ima ključnu ulogu u adaptaciji biljaka na nepovoljne uvjete, također ima bitnu ulogu u otpornosti i tolerantnosti biljaka na patogene (Vukadinović i Vukadinović, 2011). Autori navode kako biljke zahtijevaju gotovo istu količinu kalija kao i dušika (2-5 % suhe tvari). Isti autori navode kako se nedostatak kalija odražava na cjelokupan rast i razvoj biljke.

Fiziološki aktivni kalij u istraživanim tlima također varira među načinima korištenja zemljišta, graf 4.6.2.1. Tako je najniža vrijednost kalija utvrđena u tlu na livadi, gdje su vrijednosti varirale od 11,0 do 17,5 mg  $K_2O/100$  g tla s prosjekom od 14,6 mg  $K_2O/100$  g tla. Prenamjenom tla iz prirodnog u poljoprivredno, utvrđen je veći sadržaj kalija. Vrijednosti kalija u vrtnom tlu varirale su u uskom rasponu od 16,7 do 18,4 mg  $K_2O/100$  g tla, s prosjekom od 17,5 mg  $K_2O/100$  g tla. Na oranici su vrijednosti varirale također u uskom rasponu od 18,0 do 21,5 mg  $K_2O/100$  g tla, odnosno u prosjeku iznosile 19,7 mg  $K_2O/100$  g tla. Najveće količine kalija utvrđene su u tlu voćnjaka, gdje su varirale u rasponu od 20,5 do 25,5 mg  $K_2O/100$  g tla, sa srednjom vrijednosti od 22,5 mg  $K_2O/100$  g tla. Srednje vrijednosti  $K_2O$  upućuju na nisku opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem na livadi i vrtu, te dobru opskrbljenost na oranici i u voćnjaku.



Graf 4.6.2.1. Količina fiziološki aktivnog kalija u uzorcima tla

S ciljem utvrđivanja statističke opravdanosti razlika u koncentracijama fiziološki aktivnog kalija između načina korištenja tla provedena je jednosmjerna ANOVA. Obzirom na postojanje signifikantnih razlika ( $p < 0,05$ ), tablica 4.6.2.1. proveden je post-hoc t-test (tablica 4.6.2.2)

Tablica 4.6.2.1. Sumarna tablica analize varijance za koncentraciju  $K_2O$  u tlu

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	P	F crit
Između grupa	100,4492	3	33,48306	6,161581	0,017832	4,066181
Unutar grupa	43,47333	8	5,434167			
Ukupno	143,9225	11				

Prosječna koncentracija  $K_2O$  u tlu voćnjaka (22,50 mg/100 g tla) bila je signifikantno viša u odnosu na tlo pod prirodnom vegetacijom (14,60 mg/100 g tla). Između ostalih varijanti načina korištenja tla nisu utvrđene statistički opravdane razlike, tablica 4.6.2.2.

Tablica 4.6.2.2. Rezultati t -testa srednjih vrijednosti grupa uzoraka za koncentraciju  $K_2O$

Način korištenja (i srednja vrijednost)	Razlike između srednjih vrijednosti		
	Livada	Oranica	Vrt
Livada (14,60)			
Oranica (19,67)	5,07		
Vrt (17,53)	2,93	2,13	
Voćnjak (22,50)	<b>7,90*</b>	2,83	4,97

LSD ( $p < 0,05$ ) = 6,10

Husnjak (2014) navodi kako sadržaj hraniva Humofluvisola varira od osrednjega do niskoga. Na livadi su utvrđene niske vrijednosti fiziološki aktivnog kalija, no prenamjenom prirodnoga tla u poljoprivredno povećala se količina kalija u tlu. Brojni autori dokazali su da

gnojidba ima izražen učinak na koncentraciju hraniva u tlu (Hunke i sur. 2015, Butorac i sur., 2005, Rastija i sur. 2009). Ičanović i sur. (2017) primjećuju dvostruko veće količine kalija u Ap horizontu (0-33 cm) antropogeniziranog tla, nego u prirodnom tlu, što objašnjavaju primjenom mineralnih i organskih gnojiva, što je u skladu s ovim istraživanjem. Kisić i sur. (2002) također su utvrdili u prvoj godini istraživanja primjenom pojačane gnojidbe veće količine kalija u tlu. Rastija i sur. (2009) navode kako je gnojidba mineralnim gnojivima utjecala na povećanje sadržaja kalija za oko 6,5 mg K<sub>2</sub>O/100 g. Vukadinović i Vukadinović (2011) ističu da je opskrbljenost tla kalijem vrlo varijabilna. Ukoliko tlo nije gnojeno ta vrijednost često može biti ispod 10 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla.

## 5. Zaključak

Temeljem rezultata istraživanja utjecaja načina korištenja zemljišta na odabrana svojstva Humofluvisola može se zaključiti:

- U svim uzorcima utvrđena je praškasto ilovasta tekstura tla.
- Signifikantno niže pH vrijednosti utvrđene su u tlu voćnjaka, u odnosu na ostale načine korištenja tla.
- Značajno viši sadržaj humusa u tlu utvrđen je na livadi u odnosu na tla korištena u poljoprivrednoj proizvodnji.
- Tlo voćnjaka je nekarbonatno, a kod ostalih načina korištenja je slabo karbonatno.
- Tla u oraničnoj i povrćarskoj proizvodnji imala su prosječno više koncentracije fiziološki aktivnog fosfora u odnosu na tlo pod livadom. Tla pod voćnjakom, imala su signifikantno niže koncentracije  $P_2O_5$  u odnosu na tla pod oranicom i vrtom.
- Prosječna koncentracija  $K_2O$  u tlu voćnjaka bila je signifikantno viša u odnosu na tlo pod prirodnom vegetacijom.

## 6. Literatura

1. Bakhshandeh E., Hossieni M., Zeraatpisheh M., Francaviglia M. (2019). Land use change effects on soil quality and biological fertility: A case study in northern Iran. *European Journal of Soil biology*. 95: 103119
2. Barančikova G., Makovnikova J., Halas J. (2016). Effect of land use change on soil organic carbon. *Agriculture*, 62, 2016 (1): 10-18
3. Bensa, A., Miloš, B. (2011). *Pedologija, humus*. Međusveučilišni studij Split, Mediteranska poljoprivreda, autorizirana prezentacija
4. Butorac, A., Butorac, J., Bašić, F., Mesić, M., Kisić, I. (2005). Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos korijena šećerne repe i neka kemijska svojstva tla u plodoredu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa, *Agronomski glasnik* 1, 3-16
5. Celik, I. (2005). Land use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean an high land of Turkey. *Soil and tillage research* vol. 83, 270-277
6. Čoga L., Slunjski S. (2018). *Dijagnostika tla u ishrani bilja*, Priručnik za uzorkovanje i analitiku tla, Agronomski fakultet sveučilišta u Zagrebu
7. Emadi M., Emadi M., Baghernejad M., Fathi H., Saffari M. (2008). Effect of land use change on selected soil physical and chemical properties in North High lands of Iran. *Journal of Applied Sciences*, 8: 496-502
8. FAO (2006). *Guidelines for soil description*. Fourth ed. FAO, Rome.
9. Food and agriculture organization of the United nations, FAO (2006), Rome. *Guidelines for soil description*.
10. Gajić B., Kresović B., Dragović S., Sredojević Z., Dragović R. (2014). Effect of land use change on the structure of Gleyic fluvisol sin Western Serbia, *Journal of Agricultural Sciences*, vol. 59, no. 2, 2014, 151-160
11. Gavriiloaiei T. (2012). The influence of electrolyte solutions on soil pH measurements. *Rev. Chim*, 63(4), 396-400
12. Grieve, I.C. (2001). Human impacts on soil properties and their implications for the sensitivity of soil systems in Scotland. Department of environmental science, University of Stirling, UK. *Catena* 42, 361-374
13. Haghghi F., Gorji M., Shorafa M. (2010). A study of the effects of land use changes on soil physical properties and organic matter. *Land degradation and development*. 21/5, 496-502
14. Herak Ćustić M., Čoga L., Ćosić T., Petek M., Poljak M., Jurkić V., Ćustić S. (2005). Reakcija tla – bitan preduvjet za odabir bilja u hortikulturi. *Agronomski glasnik*, 67 (2-4), 235-253
15. HRN EN ISO 10693 (2014): *Kvaliteta tla – Određivanje sadržaja karbonata – Volumetrijska metoda (ISO 10693:1995; EN ISO 10693:2014)*, Hrvatski zavod za norme, Zagreb
16. HRN ISO 10390 (2005): *Kakvoća tla – Određivanje pH-vrijednosti (ISO 10390:2005)*, Hrvatski zavod za norme, Zagreb
17. HRN ISO 11277 (2011): *Kvaliteta tla – Određivanje raspodjele veličine čestica (mehaničkog sastava) u mineralnom dijelu tla – Metoda prosijavanja i sedimentacije (ISO 11277:2011)*, Hrvatski zavod za norme, Zagreb

18. HRN ISO 11464 (2009): Kakvoća tla – Priprema uzoraka za fizikalno-kemijske analize (ISO 11464:2009), Hrvatski zavod za norme, Zagreb
19. Hunke P., Roller R., Zeilhofer P., Schroder B., Mueller E. N. (2015). Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil. *Geoderma Regional*, Vol. 4, 31-43
20. Husnjak S. (2014). *Sistematika tala Hrvatske*. Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb
21. Ičanović M., Jogić V., Bakrač A. (2017). Influence of anthropogenization on the soil properties developed on silicate substrates in the western part of Bosnia and Herzegovina. *Technologica Acta*. 10 (1): 19-26
22. JDPZ (1966). *Kemijske metode istraživanja zemljišta*, Beograd
23. Jiang, Y.J., Yuan, D.X., Zhang, C. (2006) Impact of land use change on soil properties in a typical karst agricultural region of southwest China: a case study of Xiaojiang watershed, Yunan. *Environmental Geology* vol. 50, 911-918
24. Karalić, K. (2010). Utvrđivanje potrebe u kalcizaciji i utjecaj kalcizacije na status hranjiva u tlu. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. *Poljoprivreda* 16, str.77 – Sažeci doktorskih disertacija
25. Kettler T. A., Doran J.W., Gilbert T.L. (2001). Simplified method for soil particle – size determination to accompany soil-quality analyses. *Soil Sci Soc Am J* 65:849-852
26. Kisić, I., Bašić, F., Mesić, M., Butorac, A. (2002). Učinkovitost kalcifikacije i gnojidbe na kemijske značajke tla i prinos zrna kukuruza i ozime pšenice. *Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Agriculturae Conspectus Scientificus* vol 67, 25-33
27. Kisić, I. (2012). Sanacija onečišćenog tla. *Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb*
28. Kizilkaya R., Dengiz O. (2010). Variation of land use and land cover effects on some soil physico-chemical characteristic and soil enzyme activity. *Zemdirbyste–Agriculture*. 97/2, 15-24
29. Lešić, R., Borošić, J., Butorac, I., Herak Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2004). *Povrćarstvo, ishrana povrća i gnojidba*. Agronomski fakultet, Zrinski d.d., Čakovec
30. Loeppert R.H., Suarez D.L. (1996). *Methods of soil analysis Part 3 - Chemical Methods: Carbonate and Gypsum*. Madison, Wisconsin: Soil Science of America
31. Lončarić Z., Rastija D., Karalić K., Popović B., Ivezić V., Lončarić R. (2015) *Kalcizacija tala u pograničnome području, Osijek*
32. Molla E., Getnet K., Mekonnen M. (2022). Land use change and its effect on selected soil properties in the northwest high lands of Ethiopia. *Helyion*. 8: e10157
33. Molla E., Yalew M. (2018). The effects of land use types and soil depth on soil properties of Agedit watershed, northwest Ethiopia. *Ethiopian J. Sci. Technol.* 2018;11(1):39–56
34. Pavlović Mutavdžić, D. (2010). *Kemijski i biokemijski procesi u tlu i sedimentu, Fizikalna i kemijska svojstva tla i njihovo određivanje*. Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Zavod za analitičku kemiju, interna skripta
35. Rastija, D., Lončarić, Z., Škripek, Ž., Japundžić-Palenkić, B., Varoščić, A. (2009). Utjecaj kalcizacije i gnojidbe na promjene kemijskih svojstva tla i prinos kukuruza. *Poljoprivredni fakultet u Osijeku*. 44. Hrvatski i 4. Međunarodni simpozij agronoma, 83-88
36. Rubinić, V., Pejić, M., Vukoje, I., Bensa, A. (2015) *Influence of Geomorphology and Land Use on Soil Formation – Case Study Maksimir (Zagreb, Croatia)*. *Agriculturae conspectus scientificus*, 80 (1), 1-8

37. Salomons W., Mook W. G. (1986). Hand book of Enviromental Isotope Geochemistry: Isotope geochemistry of carbonates in weathering zone. London, England: Elsevier
38. Škorić A. (1982.). Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti. Zagreb
39. Škorić A. (1986). Postanak, razvoj i sistematika tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
40. Špoljar A. (2007). Tloznanstvo i popravak tla, I. dio. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima
41. Špoljar A., Stojnović M., Kamenjak D., Dadaček N., Andreato-Koren M. (2001). Utjecaj uzgoja grahorice i zobi u plodoredu na značajke tla. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 66(2): 127-135
42. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011). Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
43. Vukadinović V., Vukadinović V. (2018). Zemljišni resursi – Vrednovanje poljoprivrednih zemljišnih resursa, Osijek
44. Zamanian K., Pustovoytov K., Kuzyakov Y. (2016). Pedogenic carbonates: Forms and formation processes. *Earth-Science Reviews*. 157: 1-17
45. Zandi L., Erfanzadeh R., Jafari H. J. (2016). Rangeland Use Change to Agriculture Has Different Effects on Soil Organic Matter Fractions Depending on the Type of Cultivation: Changes of Rangeland Use Degrade Soil. *Land Degradation & Development*. 28. 10.1002/ldr.2589

## Životopis

Jana Krkalo rođena je 11.11.1998. u Zagrebu. Pohađala je X. gimnaziju „Ivan Supek“, prirodoslovno matematički smjer u razdoblju od 2013. do 2017. U razdoblju od 2017. do 2021. pohađala je Zdravstveno veleučilište u Zagrebu, smjer Sanitarno inženjerstvo. 2021. godine obranom završnog rada (Prikaz pojavnosti različitih bolesti u populaciji Amiša) stječe akademski naziv Baccalaureus sanitarnog inženjerstva. Na Zdravstvenom veleučilištu nastavlja studiranje, te iste godine upisuje diplomski studij Agroekologije na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Poznaje engleski jezik razine B2 te posjeduje znanja i vještine rada na računalu osobito Microsoft Office paketa (Word, Excel, PowerPoint). Posjeduje vozačku dozvolu B kategorije.