

# Odabrana kemijska svojstva fluvisola pri različitom načinu korištenja zemljišta

---

**Svilić, Lorena**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*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:204:200938>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-08**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**Odabrana kemijska svojstva fluvisola pri različitom  
načinu korištenja zemljišta**

DIPLOMSKI RAD

Lorena Svilić

Zagreb, rujan, 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Agroekologija-Agroekologija

**Odabrana kemijska svojstva fluvisola pri različitom  
načinu korištenja zemljišta**

DIPLOMSKI RAD

Lorena Svilić

Mentor:

Prof. dr.sc Aleksandra Bensa

Zagreb, rujan, 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Lorena Svilić**, JMBAG 1003159981, rođena 05.12.2000. u Novoj Gradiški, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

**Odabrana kemijska svojstva fluvisola pri različitom načinu korištenja zemljišta**

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 **Lorena Svilić**, JMBAG 1003159981, naslova

**Odabrana kemijska svojstva fluvisola pri različitom načinu korištenja zemljišta**

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

\_\_\_\_\_

## Zahvala

Iznimno veliku zahvalu upućujem svojoj mentorici prof. dr. sc. Aleksandri Bensi koja mi je uvelike olakšala pisanje ovog diplomskog rada svojim stručnim vodstvom. Hvala Vam na pomoći pri odabiru teme, svakom savjetu i ukazanom literaturnom izvoru, a najviše na strpljenju tijekom izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem se dipl. ing. agr. Nikolini Jurković Balog koja mi je olakšala laboratorijski rad svojim prisustvom i pomoći.

Nadalje, posebno se zahvaljujem svojim roditeljima koji su mi također pomogli pri pisanju ovog rada, hvala Vam na podršci i razumijevanju tijekom cijelog mog obrazovanja. Bez vas, ništa od ovog ne bi bilo moguće!

Hvala mojoj sestri, bratu i prijateljima na svakoj ohrabrujućoj riječi, pomoći i potpori tijekom mog studiranja.

# Sadržaj

Sažetak .....	1
Summary .....	2
1. Uvod .....	3
1.1. Ciljevi istraživanja .....	4
2. Pregled literature .....	5
3. Materijal i metode.....	8
3.1 Područje istraživanja .....	8
3.1.1 Agrotehničke mjere.....	8
3.2 Terenski rad .....	9
3.3 Laboratorijski rad .....	11
3.4 Statistička obrada podataka.....	13
4. Rezultati istraživanja i rasprava.....	14
4.1 Reakcija tla .....	14
4.2 Ukupni karbonati.....	17
4.3 Fiziološki aktivno vapno .....	19
4.4 Humus .....	21
4.4.1 Količina humusa .....	21
4.4.2 Karakter humusa .....	23
4.5 Fiziološki aktivan fosfor ( $P_2O_5$ ) .....	25
4.6 Fiziološki aktivan kalij ( $K_2O$ ).....	27
4.7 Potencijalno toksični elementi (PTE).....	29
4.7.1 Bakar.....	30
4.7.2 Cink.....	32
4.7.3 Olovo .....	34
5. Zaključak.....	37
6. Literatura.....	38
Životopis .....	45

# Sažetak

Diplomskog rada studentice **Lorene Svilić**, naslova

## **Odabrana kemijska svojstva fluvisola pri različitom načinu korištenja zemljišta**

Ciljevi ovog rada bili su utvrditi i usporediti odabrana kemijska svojstva fluvisola pri različitom načinu korištenja zemljišta (povrčarstvo, ratarstvo, livada), te procijeniti stupanj onečišćenja tla potencijalno toksičnim elementima (PTE). Istraživanje je provedeno 2024. godine na OPG-u Svilić u naselju Orubica. Na svakoj lokaciji uzeto je 5 prosječnih uzoraka površinskog horizonta tla (0-30 cm). U prosječnim uzorcima analizirani su: pH, sadržaj ukupnih karbonata i fiziološki aktivnog vapna, količina i karakter humusa,  $P_2O_5$  i  $K_2O$ , te ukupne koncentracije bakra, cinka i olova. Signifikantno više pH vrijednosti zabilježene su u tlu oranice, u odnosu na ostale načine korištenja zemljišta (livada i vrt). Sva analizirana tla su srednje karbonatna, uz signifikantno viši sadržaj fiziološki aktivnog vapna u tlu livade (3,9 %) u odnosu na tla pod poljoprivrednom proizvodnjom (3,3 i 2,9 %). Tlo livade ima signifikantno viši sadržaj humusa (4,05 %) u odnosu na poljoprivredna tla (3,19- 2,58 %), a karakter humusa je u svim tlima slabo kiseli. Tla vrta i oranice vrlo bogato su opskrbljena fosforom i imala su signifikantno viši prosječni sadržaj  $P_2O_5$  (47,3 i 47,2 mg  $P_2O_5$ /100 g tla) u odnosu na tlo livade (21,3 mg  $P_2O_5$ /100 g tla). Značajno viša prosječna koncentracija  $K_2O$  utvrđena je u tlima oranične i povrćarske (53,3 i 44,7 mg  $K_2O$ /100 g tla) proizvodnje u odnosu na tlo pod prirodnom vegetacijom (15,9 mg  $K_2O$ /100 g tla). Prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/19), tlo niti jednog načina korištenja zemljišta (livada, vrt, oranica) nije onečišćeno bakrom, cinkom i olovom.

**Ključne riječi:** pH, karbonati, humus,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , teški metali



# Summary

Of the master's thesis – student **Lorena Svilić**, entitled

## **Selected chemical properties of fluvisol under different land use**

The objectives of this study were to determine and compare the selected chemical properties of fluvisol in different of land use (vegetable, arable, meadow), and to assess the degree of soil contamination with potentially toxic elements (PTE). The study was conducted in 2024 at OPG Svilić in the settlement of Orubica. At each location, 5 average samples of the surface soil horizon (0-30 cm) were taken. In the average samples pH, content of total carbonates and physiologically active lime, amount and character of humus,  $P_2O_5$  and  $K_2O$ , and total concentrations of copper, zinc and lead were analyzed. Significantly higher pH values were recorded in the soil of arable land, compared to other land use methods (meadow and vegetable garden). All analyzed soils are medium calcareous, with a significantly higher content of physiologically active lime in meadow soil (3.9 %) compared to soils under agricultural production (3.3 and 2.9 %). The soil of the meadow has a significantly higher content of humus (4.05 %) compared to agricultural soils (3.19-2.58 %), and the character of the humus is slightly acidic in all soils. The soils of the vegetable garden and arable land were richly supplied with phosphorus and had a significantly higher average content of  $P_2O_5$  (47.3 and 47.2 mg  $P_2O_5$ /100 g soil) compared to the meadow soil (21.3 mg  $P_2O_5$ /100 g soil). A significantly higher average  $K_2O$  concentration was found in arable and vegetable soils (53.3 and 44.7 mg  $K_2O$ /100 g soil) production compared to soil under natural vegetation (15.9 mg  $K_2O$ /100 g soil). According to the Ordinance on the protection of agricultural land from pollution (NN 71/19), the soil of any type of land use (meadow, garden, arable land) were not contaminated with copper, zinc and lead.

**Keywords:** pH, carbonates, humus,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , heavy metals

# 1. Uvod

Fluvijalno tlo ili fluvisol, (lat. „fluvius“ rijeka i franc. „sol“ tlo) nastaje isključivo na području dolina uz veće rijeke, odnosno na područjima učestalih poplava koje su posljedica izlivanja rijeka iz korita. Pripada razredu inicijalnih (nerazvijenih) hidromorfni tala kojega obilježava povremena prisutnost podzemne vode, specifični procesi nastanka matičnog supstrata te inicijalni humusno-akumulativni horizont (Husnjak, 2014).

Fluvijalna tla u Hrvatskoj zauzimaju 133.150,8 ha, odnosno 2,35 % od ukupne površine tla u RH. Najveće površine pružaju se uz naše veće rijeke: Savu, Dravu, Dunav, Muru, Kupu, Mirnu, Rašu, Cetinu i Neretvu. Mali dio fluvijalnih tala nastaje uz jezera i na ušću rijeka uz more. Od pedogenetskih čimbenika reljef ima ključnu ulogu u nastajanju fluvijalnih tala jer oni nastaju na terenima učestalih poplava. Sedimentacijom fluvijalnih nanosa čestica šljunka, pijeska, praha i gline iz poplavnih voda nastaje matični supstrat. Intenzitet i učestalost poplava imaju veliki utjecaj na nastanak i obilježja fluvijalnih nanosa. Promjene u toku rijeka rezultiraju različitim zonama taloženja, što dovodi do nastanka slojeva tla s vrlo raznolikim teksturnim sastavom. U pedološkom profilu fluvijalnih tala možemo naći slojeve koji se kreću od šljunčanih do glinastih materijala. Duljim izostankom poplava, omogućen je razvoj pedogenetskih procesa što rezultira nastajanjem inicijalnog humusno-akumulativnog horizonta (A). Zbog nerazvijenog inicijalnog horizonta, načina postanka te suvišnog vlaženja podzemnom i poplavnom vodom, fluvijalna tla svrstavaju se u nerazvijena hidromorfna tla. Fluvijalna tla nemaju razvijene genetske horizonte, osim glejnog horizonta-G, koji se formira u područjima s povremenom ili stalnom prisutnošću podzemne vode. Tijekom velikih poplava, taloženjem riječnog materijala različite teksture stvaraju se slojevi nanosa označeni rimskim brojevima I, II, III itd. Debljina tih slojeva može se znatno razlikovati, varirajući od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara, (Husnjak, 2014).

Zbog različitih materijala koji se talože tijekom vremena, fluvijalna tla pokazuju značajnu heterogenost u teksturnom sastavu. Veliki dio fluvisola ima povoljne vodozračne odnose, osim za vrijeme poplava ili kada je razina podzemne vode visoka. Tla su uglavnom propusna za vodu, a tekstura im je većinom pjeskovito ilovasta do ilovasta, rjeđe glinasta ili skeletna. Zbog mladosti tla, struktura je slabo izražena. Sadržaj humusa je unutar raspona slabo humoznih tala, dok je reakcija tla najčešće blago alkalna, jer su fluvijalna tla uglavnom karbonatna. Najveći dio fluvijalnih tala ima relativno visok proizvodni potencijal, te se koriste u poljoprivredi za uzgajanje ratarskih i povrćarskih kultura. Najplodnija su duboka tla, ilovaste teksture, rijetko plavljena te bez prisustva podzemne vode unutar 1 m profila.

Ljudska aktivnost ima značajan utjecaj na kvalitetu tla, odnosno ima pozitivno i negativno djelovanje, ovisno o vrsti aktivnosti i načinima gospodarenja zemljištem. Naime, različiti načini korištenja tla značajno mijenjaju njegova fizikalna, kemijska i biološka svojstva. Brojni su primjeri pozitivnog učinka agrotehničkih mjera na svojstva tla. Intenzivna upotreba mineralnih gnojiva u povrćarskoj proizvodnji povećava sadržaj hraniva u tlu i prinos (Kisić i sur., 2002; Rastija i sur. 2009). Dodavanje huminske kiseline, odnosno organskog proizvoda koji ne djeluje štetno za biljke, već sprječava eroziju tla jačanjem korijenskog sustava biljke,

povećava mikrobiološku aktivnost tla i udio mikro i makro elemenata, također dovodi do visoko kvalitetnih i zdravih prinosa (Šakota, 2015). U nedostatcima oborina, navodnjavanje je nezaobilazna hidrotehnička mjera koja omogućava opskrbu biljke vodom u količini koja joj je potrebna za normalan rast i razvoj (Sito i sur., 2016).

Međutim, prisutne su i negativne promjene svojstava poljoprivrednih tla, koje su posljedica ljudske aktivnosti. Pri tome se najviše pridaje značaj smanjenju organske tvari, promjenama pH vrijednosti, onečišćenju i promjenama u strukturi tla. Prekomjernom upotrebom strojeva, sjetvom i neodgovarajućim poljoprivrednim djelatnostima dolazi do zbijenosti tla. Zbijenost tla negativno utječe na tlo, smanjujući mu plodnost i opskrbu vodom (Hamza i Anderson, 2005).

Agrotehničkim mjerama (obrada, gnojidba, zaštita bilja) (Dolijanović i sur. 2012; Kristek i sur. 2011) mijenjaju se izvorna svojstva tla, npr. pH, (Thomas i sur., 2007) sadržaj humusa (Parađiković i sur., 2007) i opskrbljenost hranivima (Butorac i sur., 2006). Višegodišnja intenzivna primjena zaštitnih sredstava i gnojiva može uzrokovati onečišćenje tla potencijalno toksičnim elementima (Jiao i sur.,2012; Jakšić i sur., 2013; Rahman i sur.,2014). Povećan ukupan sadržaj Pb, smanjuje mikrobne aktivnosti tla, hranjive tvari i plodnost tla (Dotaniya i sur., 2020). Visoka stopa nakupljanja Cu u tlu često je posljedica uporabe fungicida na bazi Cu ili drugih poljoprivrednih aktivnosti (Alengebawy i sur.,2021). Nakupljanje Zn u korijenu ili izdancima biljaka uzrokuje teška oštećenja biljke, a prekomjerna količina Zn u biljnim stanicama uzrokuje visoke turbulencije u fiziološkim procesima u biljkama, praćene smrću biljke (Liang i sur. 2019).

## **1.1. Ciljevi istraživanja**

Hipoteza ovog rada su očekivane razlike u kemijskim svojstvima fluvisola pod različitim načinima korištenja zemljišta. Stoga, ciljevi ovog rada su:

- utvrditi i usporediti odabrana kemijska svojstva fluvisola pri različitom načinu korištenja zemljišta (povrčarstvo, ratarstvo, livada)
- procijeniti stupanj onečišćenja tla potencijalno toksičnim elementima

## 2. Pregled literature

Zbog heterogenosti aluvijalnih tala, njihova produktivnost varira, ali se često koriste u uzgoju povrćarskih i ratarskih kultura. Većina ovih tala su porozna, vodopropusna i dobro aerirana sa stabilnim mikroagregatima (Vukadinović i Vukadinović, 2016). Fluvisoli pripadaju klasi vrlo plodnih tala s dubokim fiziološki aktivnim profilom i podzemnom vodom. Unatoč tome, za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju, treba posvetiti pažnju niskom sadržaju humusa, slaboj strukturi tla i niskoj opskrbljenosti hranivima (Husnjak 2014; Vukadinović i Vukadinović 2016).

Galić i Ivanišević (2004) istraživali su tla u dolini rijeke Rasine (Srbija) koja pripadaju fluvisolima. Cilj istraživanja bio je proučavanje sistematskih jedinica tla u inundaciji rijeke Rasine pogodnih za uzgoj visokoproduktivnih sorti crnih topola. Istraživanje je provedeno na tri pedološka profila. Analiza istraživanih tala pokazuje slojeve različite debljine i teksturnog sastava, s niskim sadržajem organske tvari. Analize kemijskih svojstava tla pokazuju da su istraživana zemljišta slabo karbonatna, s prosječnim sadržajem karbonata od 2,5%. Razlike među tlima pojavljuju se u sadržaju organske tvari, koji varira s dubinom profila. Između izdvojenih sistematskih jedinica fluvisola razlikuju se pjeskovite i ilovaste forme. Glavne razlike između ovih jedinica su u sadržaju praha i gline, teksturnoj klasi tla te u količini i vrsti akumulacije organske tvari u tlu. Matični supstrat sastoji se od šljunka koji ima visoki stupanj propusnosti, što negativno utječe na sposobnost tla da zadržava fiziološki aktivnu vodu, a time i na cjelokupni vodni režim tla.

Dickson i sur. (2021) proveli su istraživanje u Nigeriji prikupljajući uzorke aluvijalnih tala na tri lokacije u blizini rijeke Niger kako bi proveli morfološku i fizikalno-kemijsku analizu ispitivanih tala. Utvrdili su vrlo nizak do srednji sadržaj organske tvari, dušika i fosfora, kiseli do neutralni pH (4,94-7,00), dok je prevladavajuća tekstura tla bila ilovača. Usjevi ispitivanih aluvijalnih tala često stradavaju zbog poplava rijeke Niger koja predstavlja glavni ograničavajući čimbenik za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju, te je potrebno provoditi hidromelioracijske mjere. Provođenjem hidromelioracijskih mjera u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji dolazi do negativnih promjena fizikalnih i kemijskih svojstava tla koje su dokazali Cerbari i Stegarescu (2016). Navedeni znanstvenici proučavali su kvalitetu i plodnost navodnjavanog eutričnog fluvisola i dokazali smanjeni udio organske tvari u tlu, promjene u raspodjeli strukturnih agregata, veću gustoću, nisku ukupnu poroznost koja se smanjuje s dubinom te visok stupanj zbijenosti tla. Zbijenost tla nepovoljno utječe na plodnost tla, posebice na skladištenje i opskrbu vodom i hranjivim tvarima, povećanjem volumne gustoće tla, smanjenjem poroznosti, povećanjem čvrstoće tla, smanjenjem infiltracije vode u tlo i sposobnosti zadržavanja vode (Hamza i Anderson, 2005).

Poznato je da ljudska aktivnost u poljoprivredi utječe na promjenu fizikalnih i kemijskih svojstava tla zbog čega su se mnogi znanstvenici bavili proučavanjem tih promjena. Učinak promjene ovisi o nekoliko čimbenika, uključujući vrstu ekosustava koji prolazi kroz promjenu, početna svojstva tla, trajanje i intenzitet korištenja zemljišta i poljoprivrednih praksi i dodatno,

dugoročni čimbenici specifični za lokaciju, kao što su klima, topografija, matični supstrat, tip tla, mineralogija, tekstura i dubina tla, također igraju ključnu ulogu u određivanju posljedica tih promjena. Gajić (2013) proveo je istraživanje promjena načina korištenja zemljišta na određena svojstva tla u kontinentalnim nizinskim ekosustavima zapadne Srbije. Istraživanje je obuhvatilo tri načina korištenja zemljišta, odnosno vrste biljnog pokrova: listopadne šume, prirodne travnjake i obradiva tla koja su pretvorena iz šuma prije više od 100 godina. Uzorci tla različitog načina korištenja prikupljeni su na 9 lokacija s različitih dubina nekarbonatnog fluvisola. Pretvorba šume u travnjake i obradiva tla rezultirala je značajnim smanjenjem ukupne poroznosti, brzine infiltracije i sadržaja organske tvari u tlu. Zaključno, rezultati istraživanja sugeriraju da uklanjanje trajne vegetacije u procesu pretvorbe šumskih i travnjačkih površina u kultivirano zemljište može dovesti do smanjenja produktivnosti tla i ozbiljne degradacije tla. Rubinić i sur. (2015) istražili su utjecaj načina korištenja zemljišta i nagiba terena na svojstva pseudogleja. Utvrđeno je da su svojstva tla na livadi koja se koristila za poljoprivrednu proizvodnju nakon par desetljeća, vrlo sporo dolazila u ravnotežu s prirodnim pedogenetskim faktorima nakon prestanka korištenja istog za uzgoj biljaka. Također, zaključeno je da, bez obzira na različite načine korištenja zemljišta, istražena tla pokazuju samo ograničene razlike, prvenstveno u sadržaju hranjivih tvari.

Kakvoća tla može se poboljšati dodavanjem kondicionera, kalcizacijom, humizacijom, gnojidbom i dr. Bez adekvatne gnojidbe, nema visokih i stabilnih prinosa, potrebne kakvoće proizvoda, niti profitabilnosti pa se gnojidba opravdano smatra najvažnijom agrotehničkom mjerom u biljnoj produkciji (Vukadinović i Vukadinović, 2016). Rastija i sur. (2009) istraživali su utjecaj petogodišnje kontinuirane gnojidbe i kalcizacije na prinos zrna i nadzemne mase stabljike kukuruza na dvije lokacije lesiviranog kiselog tla u istočnoj Slavoniji. Utvrđeno je da je kalcizacija smanjila kiselost tla na obje ispitivane lokacije. Mineralna gnojidba je tijekom petogodišnjeg razdoblja povećala sadržaj fosfora u tlu za oko 5 mg  $P_2O_5$ / 100 g tla i kalija za oko 6,5 mg  $K_2O$  / 100 g tla, dok je intenzivnija gnojidba rezultirala povećanjem razine fosfora i kalija za više od 10 mg/100 g tla. Kisić i sur. (2002) također su dokazali slično. Istraživali su kako učinkovitost različitih kombinacija mineralne i organske gnojidbe i kalcifikacije utječe na prinos zrna kukuruza i ozime pšenice i kemijske značajke nekarbonatnog amfiglejnog tla na području Karlovačke županije. Primjena materijala za kalcifikaciju smanjila je aktivnu i potencijalnu kiselost tla te povećala zasićenost adsorpcijskog kompleksa bazama, odnosno povisila je pH tla. Tijekom prve godine istraživanja nakon primjene kalcifikacije u kombinaciji s organskim gnojivom zabilježene su relativno više vrijednosti sadržaja biljci pristupačnog fosfora i kalija, dok su u drugoj godini zabilježene nešto niže vrijednosti, čemu je glavni razlog suša.

Aziz i sur. (2015) procijenili su učinke različitih načina obrade tla (bez obrade i konvencionalna obrada tla) u uvjetima uzgoja različitih usjeva (kukuruz, soja, pšenica) na kemijska svojstva tla u Ohio-u, SAD. Zaključili su da je obrada tla imala značajan učinak na koncentraciju ukupnog C, odnosno ona se smanjila za 30 %. Redovito oranje prepoznato je kao ključan čimbenik gubitka C u tlu jer ubrzava biološku razgradnju organske tvari zbog veće dostupnosti kisika. Gubici ugljika mogu rezultirati lošim fizičkim uvjetima tla za rast i razvoj

usjeva (Busscher i sur., 2001.) i smanjiti sposobnost tla da zadrži hranjive tvari kroz dulje vremensko razdoblje.

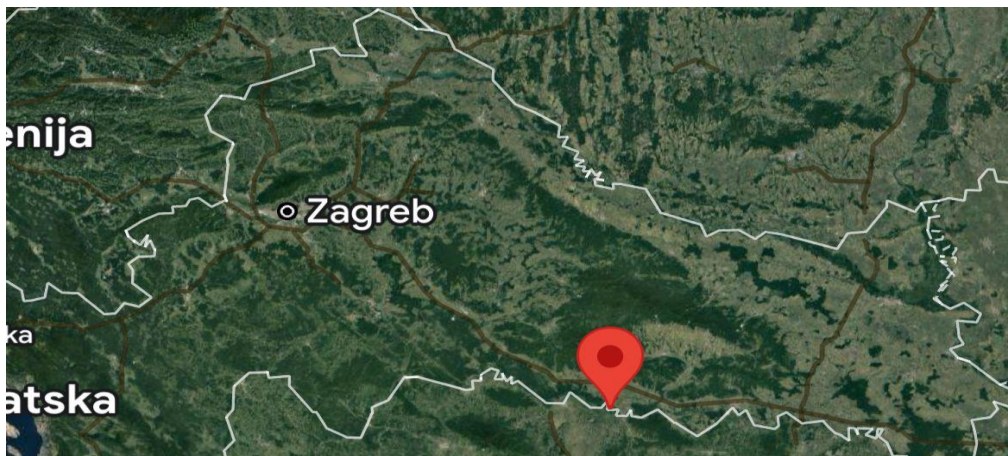
Thomas i sur. (2007) također su dokazali da su količine organskog C i ukupnog N (0-10 cm dubine tla) bile znatno veće pod sustavom bez obrade tla, nego pod konvencionalnom obradom (CT). Sustav bez obrade tla (NT) imao je 1,94 mg/ha (18 %) više organskog C i 0,20 mg/ha (21 %) više ukupnog N nego konvencionalna obrada (CT). Također, dokazano je da je primjena dušičnog gnojiva rezultirala značajnim smanjenjem pH vrijednosti tla na dubini 0-10 cm. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti utjecaj obrade tla i gnojidbe na količinu i raspodjelu organske tvari i hranjivih tvari u slojevima tla na dubinama 0–2,5, 2,5–5, 5–10, 10–20 i 20–30 cm u Luvisolu, smještenom u polusušnom području južnog Queenslanda u Australiji. Mjerenja su provedena nakon devet godina primjene sustava bez obrade tla (NT), konvencionalne obrade (CT) i reducirane obrade (RT), u kombinaciji s različitim praksama upravljanja strništima (zadržavanje ili uklanjanje) te strategijama primjene dušičnih gnojiva pod pšenicom.

Onečišćenje tla predstavlja oblik degradacije koji nastaje kada koncentracije određenih prirodnih ili antropogenih tvari prelaze dopuštene granice. Potencijalno toksični elementi (PTE) iz različitih prirodnih i antropogenih izvora mogu završiti u tlu. Prekomjerna primjena agrokemikalija doprinosi ubrzanom onečišćenju tla (Palansooriya i sur., 2020). Kako navode Vukadinović i Vukadinović, (2016) najčešći onečišćivači tla su ugljikovodici, teški metali (Cd, Pb, Cu, Zn, Hg i As), herbicidi, pesticidi, ulja, PCB, dioksin i dr. Chen i sur. (2020) proveli su terenski pokus u Kini u Quzhou, provinciji Hebei, s kontinuiranom primjenom fosfornih gnojiva u različitim količinama tijekom 10 godina, kako bi se procijenili učinci dugotrajne primjene fosfornih gnojiva na karbonatnom aluvijalnom tlu na rizik za ljudsko zdravlje od Zn, Cu, Cd, Pb, As, Ni i Cr unosom pšeničnog zrna. Rezultati su pokazali da primjena fosfornih gnojiva olakšava nakupljanje Zn, Pb, Cd i As u površinskom sloju tla. Koncentracije Zn, Cu, Pb i Ni u zrnu smanjene su, dok su Cd i As povećane primjenom fosfornih gnojiva. Proshad i sur. (2021) istraživali su fizikalno-kemijska svojstva tla, koncentraciju i izvore teških metala korištenjem 315 uzoraka tla i 250 prehrambenih proizvoda u Bangladešu. Rezultati su pokazali da su intenzivne nekontrolirane aktivnosti raznih industrija i poljoprivrednih praksi dovele do oslobađanja potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u okolišu i uzrokovala kontaminaciju u hrani. Sadržaj Cd u tlu premašio je standardne vrijednosti, što je ukazivalo na onečišćenje tla. Proučavani PTE (Pb, Cd, Cu i Ni), kategorizirani su u jednu skupinu, što implicira da su ovi metali u analiziranim tlima prvenstveno uvjetovani u antropogenim aktivnostima, kao što su navodnjavanje kontaminiranom vodom, primjena fosfatnih i organskih gnojiva, insekticida i pesticida, industrijske aktivnosti i emisije iz vozila. Manojlović i sur. (2021) istraživali su potencijalni rizik unosa mikroelemenata i PTE u tlo stajskim gnojem, kompostom, industrijskim organskim otpadom i kanalizacijskim muljem u Srbiji i drugim zemljama. Najviše koncentracije PTE-a dokazane su u kanalizacijskom mulju i stajskom gnoju. Teški metali prisutni su u otpadnom mulju zbog industrijskih otpadnih voda i podložni su ispiranju kroz profil tla što može uzrokovati onečišćenje podzemnih voda. Dugotrajnom primjenom stajskog gnoja očekuju se onečišćenja tla sa Zn, Cu, Cd i As.

## 3. Materijal i metode

### 3.1 Područje istraživanja

Istraživanje je provedeno na OPG-u Svilić, u naselju Orubica, smještenom u Brodsko-posavskoj županiji, slika 3.1.1.



Slika 3.1.1 Lokacija provedenog istraživanja, Orubica  
(Izvor: Google Earth, 2024.)

Klimatski uvjeti istraživanog područja odnose se na meteorološku postaju Slavonski Brod (klimatološko razdoblje 1971.-2000.). Prosječna godišnja temperatura zraka iznosi  $10,7^{\circ}$  C, stoga se klima opisuje kao umjereno topla kišna, a prosjek godišnjih oborina iznosi 748,1 mm. Prosječna godišnja evapotranspiracija (PET) je 659 mm, a prosječna godišnja evapotranspiracija (ET) je 621 mm. ET je manja od PET od lipnja do listopada. Prosječna godišnja vlažnost zraka je 79 %, dok tlak iznosi 1006,7 hPa (Zaninović i sur.,2008).

Prema Bognaru (1999) područje istraživanja pripada mezogeomorfološkoj regiji, odnosno reljefnoj jedinici velikih morfoloških cjelina kao što su nizine, gore, otočja itd. U nizinske geomorfološke regije uvrštene su nizine Save, Drave i Dunava koje su obilježene visokim stupnjem homogenosti morfolitogenih čimbenika. Nastanak nizine Save vezan je za akumulacijsko-erozijsko djelovanje Save i njezinih pritoka obzirom na složenost morfostrukturnog razvoja šireg područja kroz koje rijeka Sava protječe.

Prema OPK (M 1: 50 000) list Požega 3 (Kovačević i Pavlić, 1996) na području istraživanja dominiraju aluvijalna karbonatna ilovasta tla. Matični supstrat navedenih tala su pijesci i ilovače, tla su karbonatna i dominantno ilovaste teksture.

#### 3.1.1 Agrotehničke mjere

Obrada oranice započinje u kasnu jesen oranjem do dubine 30 cm, a u rano proljeće provodi se tanjuranje i frezanje ovisno o potrebi kulture. Prije same obrade oranice, čija je površina 0,73 ha, tlu se dodaje kompleksno gnojivo, odnosno provodi se predsjetvena

gnojidba NPK (7-20-30) gnojivom, u količini 200 kg/ha. Nakon što se obavi sjetva, ovisno o kulturi, dodaje se NPK (15-15-15) gnojivo, a prije samog rasta kulture obavlja se zaštita od korova, odnosno primjenjuju se herbicidi.

Na oranici je u travnju 2023. obavljena sjetva kukuruza. U Tablici 3.1.1.1 prikazani su nazivi zaštitnih sredstava i vrste gnojiva s kojom je kultura tretirana. Kultura je tretirana zaštitim sredstvima, a gnojivo je aplicirano u tlo i folijarno. U listopadu 2023. na oranici je obavljena berba kukuruza, a nakon obavljene berbe, oranica je podvrgnuta oranju do dubine od 30 cm. Na dijelu oranice na kojoj je bio posađen kukuruz, nije bila posađena nijedna kultura sve do proljeća 2024 godine.

Tablica 3.1.1.1 Prikaz naziva i količine zaštitnih sredstava i gnojiva za kukuruz tijekom 2023 godine

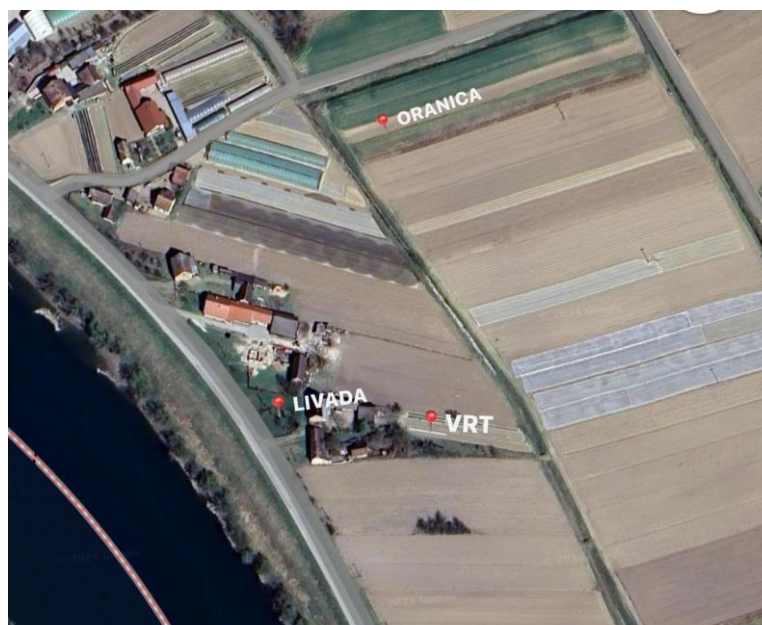
Kultura	Gnojiva i herbicidi	Količina	Vremenski period
kukuruz	NPK (15-15-15)	300 kg/ha	Travanj 2023.
	Adengo (herbicid)	0,44 L/ha	Travanj 2023.
	KAN	250 kg/ha	Svibanj 2023.
	Nikafert (folijarna gnojidba)	40-60 gr na 100 m <sup>2</sup> /15 l vode	Svibanj 2023.

U povrtnjaku površine 0,08 ha, uzgajaju se samo povrtne kulture. U jesen, povrtnjak se, isto kao i oranica obrađuje oranjem do dubine od 30 cm. U ožujku 2023., provedena je predsjetvena gnojidba NPK (7-20-30) gnojivom u količini od 100 kg/ha. Tijekom 2023. godine na površini s koje su uzeti uzorci tla, bile su posađene slijedeće kulture: presadnice paprike, krastavci, mahune, tikvice, grah i špinat. Navedene kulture bile su posađene u ožujku i provedene su hidromelioracijske mjere - natapanje. Nakon nicanja navedenih kultura, provedena je gnojidba NPK (15-15-15) gnojivom u malim količinama (10-15 gr na m<sup>2</sup>/10 l vode). Također se za primjenu folijarne gnojidbe koristi Nikafert, neorgansko složeno kristalno NPK 20:20:20 gnojivo sa mikroelementima B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo u količini 40-60 gr na 100 m<sup>2</sup>/15 l vode i dodaje se svakoj navedenoj kulturi.

## 3.2 Terenski rad

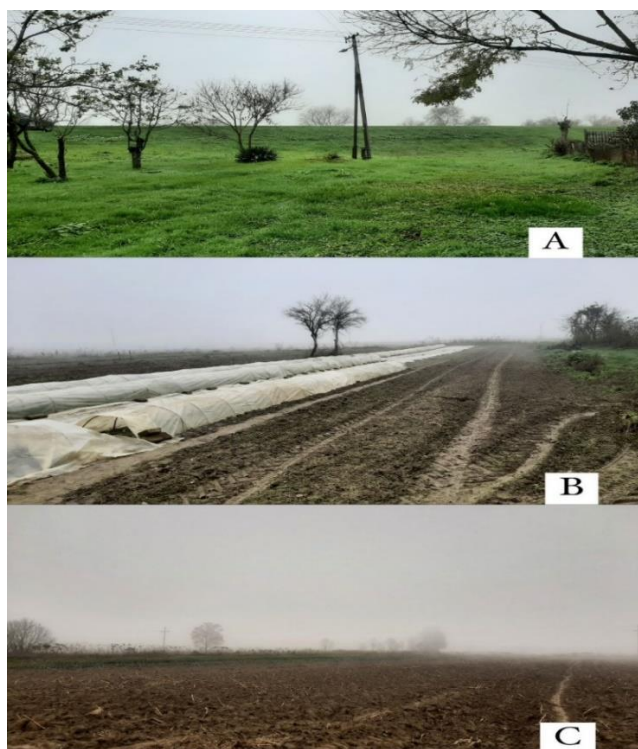
Uzorkovanje tla provedeno je 25.11.2023. u Orubici na OPG-u Svilić, na zemljištu pod tri različita načina korištenja: livada, vrt i oranica, slika 3.2.1.





Slika 3.2.1 Satelitski prikaz lokacija s kojih su prikupljeni uzorci  
(Izvor: Google Earth, 2024.)

Na svakoj lokaciji (slika 3.2.2) štijačom je uzeto 5 prosječnih uzoraka površinskog horizonta tla (0-30 cm). Prosječni uzorci dobiveni su miješanjem 3 pojedinačna uzorka. Uzorci su spremljeni u vrećice koje su bile označene kraticom naziva lokacije i rednim brojem. Ukupno je prikupljeno 15 prosječnih uzoraka tla koji su dostavljeni na Agronomski fakultet na Zavod za pedologiju.



Slika 3.2.2 Lokacije uzorkovanja: A- livada, B-vrt, C-oranica  
(Foto: Lorena Svilić, studeni 2023.)

### 3.3 Laboratorijski rad

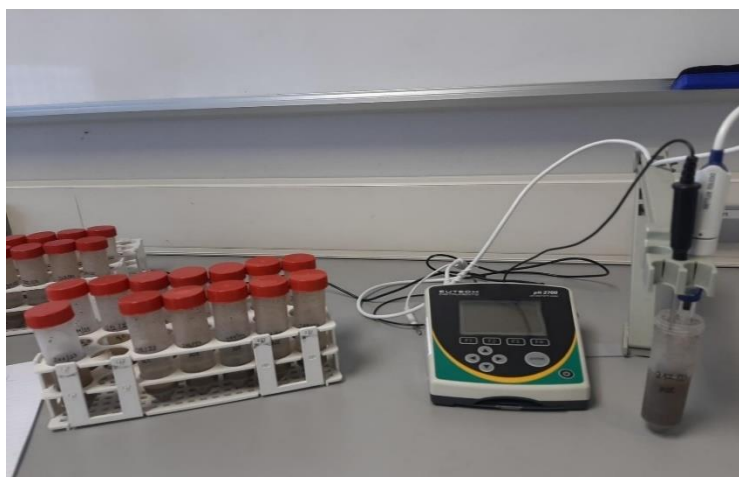
Nakon što su uzorci tla dostavljeni na Agronomski fakultet, stavljeni su na sušenje na zraku sve dok se nisu potpuno osušili. Nakon toga osušeni uzorci samljeveni su u mehaničkom mlinu te prosijani kroz sito promjera 2×2 mm (HRN ISO 11464:2009). Na ovaj način odvojen je skelet tla (> 2 mm), te je dobivena zrakосуha sitnica tla koja se koristila za laboratorijske analize.



Slika 3.3.1 Prosijavanje uzoraka tla kroz sito  
(Foto: Lorena Svilić, veljača 2024.)

Laboratorijske analize uključivale su slijedeća kemijska svojstva uzoraka tla:

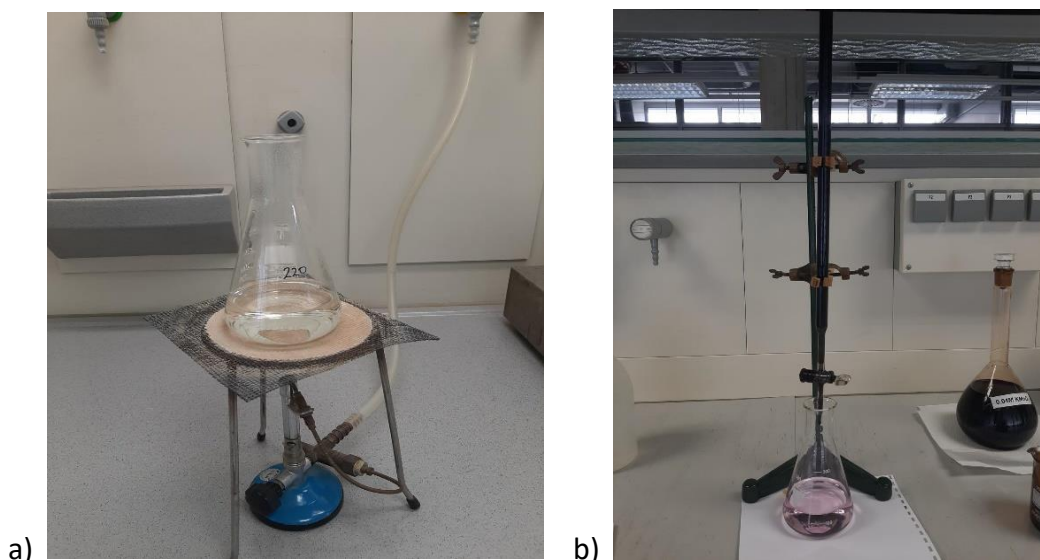
- Reakcija (pH) otopine tla u 1 mol/L kalijevom kloridu (KCl) i u destiliranoj vodi u omjeru (v/v) zrakосуha sitnica : H<sub>2</sub>O (KCl), 1:5 pomoću pH- metra (HRN ISO 10390:2005). (Slika 3.3.2)



Slika 3.3.2 Postupak određivanja reakcije tla pH metrom  
(Foto: Lorena Svilić, veljača 2024.)

- Sadržaj karbonata u tlu - volumetrijskom metodom (modifikacija HRN ISO 10693:2014) pomoću Scheibler-ovog kalcimetra.

- Fiziološki aktivno vapno određeno je dodavanjem 0,1 M amonijevog oksalata, mućkanjem, filtriranjem filtrata, dodavanjem koncentrirane sulfatne kiseline ( $H_2SO_4$ ) u filtrat, kuhanjem uzorka do vrenja (a) i provođenjem vruće titracije kalijevim permanganatom (0,04 M  $KMnO_4$ ) do pojave ružičaste boje (b) (metoda po Galetu JDPZ, 1966). (Slika 3.3.3 a i b)



Slika 3.3.3 Sadržaj tikvice se zagrijava na plameniku do vrenja (a) i vruće se titrira kalijevim permanganatom do pojave trajno ružičaste boje (b)

(Foto: Lorena Svilić, veljača 2024.)

- Količina humusa u tlu određena je dodatkom kalijevog bikromata ( $K_2Cr_2O_7$ ) i kuhanjem uzorka te hlađenjem i titriranjem otopinom 0,1 mol/L Mohrovom soli (Metoda po Tjurinu JDPZ, 1966).
- Karakter humusa određen je prelijevanjem tla s 2%-tnom otopinom amonijevog hidroksida ( $NH_4OH$ ), u omjeru tlo :  $NH_4OH$ , 1 : 3 te interpretiran prema boji filtrata (Škorić, 1982).
- Fiziološki aktivna hraniva, kalij u obliku  $K_2O$  i fosfor u obliku  $P_2O_5$  određeni su AL-metodom (JDPZ, 1966). Koncentracija fiziološki aktivnog fosfora očitana je spektrofotometrijski (UV-1700, Shimadzu), pri čemu se mjerio intenzitet razvijene plave boje P-kompleksa na valnoj duljini od  $\lambda = 620$  nm. Koncentracija fiziološki aktivnog kalija izračunata je na temelju vrijednosti dobivenih izravno iz ekstrakta tla mjerenjem emisije elektromagnetskog zračenja na plamenom fotometru.
- Ukupni sadržaj bakra, cinka, arsena i olova određen je prijenosnom rendgenskom fluorescencijom (pXRF).

Fizikalne i kemijske analize u uzorcima tla s odabраниh lokacija provedene su u Zavodu za pedologiju, a analiza koncentracija PTE u Zavodu za opću proizvodnju bilja.

### **3.4 Statistička obrada podataka**

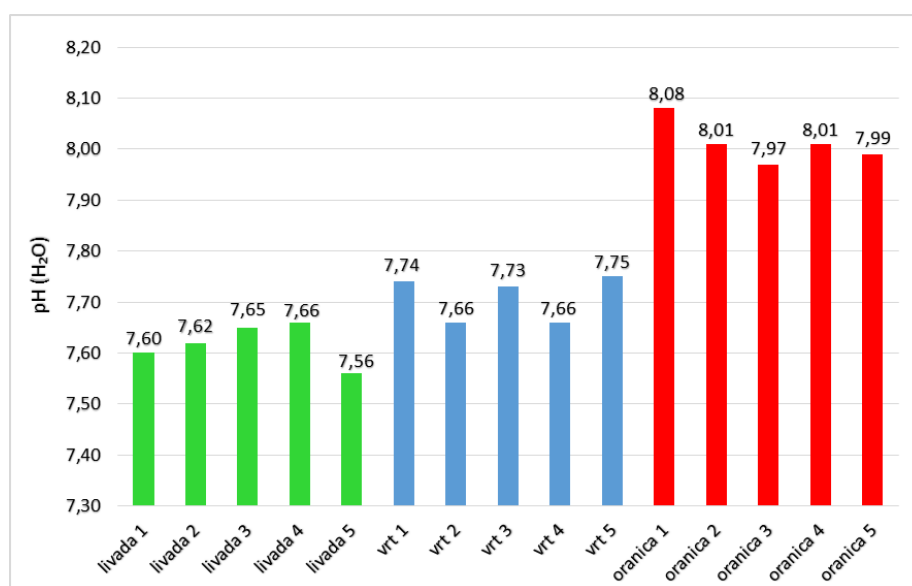
Statistička obrada podataka provedena je jednosmjernom analizom varijance (ANOVA). U slučaju postojanja statistički opravdanih razlika između grupa uzoraka proveden je post-hoc test da bi se utvrdilo koja se grupa točno razlikuje od koje, uz 95 %-tnu vjerojatnost u zaključivanju. Obje analize provedene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

## 4. Rezultati istraživanja i rasprava

### 4.1 Reakcija tla

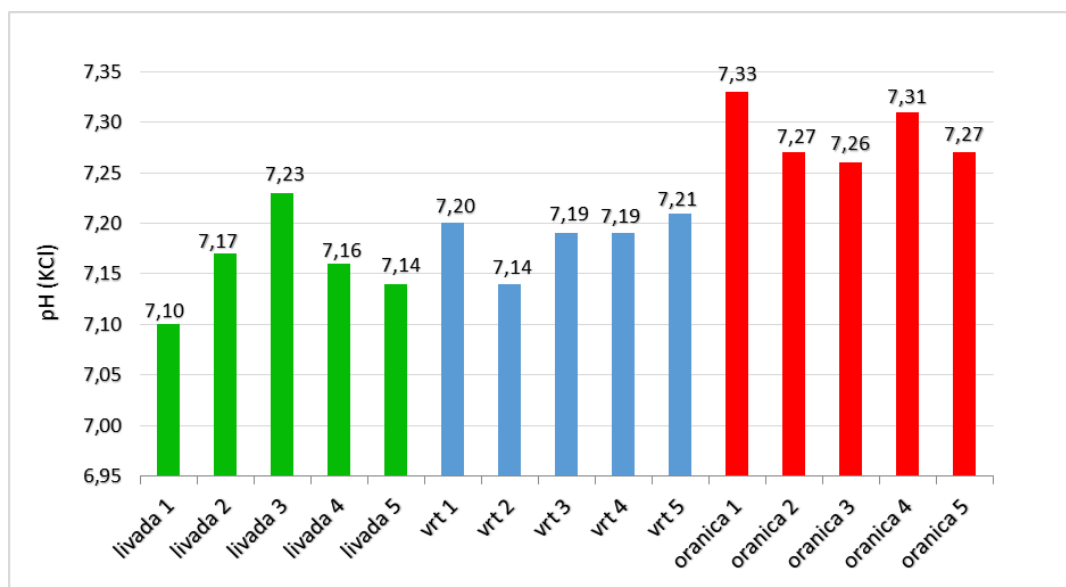
Reakcija tla ili pH je negativan logaritam množinske koncentracije vodikovih iona u otopini tla. Pokazatelj je niza važnih agrokemijskih (fizikalnih, kemijskih i bioloških) svojstava tla važnih za rast i razvitak biljaka, te visinu i kakvoću prinosa (Vukadinović i Vukadinović, 2016). Jedan je od vrlo važnih čimbenika jer značajno utječe na primanje svih hraniva, a varira od kiselog do alkalnog (Herak Ćustić i sur., 2005). Tla mogu biti kisela, neutralna ili alkalna (bazična), ovisno o njihovim pH vrijednostima na skali od 0 do 14. pH vrijednost 7 je neutralna, manja od 7 je kisela, a veća od 7 je alkalna (McCauley i sur., 2009). Optimalan pH za većinu hraniva i usjeva je neutralna reakcija, odnosno pH od 6 do 7, a mjeri se kako bi se procijenio nedostatak hranjivih tvari, prikladnost usjeva i potrebe za promjenom pH (McCauley i sur., 2009). Glavni čimbenik koji utječe na pH vrijednost tla je sadržaj soli u otopini tla (Thomas, 1996). Kisela tla (pH manji od 5,5) široko su rasprostranjena na području Hrvatske i predstavljaju velik problem u poljoprivrednoj proizvodnji (Kovačević i sur. 1993). Suvišna kiselost tla jedan je od glavnih limitirajućih čimbenika visine i kvalitete prinosa u biljnoj proizvodnji. Izravni razlozi smanjene plodnosti tla su štetna toksičnost kiselih kationa, nedostatak kalcija i magnezija, te kemijska fiksacija fosfora (Karalić i sur. 2013). Kao mjera podizanja pH tla i postizanja optimalnih pH vrijednosti često se primjenjuje kalcizacija, a sredstva za kalcizaciju vrednujemo prvenstveno na temelju učinkovitosti neutralizacije suviše kiselosti tla (Ivezić i sur., 2017).

Razlikujemo aktualnu i potencijalnu kiselost tla. Prema Lončariću i sur. (2015) aktualna ili trenutna kiselost tla ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) mjeri pH vrijednost vodene faze tla, a supstitucijska kiselost ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) je izmjenjiva jer mjeri pH vrijednost nakon zamjene kationa s adsorpcijskog kompleksa tla (koloidi sekundarnih minerala gline i humusnih tvari). Rezultati aktualne i potencijalne kiselosti tla u ovom istraživanju prikazani su u grafovima 4.1.1 i 4.1.2.



Graf 4.1.1 Aktualna kiselost tla

Vrijednosti  $pH_{(H_2O)}$  na livadi varirale su od 7,56 do 7,66, s prosjekom od 7,62, dok su u vrtu utvrđene nešto više vrijednosti u rasponu 7,66- 7,75, s prosjekom od 7,71. Najuži raspon i najviše  $pH_{(H_2O)}$  vrijednosti zabilježene su na oranici u rasponu od 7,97 do 8,08, sa srednjom vrijednošću od 8,01.



Graf 4.1.2 Potencijalna kiselost tla

Vrijednosti  $pH_{(KCl)}$  na livadi varirale su u uskom rasponu od 7,10 do 7,23, s prosječnom vrijednošću od 7,16, što čini ova tla praktički neutralnim. U vrtu su se  $pH_{(KCl)}$  vrijednosti kretale u još užem rasponu (7,14 - 7,21) sa srednjom vrijednošću od 7,19, što i ova tla svrstava u kategoriju neutralnih. Na oranici je utvrđena alkalna reakcija tla,  $pH_{(KCl)}$  vrijednosti varirale su od 7,26 do 7,33, uz prosjek 7,29.

Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) pokazala je da postoje signifikantne razlike između grupa uzoraka (načina korištenja zemljišta) za pH tla mjereno u vodi i KCl-u ( $F > F_{crit}$ ) uz vjerojatnost pogreške od 5 %, tablica 4.1.1.

Tablica 4.1.1 Sumarna tablica jednosmjerne analize varijance za  $pH_{(H_2O)}$  i  $pH_{(KCl)}$

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	p	F crit
<b>pH (H<sub>2</sub>O)</b>						
Između grupa	0,426253	2	0,213127	120,4105	1,14E-08	3,885294
Unutar grupa	0,02124	12	0,00177			
Ukupno	0,447493	14				
<b>pH (KCl)</b>						
Između grupa	0,045773	2	0,022887	17,60513	0,00027	3,885294
Unutar grupa	0,0156	12	0,0013			
Ukupno	0,061373	14				

Obzirom na navedeno postojanje statistički značajnih razlika proveden je post-hoc test srednjih pH vrijednosti uzoraka različitog načina korištenja zemljišta da bi se utvrdilo koje se grupe uzoraka međusobno statistički značajno razlikuju, tablica 4.1.2.

Tablica 4.1.2 Rezultati post-hoc višestruke usporedbe srednjih vrijednosti pH mjerenih u vodi i KCl-u između grupa uzoraka

pH (H <sub>2</sub> O)			pH (KCl)		
Način korištenja zemljišta (srednja vrijednost)	livada (7,62)	vrt (7,71)	Način korištenja zemljišta (srednja vrijednost)	livada (7,16)	vrt (7,19)
vrt (7,71)	<b>0,09*</b>		vrt (7,19)	0,026	
oranica (8,01)	<b>0,39*</b>	<b>0,30*</b>	oranica (7,29)	<b>0,128*</b>	<b>0,102*</b>

LSD za pH (H<sub>2</sub>O) = 0,07 uz 95 % vjerojatnost; LSD za pH (KCl) = 0,027 uz 95 % vjerojatnost

Za pH tla mjeren u vodi utvrđene su signifikantne razlike između svih načina korištenja zemljišta, uz porast pH(H<sub>2</sub>O) vrijednosti u nizu livada < vrt < oranica. Na oranici je utvrđen signifikantno viši pH(KCl) u odnosu na livadu i vrt. Međutim, tla pod livadom i u vrtu nisu se statistički značajno razlikovala prema pH(KCl). Dobiveni rezultati mogu se povezati s primjenom gnojidbe KAN-om na poljoprivrednim tlima.

Kobierski i Banach-Szott, (2022) utvrdili su slično povećanje pH vrijednosti obradivog fluvisola (pH(KCl) 6,86) u odnosu na izvorno tlo (travnjak) (pH(KCl) 6,67). Kemijska svojstva dugotrajno navodnjavanog fluvisola u Srbiji ukazivala su na blago povećanje prosječne vrijednosti pH(H<sub>2</sub>O) na navodnjavanim površinama (Tolimir i sur., 2021). Mon i sur. (2007) također su utvrdili povećanje pH vrijednosti u navodnjavanim zemljištima Argentine. Suprotno navedenim istraživanjima, dosta autora je dokazalo sniženje pH vrijednosti antropogenizirano tla u usporedbi s izvornim tлом. Todorova i sur. (2012) nakon četrdesetogodišnje gnojidbe na aluvijalno-livadnom tlu (Mollic fluvisol) u Bugarskoj dokazali su sniženje pH vrijednosti. Reakcija tla u vodi u kontrolnom tlu iznosila je 7,50, dok su pH vrijednosti tala tretiranih gnojivima varirale od 7,10 i 7,40, ovisno o vrsti i dozi primijenjenih gnojiva. Blago zakiseljavanje tla objašnjeno je upotrebom fiziološki kiselih gnojiva, kao i u istraživanjima Tkaczyka i sur. (2020) i Rastije i sur. (2009). Tkaczyka i sur. (2020) nakon trogodišnje primjene velikih količina NPK gnojiva na luvisolu u Poljskoj, primjetili su snižavanje pH vrijednosti s 4,5 na 4,1. Istu činjenicu kao i prethodni autori, dokazali su i Rastija i sur. (2009). Navedeni autori utvrdili su smanjenje pH vrijednosti na lesiviranim tlima Donjeg Miholjca i Zelčine. Promatrajući tretmane koji su uključivali kalcizaciju vidljiv je trend povećanja kiselosti tla kako se povećavaju doze primijenjenih mineralnih gnojiva. pH vrijednost kalciziranog tla na lokaciji D. Miholjac iznosila je 4,89, a primjenom NPK gnojiva snizila se na 4,01. Na lokaciji Zelčin pH kalciziranog



tla iznosio je 5,12, a snizio se na 4,17 nakon primjene NPK gnojiva. Upotreba NPK mineralnog gnojiva snižava pH tla, odnosno čini tlo kiselim. Snižavanje pH vrijednosti nakon gnojidbe dušičnim gnojivima dokazali su Glab i Gondek (2014).

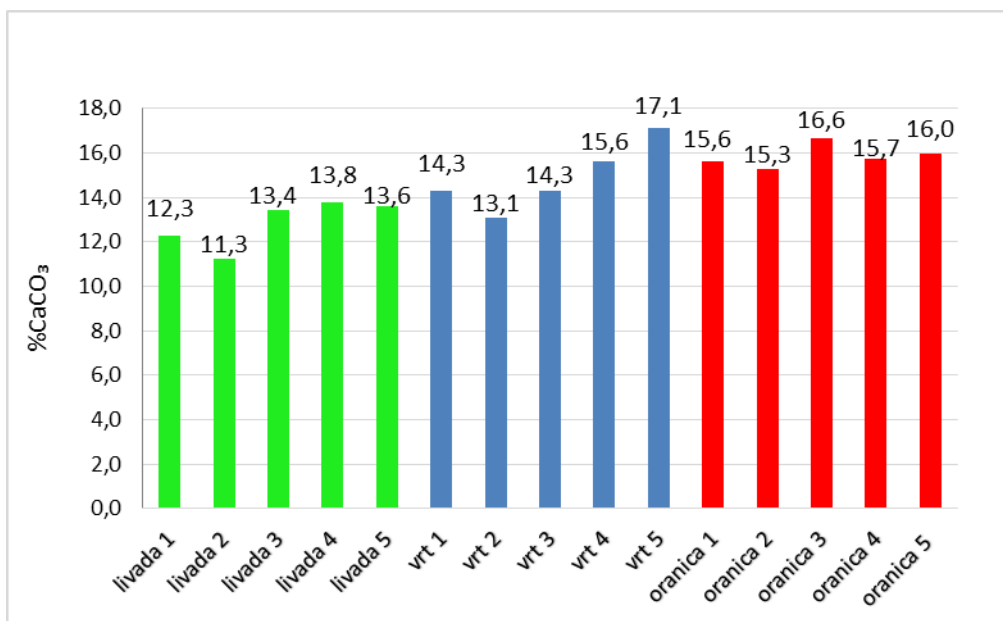
## 4.2 Ukupni karbonati

Karbonati su soli ugljične kiseline i prisutni su u brojnim tlima. Karbonati u tlu porijeklom su iz minerala kalcija i magnezija (kalcit  $\text{CaCO}_3$  i dolomit  $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ ), a u halomorfnim tlima javljaju se i karbonati natrija ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (Čoga i Slunjski, 2018). Njihovim trošenjem oslobađaju se kalcij i magnezij koji su važna hraniva u biljnoj ishrani, ali negativna strana ovih tala povezana je s visokom vrijednošću rekacije tla što dovodi do poremećaja u primanju nekih hraniva (Čoga i sur., 2009). Karbonatna tla najčešće se javljaju u aridnim i semiaridnim klimatskim uvjetima, bogata su kalcijevim karbonatom ( $\text{CaCO}_3$ ) u površinskom sloju, pH im je između 7,5 i 8,5 zbog pufernog djelovanja hidrogenkarbonata (Vukadinović i Vukadinović, 2011). U karbonatnim tlima nerijetko se javljaju problemi s dostupnošću nekih drugih makrohranjiva, poput fosfora, ali i raznih mikrohranjiva, poput cinka, željeza i bakra (Zamanian i sur., 2016). Ukupni karbonati u tlu smanjuju kiselost tla, odnosno utječu na pH vrijednost tla i strukturu tla, te su izvor kalcija i magnezija. Također, oni utječu na fizikalne, kemijske i biološke značajke tla, a time i na njegovu sveukupnu plodnost (Rubinić i sur., 2023), stoga je poznavanje količine karbonata u tlu od velike važnosti. Prisutnost karbonata je, uz intenzitet vlaženja podzemnom vodom, kriterij za izdvajanje podtipova fluvijalnog tla, Husnjak (2014). U karbonatni podtip svrstavaju se tla koja sadrže karbonate u zoni od 30 cm dubine, a u nekarbonatni podtip svrstavaju se tla koja ne sadrže karbonate.

Kvalitativno određivanje karbonata u tlu jedna je od osnovnih metoda koja se provodi u terenskim istraživanjima kako bi se na licu mjesta utvrdila karbonatnost tla. Procjenjivanje karbonatnosti moguće je temeljem bilježenja samog intenziteta reakcije tla (šum i/ili pjena) na dodavanje 10 % HCl. Osim kvalitativnog određivanja, udio karbonata u tlu može se odrediti i kvantitativno. Kvantitativno određivanje najčešće se provodi volumetrijski pomoću Scheiblerovog kalcimetra (Sever i Bensa, 2009).

Sadržaj ukupnih karbonata u analiziranim tlima livade, vrta i oranice prikazan je na grafu 4.2.1. Najviši sadržaj karbonata zabilježen je na oranici, gdje je varirao od 15,3 % do 16,6 % i u prosjeku iznosio 15,9 %. U vrtu su utvrđene nešto niže vrijednosti (13,1- 17,1 %), uz prosjek od 14,9%. Najniži sadržaj karbonata utvrđen je u tlu na livadi, a vrijednosti su varirale od 11,3 % do 13,8 % s prosjekom od 12,9 %. Prema Škoriću, (1986) i Pravilniku o metodologiji za praćenje poljoprivrednog zemljišta NN 47/19 temeljem rezultata možemo zaključiti da je tlo na livadi, oranici i u vrtu srednje karbonatno ( $\text{CaCO}_3$  (%) 10-30).





Graf 4.2.1 Ukupni sadržaj karbonata u tlu

Između analiziranih načina korištenja tla utvrđene su signifikantne razlike u sadržaju karbonata u tlu, tablica 4.2.1., te je proveden post-hoc t-test, tablica 4.2.2

Tablica 4.2.1 Sumarna tablica jednosmjerne analize varijance za CaCO<sub>3</sub>

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	p	F crit
Između grupa	22,93084	2	11,46542	9,074261	0,003976	3,885294
Unutar grupa	15,16212	12	1,26351			
Ukupno	38,09296	14				

Tablica 4.2.2 Rezultati post-hoc višestruke usporedbe srednjih vrijednosti CaCO<sub>3</sub> između grupa uzoraka tla

Način korištenja zemljišta (srednja vrijednost)	livada (12,9)	vrt (14,9)
vrt (14,9)	<b>2,0*</b>	
oranica (15,9)	<b>3,0*</b>	1,0

LSD = 1,6 uz 95% vjerojatnost

U tlu vrta i oranice utvrđen je signifikantno viši sadržaj karbonata u odnosu na livadu, a vrt i oranica se međusobno nisu statistički značajno razlikovali prema sadržaju CaCO<sub>3</sub>. Iako

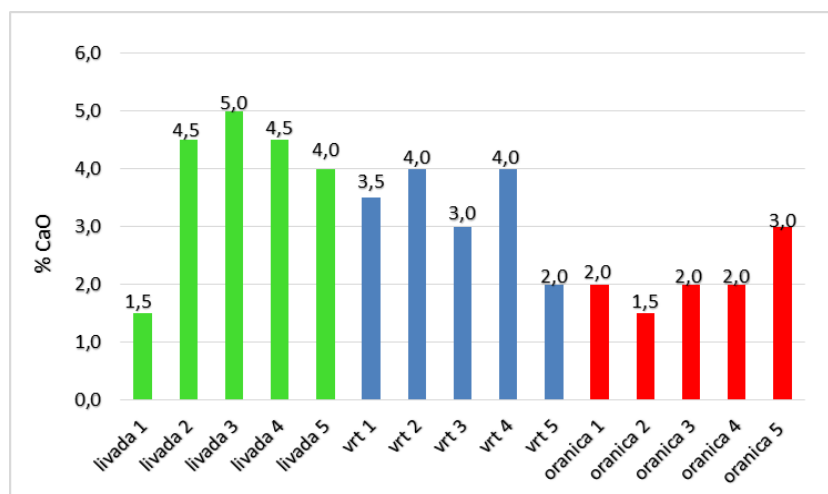
su utvrđene statistički opravdane razlike u karbonatnosti analiziranih tala, one su vrlo male (Tablica 4.2.2), te ne utječu na proizvodnu sposobnost tala.

Većina (> 95%) fluvisola u RH su karbonatni (Husnjak, 2014), ali im sadržaj karbonata varira, često i unutar profila tla. Zebec i sur. (2017) su u fluvisolu na području istočne Hrvatske utvrdili niži sadržaj ukupnih karbonata (3,32 %) u odnosu na ovo istraživanje, odnosno slabu karbonatnost ispitivanih fluvisola. Riehel i sur. (2010) i Šimansky i sur. (2014) u svojim istraživanjima fluvisola, utvrdili su sadržaj karbonata u sličan kao i u ovom radu. Sadržaj karbonata u istraživanju Riehela i sur. (2010) na području rijeke Rajne u Njemačkoj, iznosio je 17,2 %. Na području Slovačke u Mollic fluvisolu, sadržaj karbonata iznosio je 11,4 % (Šimansky i sur., 2014).

### 4.3 Fiziološki aktivno vapno

Utvrđivanje količine fiziološki aktivnog vapna (CaO) u karbonatnom tlu od iznimne je važnosti jer o ovom podatku ovisi izbor kultura i podloge, a time i uspješnost biljne proizvodnje na analiziranom tlu (Čoga i Slunjski, 2018). Određuje se ukoliko je sadržaj ukupnih karbonata veći od 10 %. Na karbonatnim tlima redovito se javljaju poremećaji u ishrani bilja, a manifestiraju se u vidu različitih tipova kloroza i usporenog rasta biljaka. Uzrok je slaba raspoloživost, najčešće teških metala kao i izravna toksičnost hidrogenkarbonatnog aniona ( $\text{HCO}_3^-$ ) (Vukadinović i Vukadinović, 2011).

Sadržaj fiziološki aktivnog vapna u analiziranim tlima različitog načina korištenja, prikazan je na grafu 4.3.1. Najviši sadržaj fiziološki aktivnog vapna zabilježen je na livadi gdje je varirao u rasponu 1,5 – 5,0 % i u prosjeku iznosio 3,9 %. U vrtu je utvrđeno manje variranje (2,0–4,0 %), uz prosječnu vrijednost 3,3 %. Najmanji postotak fiziološki aktivnog vapna utvrđen je u tlu na oranici, a vrijednosti su varirale u rasponu od 1,5 do 3,0 % s prosjekom od 2,1 %. Prema Pravilniku o metodologiji za praćenje poljoprivrednog zemljišta (NN 47/19) temeljem rezultata možemo zaključiti da tlo na oranici sadrži nisku količinu fiziološki aktivnog vapna (< 3 %), a tlo na livadi i u vrtu umjerenu (3,1 –8,0 %).



Graf 4.3.1 Sadržaj fiziološki aktivnog vapna

Jednosmjerna analiza varijance pokazala je da postoje signifikantne razlike između analiziranih načina korištenja tla u sadržaju fiziološki aktivnog vapna u tlu, tablica 4.3.1.

Tablica 4.3.1 Sumarna tablica jednosmjerne analize varijance za CaO

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	p	F crit
Između grupa	8,4	2	4,2	4,307692	0,038899	3,885294
Unutar grupa	11,7	12	0,975			
Ukupno	20,1	14				

Obzirom na navedeno postojanje statistički značajnih razlika proveden je post-hoc test srednjih vrijednosti uzoraka fiziološki aktivnog vapna različitog načina korištenja zemljišta da bi se utvrdilo koje se grupe uzoraka međusobno statistički značajno razlikuju, tablica 4.3.2. U tlu livade utvrđen je signifikantno viši sadržaj CaO (3,9 %) u odnosu na tlo oranice (2,1 %), dok u odnosu na vrt (3,3 %) nisu utvrđene signifikantne razlike. Tla vrta i oranice nisu se međusobno statistički značajno razlikovala u sadržaju CaO.

Tablica 4.3.2 Rezultati post-hoc višestruke usporedbe srednjih vrijednosti CaO između grupa uzoraka

Način korištenja zemljišta (srednja vrijednost)	livada (3,9)	vrt (3,3)
vrt (3,3)	0,6	
oranica (2,1)	<b>1,8*</b>	1,2

LSD = 1,36 uz 95% vjerojatnost

Zanimljivo je da iako je na oranici utvrđen najviši sadržaj ukupnih karbonata (graf 4.2.1 i tablica 4.2.2.) sadržaj fiziološki aktivnog vapna je najniži (graf 4.3.1. i tablica 4.3.2.) Iako je poznata pozitivna korelacija između sadržaja ukupnih karbonata i fiziološki aktivnog vapna, na taj odnos djeluju brojni čimbenici. Tako su Miloš i Bensa (2012) u Rigosolima na otoku Rabu utvrdili visok sadržaj ukupnih karbonata (33,2-87,6 %), a nizak sadržaj CaO (1,78-4,67 %). To su pripisali lakšem teksturnom sastavu, odnosno maloj aktivnoj površini čestica tla. Utjecaj teksture na udio fiziološki aktivnog vapna u ukupnim karbonatima u tlu potvrdila je i Ercegović (2015). Autorica je na 15 uzoraka antropogenih tala na flišu različite teksture utvrdila da ne postoji korelacija između sadržaja CaCO<sub>3</sub> i CaO, ali kada je grupirala tla slične teksture, na glinastim tlima utvrdila je postojanje jake pozitivne korelacijske veze. Jaku pozitivnu korelaciju između sadržaja CaCO<sub>3</sub> i CaO u antropogenim tlima utvrdio je i Hodko (2011) u vinogradarskim

tlima na Plešivici sličnog teksturnog sastava. Iako u ovom istraživanju nije određena tekstura tla može se pretpostaviti da postoje razlike u teksturnom sastavu što je moglo utjecati na odnos  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaO}$  u analiziranim uzorcima tla.

Kadifeci i sur. (2024) istraživali su učinke aktivnog vapna na dostupnost mikroelemenata na blago alkalnim tlima na području Turske i utvrdili promjenjivi sadržaj aktivnog vapna u rasponu od 3,91 % do 27,5 %. Nadalje, utvrđeno je da se s povećanjem ukupnih karbonata proporcionalno smanjuje sadržaj aktivnog vapna. Ista ta činjenica dokazana je i u ovom radu. Najveći prosječni sadržaj fiziološki aktivnog vapna u ovom istraživanju zabilježen je na livadi, (3,9 %; Tablica 4.3.2,) gdje je utvrđen i najniži prosječni sadržaj ukupnih karbonata (12,9 %; Tablica 4.2.2). Udio aktivnog vapna u ukupnim karbonatima iznosi 30,2 %. Istovremeno, u tlu na oranici utvrđeno je 1,8 %  $\text{CaO}$  (tablica 4.3.2) i 15,9 %  $\text{CaCO}_3$  (tablica 4.2.2), pri čemu udio fiziološki aktivnog vapna u ukupnim karbonatima iznosi znatno manjih 11,3 %. Razlog obrnute proporcionalnosti sadržaja ukupnih karbonata i aktivnog vapna, Kadifeci i sur. (2024) objasnili su prelaskom kalcija s izmjenjivih površina u otopinu kada je sadržaj ukupnih karbonata nizak.

## **4.4 Humus**

Organska tvar u tlu podrijetlom je od ostataka živih organizama koji su više ili manje razloženi i zatim najvećim dijelom iznova grade organske spojeve tla (Vukadinović i Vukadinović, 2011). Premda je količina organske tvari u tlu zanemariva u usporedbi s mineralnim dijelom, njena uloga u procesu nastanka tla te rasta i razvoja biljaka je nezamjenjiva (Zdrull i sur., 2004). Prisutnost organske tvari utječe na čitav niz vrlo značajnih fizikalnih i kemijskih svojstava tla kao što su struktura, kapacitet tla za vodu, sorpcija iona i koncentracija biogenih elemenata (Čoga i Slunjski, 2018). Humus utječe na brojna svojstva tla od kojih je najvažnije svojstvo stvaranje stabilnih strukturnih agregata, a time i povoljnih vodozračnih odnosa, što se održava na dinamiku vode topline i zraka, zbog čega se humus s pravom naziva zemljišnim autoregulatorom plodnosti tla (Škorić, 1986). Prema Vukadinoviću i Vukadinoviću, (2011) humus znatno povećava kapacitet tla za adsorpciju iona i preko toga poboljšava njegova puferna svojstva uz sprječavanje ispiranja hraniva (zadržavanje hraniva u zoni korijena i sorpcija pesticida).

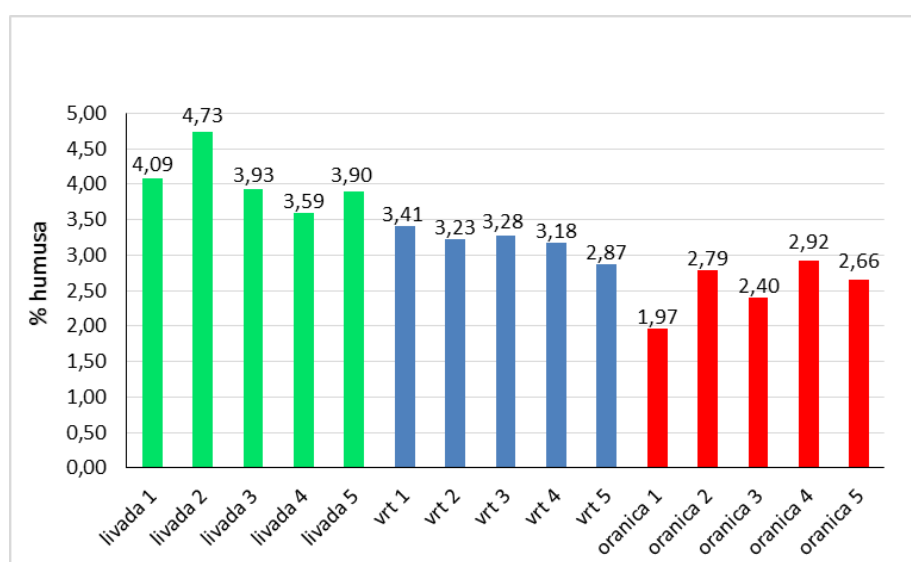
### **4.4.1 Količina humusa**

Sadržaj humusa je važan pokazatelj plodnosti tla i njegove stabilnosti kao komponente biosfere. Skup procesa koji uvjetuju nakupljanje humusa u tlu obuhvaćen je u pojmu humizacije (Gračanin, 1950) koja se smatra jednim od elementarnih procesa tvorbe tla. Uključivanjem tla u intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju neizbježno se intenziviraju procesi

razgradnje, te na taj način smanjuje se sadržaj organske tvari u poljoprivrednim tlima. Brzina kojom opada sadržaj organske tvari ovisi prvenstveno o sustavu gospodarenja i korištenja nekog tla (Čoga i Slunjski, 2018).

Rezultati analize sadržaja humusa u fluvisolima pod različitim načinima korištenja zemljišta prikazani su na grafu 4.4.1.1. Uočena je veća količina humusa u prirodnom tlu (livada), nego u antropogeneziranom, odnosno u vrtu i na oranici. Na livadi je količina humusa u tlu varirala od 3,59 do 4,73 % i u prosjeku je iznosila 4,05 %. U tlu vrta količina humusa se kretala od 2,87 do 3,41%, a prosječno je iznosila 3,19%. Najmanje količine humusa utvrđene su na oranici, a vrijednosti u tlu su se kretale u rasponu od 1,97 % do 2,92 % s prosjekom od 2,58 %.

Prema prosječnom sadržaju humusa, tlo na livadi (4,05 %) i u vrtu (3,19 %) je dosta humozno (3-5 % humusa). Tlo oranice prema prosječnom sadržaju humusa (2,58 %), opisuje se kao slabo humozno (1- 3 % humusa).



Graf 4.4.1.1 Sadržaj humusa u tlu

Jednosmjernom analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju humusa između istraživanih varijanti različitih načina korištenja tla, tablica 4.4.1.1.

Tablica 4.4.1.1 Sumarna analiza jednosmjerne analize varijance za sadržaj humusa

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	p	F crit
Između grupa	5,407853	2	2,703927	20,91312	0,000123	3,885294
Unutar grupa	1,55152	12	0,129293			
Ukupno	6,959373	14				

Rezultati post-hoc testa upućuju na signifikantno viši sadržaj humusa u tlu pod prirodnom vegetacijom (livada) 4,05 % u odnosu na tla korištena u poljoprivrednoj proizvodnji kod kojih se humus kretao od 2,58 % (oranica) do 3,19 % (vrt), tablica 4.4.1.2. Između tla pod oraničnom i povrtlarskom proizvodnjom nisu utvrđene statistički opravdane razlike u sadržaju humusa, tablica 4.4.1.2.

Tablica 4.4.1.2 Rezultati post- hoc višestruke usporedbe srednjih vrijednosti humusa između grupa uzoraka

Način korištenja zemljišta (srednja vrijednost)	livada (4,05)	vrt (3,19)
vrt (3,19)	<b>0,86*</b>	
oranica (2,58)	<b>1,47*</b>	0,61

LSD = 0,63 uz 95% vjerojatnost

Mnogi znanstvenici dokazali su kako se količina humusa prenamjenom tla iz prirodnog u poljoprivredno smanjuje (Gonet i sur., 2008; Oktaba i sur., 2018; Kroyan i sur., 2024). Kroyan i sur. (2024) uočili su da se dugotrajnim primjenama agrotehničkih zahvata, sadržaj humusa u obradivom sloju černozema smanjio s 9,9 % na 5,6 %. Također, istraživanje je pokazalo da se smanjenjem sadržaja humusa smanjuje i količina huminskih kiselina (HA). Špoljar i sur. (2010) utvrdili su signifikantno niže vrijednosti sadržaja humusa u luvisolu kod intenzivnije obrade tla u odnosu na reduciranu obradu tla. Bensa i sur. (2011) dokazali su niži sadržaj humusa u antropogeniziranom pseudogleju (2,52-3,08 %) u odnosu na šumsko tlo u kojem se sadržaj humusa kretao u rasponu od 3,10 do 3,52 %. Tolimir i sur. (2021), u svojim rezultatima istraživanja dokazali su smanjeni udio humusa (2,00–4,75 %), na dugotrajno navodnjavanom fluvisolu u Srbiji i zaključili da obrada tla i višegodišnje navodnjavanje imaju negativan utjecaj na sadržaj humusa. Mogući razlozi manje količine humusa u antropogeniziranim uzorcima tla (vrt i oranica) u odnosu na izvorno (livada) u ovom istraživanju su obrada tla koja potiče mineralizaciju organske tvari, iznošenje organske tvari s površine prinosom, kao i izostanak organske gnojidbe za nadomještanje iste.

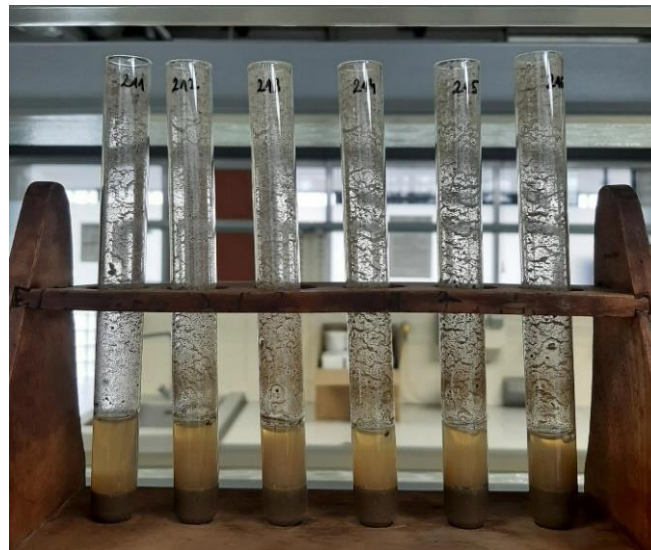
#### 4.4.2 Karakter humusa

Humus predstavlja složeni kompleks organskih spojeva u kojima bitan i specifičan dio čine humusne kiseline koje ulaze u odnose s mineralnim dijelom tla i tvore s njim složene organsko mineralne komplekse (Čoga i Slunjski, 2018). Osnovne grupe humusnih tvari su huminske i fulvo kiseline te humini. Huminske kiseline predstavljaju grupu humusnih tvari koje nisu topljive u vodenim otopinama pri niskim pH vrijednostima, nego se otapaju pri višim pH

vrijednostima i čine glavnu komponentu organske tvari. Boja im je tamno smeđa do crna. Fulvo kiseline čine skupinu humusnih tvari koje se otapaju u vodenim otopinama pri svim pH vrijednostima. Svjetlije su boje od humusnih kiselina i ona varira od svijetlo žute do žućkasto smeđe. Humin je netopljivi dio organske tvari i on zaostaje kao talog tijekom ekstrakcije i crne je boje (Sever i Bensa, 2009). Veći sadržaj huminskih kiselina u odnosu na fulvo kiseline, te veći sadržaj huminskih i fulvo kiselina u odnosu na huminski ostatak predstavlja povoljnije stanje kakvoće humusa i veću dubinu humifikacije organske tvari u tlu (Škorić, 1991).

Brojne su metode analize kvalitete humusa, od klasičnih kemijskih analitičkih metoda koje uključuju različite ekstrakcije, pročišćavanja i frakcioniranja do nedestruktivnih spektroskopskih metoda poput UV-Vis, SFS, FTIR, 13C-NMR (Bensa i sur., 2024a). Navedene metode su zahtjevne, skupe i dugotrajne, te se u praksi češće koriste brže i jednostavnije koje pružaju uvid u svojstva humusa. Jedna od njih je i određivanje karaktera humusa (JDPZ, 1966).

Rezultati analize karaktera humusa (tablica 4.4.2.1. i slika 4.4.2.1) pokazuju da je u tlu pod svim načinima korištenja prisutan slabo kiseli humus. To upućuje da u humusu ne dominiraju slobodne funkcionalne skupine (COOH i OH) kao kod kiselog humusa, ali su ipak prisutne u manjoj mjeri. Ujednačenost karaktera humusa između svih načina korištenja zemljišta upućuje na nepostojanje razlika u kvaliteti humusa, iako su dokazane statistički značajne razlike u količini humusa (tablica 4.4.1.2). Međutim, treba istaknuti ograničenja ove metode, poput subjektivnosti analitičara pri procjeni boje, kao i „grube“ kategorije karaktera humusa bez postupnih prijelaza koji bi omogućili prikaz detaljnije gradacije rezultata.



Slika 4.4.2.1 Određivanje karaktera humusa  
(Foto: Lorena Svilić, 2024.)

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

Način korištenja	Karakter humusa
Livada 1	Slabo kiseli
Livada 2	Slabo kiseli
Livada 3	Slabo kiseli
Livada 4	Slabo kiseli
Livada 5	Slabo kiseli
Vrt 1	Slabo kiseli
Vrt 2	Slabo kiseli
Vrt 3	Slabo kiseli
Vrt 4	Slabo kiseli
Vrt 5	Slabo kiseli
Oranica 1	Slabo kiseli
Oranica 2	Slabo kiseli
Oranica 3	Slabo kiseli
Oranica 4	Slabo kiseli
Oranica 5	Slabo kiseli

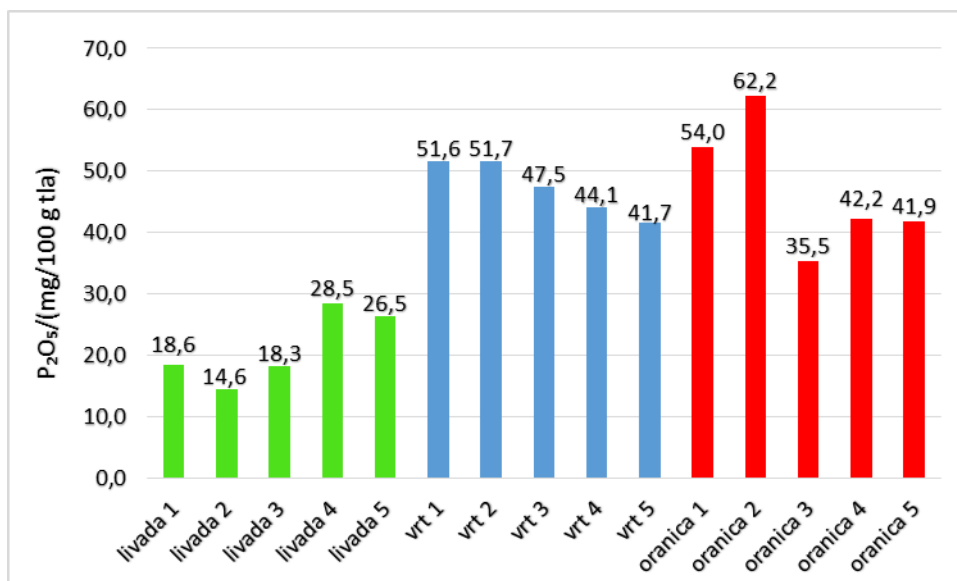
#### 4.5 Fiziološki aktivan fosfor ( $P_2O_5$ )

Fosfor u tlu potječe iz procesa razgradnje matičnih stijena, najviše apatita. Njegov sadržaj u tlu vrlo je promjenjiv (0,02-0,15 %) jer ulazi u sastav velikog broja različito topljivih minerala, ali se nalazi i vezan u organskoj tvari tla. Većina poljoprivrednih tala sadrži između 40 i 80 % anorganski vezanoga i 20-60 % organski vezanoga fosfora (Pavlović Mutavdžić, 2010).

U anorganskom obliku fosfor se nalazi u raznim mineralima, vezan na adsorpcijskom kompleksu te u vrlo malim koncentracijama u otopini tla. Najvažniji minerali koji sadrže fosfor su kalcijevi, aluminijevi i željezovi fosfati. Biljke usvajaju fosfor isključivo u anionskom obliku i to kao  $H_2PO_4^-$  i  $HPO_4^{2-}$ , a najvažniji faktor koji utječe na njegovu pristupačnost je reakcija tla i zasićenost adsorpcijskog kompleksa bazama (Čoga i Slunjski, 2018). Fosfor je sastavni dio nukleotida, nukleinskih kiselina, enzima i drugih važnih organskih spojeva u biljci (Mesić i sur., 2014). Nedostatak fosfora očituje se slabijim rastom biljke, tamnozelenim listovima uz crvenkastu nijansu, dok veće količine fosfora ubrzavaju metabolizam i dovode do skraćivanja vegetacije, prijevremenog cvjetanja i starenja biljaka (Vukadinović i Vukadinović, 2011).

Najniže koncentracije fiziološki aktivnog fosfora utvrđene su u tlu na livadi, u rasponu od 14,6 do 28,5 mg  $P_2O_5/100$  g tla što je u prosjeku iznosilo 21,3 mg  $P_2O_5/100$  g tla. Srednje vrijednosti fiziološki aktivnog fosfora tala oranice (47,2 mg  $P_2O_5/100$  g tla) i vrta (47,3 mg  $P_2O_5/100$  g tla) bile su vrlo slične. U tlu vrta koncentracije  $P_2O_5$  varirale su u relativno uskom rasponu (41,7- 51,7 mg  $P_2O_5/100$  g tla), dok je u tlu oranice utvrđeno veće variranje ( 35,5 - 62,2 mg  $P_2O_5/100$  g tla), graf 4.5.1. Prema Pravilniku o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta (NN 47/19), promatrajući srednje vrijednosti tlo livade je bogato opskrbljeno fosforom, dok su tla vrta i oranice vrlo bogato opskrbljena fosforom (>30 mg  $P_2O_5/100$  g tla).





Graf 4.5.1 Koncentracije fiziološki aktivnog fosfora u uzorcima tla

Statistička obrada podataka pokazala je da postoje signifikantne razlike u koncentracijama P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> između tala pod različitim načinima korištenja, tablica 4.5.1.

Tablica 4.5.1 Sumarna tablica jednosmjerne analize varijance za koncentracije P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	p	F crit
Između grupa	2242,838	2	112,419	19,72362	0,000161	3,885294
Unutar grupa	682,2798	12	56,85665			
Ukupno	2925,118	14				

Rezultati post-hoc testa upućuju na signifikantno viši prosječni sadržaj fosfora u tlu vrta (47,3 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla) i oraničnom tlu (47,2 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla) u odnosu na tlo pod prirodnom vegetacijom (livada), gdje je utvrđeno prosječno 21,3 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla. Između tla pod oraničnom i povrtlarskom proizvodnjom nisu utvrđene statistički opravdane razlike u sadržaju fiziološki aktivnog fosfora, tablica 4.5.2.

Tablica 4.5.2 Rezultati post-hoc višestruke usporedbe srednjih vrijednosti P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> između grupa uzoraka

Način korištenja zemljišta (srednja vrijednost)	livada (21,3)	vrt (47,3)
vrt (47,3)	<b>26,0*</b>	
oranica (47,2)	<b>25,9*</b>	0,2

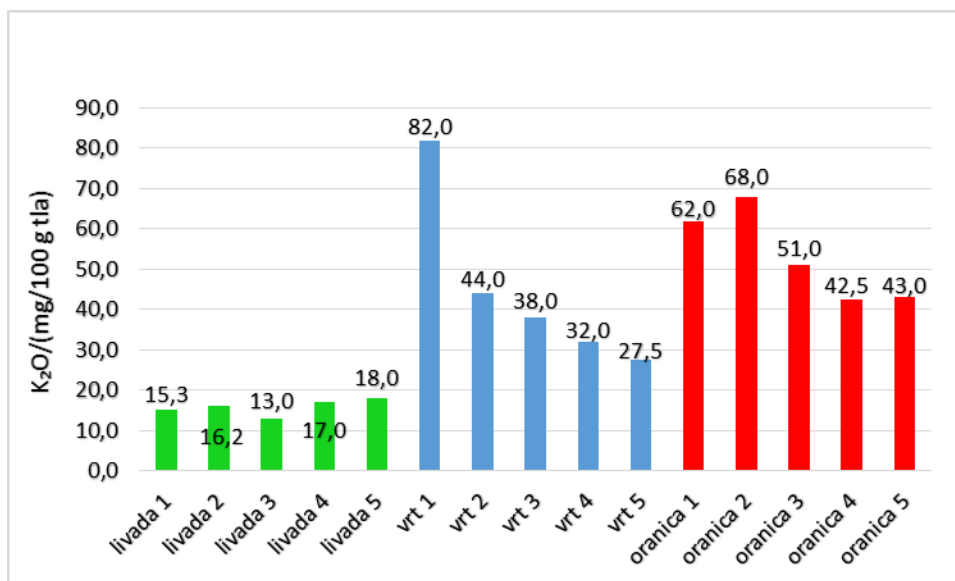
LSD = 12,81 uz 95% vjerojatnost

Dobiveni rezultati usporedivi su s prethodnim istraživanjima fluvisola. Gajda i sur. (2021) utvrdili su veću količinu fosfora pri konvencionalnom sustavu obrade tla (218 mg  $P_2O_5$ /kg tla), nego pri reduciranom sustavu obrade tla (172 mg  $P_2O_5$ /kg tla). Ispitivano tlo, klasificirano kao Eutric Fluvisol, također je bilo bogato opskrbljeno fosforom. Visoku opskrbljenost fosforom u Srbiji na aluvijalnom zemljištu, odnosno fluvisolu dokazali su još i Popov i sur. (2016). Prosječna srednja vrijednost  $P_2O_5$  na aluvijalnom zemljištu iznosila je 72,1 mg  $P_2O_5$ /100 g tla. Glab i Gondek (2014) proučavali su kako različite količine trogodišnje primjene dušičnih gnojiva utječu na fizikalno- kemijska svojstva Mollic fluvisola u Poljskoj. Sadržaj fosfora u kontrolnom tlu (tlo bez primjene amonijevog nitrata), iznosio je 91,6 mg  $P_2O_5$ /kg tla, dok se sadržaj fosfora u tlu s primjenom dušičnih gnojiva smanjio na 75,63 mg  $P_2O_5$ /kg tla. Perring i sur. (2009) objasnili su da smanjenje sadržaja fosfora (P) u tlu može biti posljedica dodavanja dušika. Naime, dodavanje dušika potiče rast biljaka, što povećava njihov unos fosfora i kalija jer su ovi elementi ključni za održavanje tog rasta. Kada se biljna biomasa ukloni iz ekosustava, dolazi do uklanjanja tih makroelemenata iz tla.

#### 4.6 Fiziološki aktivan kalij ( $K_2O$ )

Kalij je alkalni metal velike rasprostranjenosti u prirodi. U tlu i biljkama nalazi se samo kao jednovalentni kation ( $K^+$ ) s redukcijskim svojstvima. Porijeklo mu je iz primarnih minerala poput feldspata, leucita, muskovita i dr. Kada se ovi minerali razgrađuju, kalij se oslobađa, a većina se odmah veže na adsorpcijski kompleks tla, što smanjuje njegovu pokretljivost i rizik od ispiranja (Vukadinović i Vukadinović, 2011). Ukupna količina kalija u tlu je prilično visoka i varira u širokom rasponu, od 0,2 do 3,0 %, ovisno o tipu tla (Čoga i Slunjski, 2018). Vukadinović i Vukadinović, (2011) navode kako kalij djeluje kao specifični aktivator ili modulator aktivnosti enzima i elektrolita, jer njegova visoka koncentracija u protoplazmi značajno utječe na njezinu hidrataciju. Zbog toga kalij ima ključnu ulogu u procesima poput fotosinteze, transporta asimilata kroz floem, metabolizmu dušika i skladištenju rezervnih tvari. Također isti autori navode kako se simptomi nedostatka kalija očituju na mlađem lišću koje je manje veličine.

Sadržaj fiziološki aktivnog kalija u istraživanim tlima varira među različitim načinima korištenja zemljišta, graf 4.6.1. Najniže koncentracije fiziološki aktivnog kalija, zabilježene su na livadi, isto kao i kod fosfora. Vrijednosti  $K_2O$  na livadi varirale su od 13,0 do 18,0 mg  $K_2O$ /100 g tla s prosječnom vrijednošću od 15,9 mg  $K_2O$ /100 g tla. U vrtu tla vrijednosti  $K_2O$  kretale su se u širokom rasponu od 27,5 do 82,0 mg  $K_2O$ /100 g tla, a srednja vrijednost iznosila je 44,7 mg  $K_2O$ /100 g tla. Najviše prosječne koncentracije fiziološki aktivnog kalija (53,3 mg  $K_2O$ /100 g tla) su u tlu oranice, gdje su varirale od 42,5 do 68,0 mg  $K_2O$ /100 g tla. Srednje vrijednosti  $K_2O$  upućuju na srednju opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem na livadi, te dobru opskrbljenost u vrtu i na oranici.



Graf 4.6.1 Količina fiziološki aktivnog kalija u uzorcima tla

Kako bi se utvrdila statistička značajnost razlika u koncentracijama fiziološki aktivnog kalija između različitih načina korištenja tla, provedena je jednosmjerna ANOVA (tablica 4.6.1). Zbog postojanja značajnih razlika, proveden je post-hoc (tablica 4.6.2) kako bi se detaljnije ispitale razlike između grupa uzoraka tla.

Tablica 4.6.1 Sumarna tablica jednosmjerne analize varijance za K<sub>2</sub>O

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	p	F crit
Između grupa	3836,933	2	1918,467	9,481401	0,003389	3,885294
Unutar grupa	2428,08	12	202,34			
Ukupno	6265,013	14	6265,013			

Tla u oraničnoj i povrtlarskoj proizvodnji imala su signifikantno više prosječne koncentracije fiziološki aktivnog kalija u odnosu na tlo pod livadom, ali međusobno se nisu statistički značajno razlikovala.

Tablica 4.6.2 Rezultati post-hoc višestruke usporedbe srednjih vrijednosti K<sub>2</sub>O koncentracija između grupa uzoraka tla

Način korištenja zemljišta (srednja vrijednost)	livada (15,9)	vrt (44,7)
vrt (44,7)	<b>28,8*</b>	
oranica (53,3)	<b>37,4*</b>	8,6

LSD = 24,17 uz 95% vjerojatnost

Dobiveni rezultati u skladu su s literaturnim podacima i očekivanim povećanjem fiziološki aktivnog kalija na poljoprivrednim tlima u odnosu na izvorno tlo. Butorac i sur. (2005) dokazali su kako je gnojidba NPK gnojivom povisila sadržaj ukupnog kalija u tlu. Na pokusnom tlu u kojemu nije primijenjena gnojidba sadržaj kalija iznosio je 31,1 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla, a nakon četverogodišnje primjene NPK gnojiva, se povisila na 40,3 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla. Slično su dokazali i Rastija i sur. (2009). Petogodišnja mineralna gnojidba povećala je opskrbljenost tla kalijem za oko 6,5 mg K<sub>2</sub>O/100 g tla. Ičanović i sur. (2017) uočili su dvostruko veće koncentracije kalija u Ap horizontu (0-33 cm) antropogeniziranog tla u usporedbi s prirodnim tлом, što pripisuju primjeni mineralnih i organskih gnojiva.

Znatno viša koncentracija K<sub>2</sub>O u jednom uzorku vrta (82,0 mg K<sub>2</sub>O /100 g tla) u odnosu na ostale uzorke vrta kod kojih je također vidljivo variranje (27,5-44,0 mg K<sub>2</sub>O /100 g tla; graf 4.6.1) može se objasniti nejednolikom primjenom mineralne gnojidbe. O velikim razlikama u koncentracijama K<sub>2</sub>O u tlu uslijed razlika u deponiranju gnojiva izvještavaju Gluhic i Peršurić (2010). Njihovi rezultati pokazuju da su uzorci uzeti iz zone rada deponatora sadržavali znatno veće količine kalija (60 mg K<sub>2</sub>O /100 g tla) u odnosu na uzorke uzete s veće dubine tla (16 mg K<sub>2</sub>O /100 g tla). Višegodišnja primjena deponatora gnojiva rezultirala je visokom, gotovo toksičnom koncentracijom kalija u zoni polaganja gnojiva.

#### **4.7 Potencijalno toksični elementi (PTE)**

Ubrzana industrijalizacija, urbanizacija i značajan tehnološki napredak, zajedno s promjenama u poljoprivrednoj praksi, doveli su do nakupljanja brojnih štetnih tvari, posebno u poljoprivrednim tlima, što predstavlja prijetnju zdravlju ljudi, životinja i biljaka (Zwolak i sur., 2019). Značajan porast koncentracije anorganskih i organskih zagađivača u tlu negativno utječe na rast biljaka, ugrožava sigurnost hrane za ljude i životinje, te ima toksičan učinak na mikrofloru tla i njegovu biološku aktivnost (Valentin i sur., 2013). Pojam "teški metali" (čija je gustoća  $\rho > 5 \text{ g dm}^{-3}$ ) obično se koristi za opis skupine metala i polumetala (metaloida) povezanih s kontaminacijom tla, kao i potencijalnom toksičnošću i ekotoksičnošću. Prema Vukadinoviću i Vukadinoviću, (2011) metali koji su osobito važni u tom kontekstu uključuju krom (Cr), nikel (Ni), bakar (Cu), cink (Zn), kadmij (Cd), olovo (Pb), živu (Hg) i arsen (As). Onečišćenje tla teškim metalima postao je globalni ekološki problem koji privlači veliku pažnju javnosti i znanstvenika, ponajviše zbog sve većih briga o sigurnosti poljoprivrednih proizvoda te rizika od toksičnih učinaka koji mogu dovesti do raznih metaboličkih bolesti, uključujući pojavu karcinoma (Jiang i sur., 2017). Teški metali sastavni su dio zemljine kore pa se trošenje stijena smatra glavnim izvorom teških metala u oraničnom sloju poljoprivrednih tala. Povećanje koncentracije teških metala u tlu često je rezultat nekontrolirane uporabe pesticida, fosfatnih i drugih anorganskih, kao i organskih gnojiva, posebice kanalizacijskog mulja, te navodnjavanja zagađenom vodom i sličnih praksi. (Palansooriya i sur.,2020 ; Chen i sur.,2020 ; Proshad i sur., 2021). Na sposobnost i intenzitet usvajanja teških metala iz tla snažno utječu pH vrijednost tla, sadržaj humusa i gline, kao i kationski izmjenjivački kapacitet

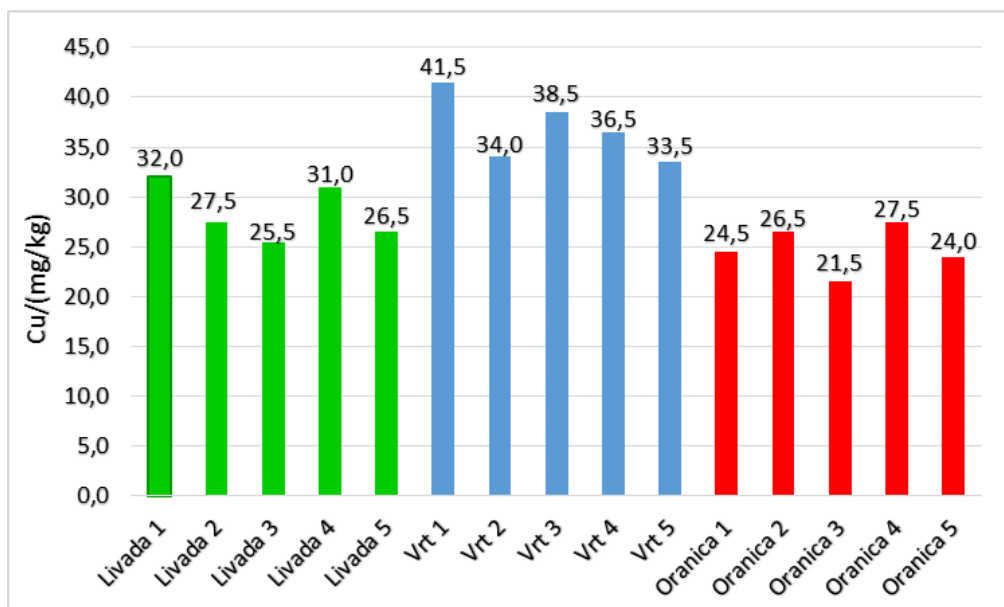
(KIK) tla, koji ovisi o koloidnoj, negativno nabijenoj frakciji tla te aktivnosti mikroorganizama. Prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja u RH poljoprivredno zemljište smatra se onečišćenim kada sadrži više teških metala i potencijalno onečišćujućih elemenata od maksimalno dopuštenih količina (MDK), izraženo u mg/kg zrakosuhog tla (Vukadinović, 2013). Određivanje koncentracija ukupnih teških metala u tlu i procjednoj vodi osnovni je pokazatelj za određivanje stupnja njihove onečišćenosti, iako dugoročne procjene rizika i izravni učinci onečišćenja počivaju na njihovoj biopristupačnosti i/ili pokretljivosti (Jungić i Ćorić, 2013).

### 4.7.1 Bakar

Bakar je element koji pripada skupini teških metala, biljke ga usvajaju kao  $\text{Cu}^{2+}$ , a u tlo dospijeva putem primarnih minerala gdje se nalazi u jednovalentnom obliku, a nakon njihovog raspadanja oksidira se do  $\text{Cu}^{2+}$ . Raspoloživost bakra uvelike ovisi o pH vrijednosti tla, njegova prisutnost povećava se u kiselim uvjetima, pri čemu je optimalan pH između 4,5 i 6,0 (Vukadinović i Vukadinović, 2011). U tlu gradi vrlo stabilne kompleksne spojeve s organskim kiselinama, organskim tvarima i tako vezan je slabo pristupačan biljkama. Zbog toga se manjak bakra najčešće javlja na jako humoznim tlima i karbonatnim tlima gnojenim velikim količinama organske tvari. Prosječne količine bakra (Cu) u tlu kreću se u rasponu od 5 do 50 mg Cu  $\text{kg}^{-1}$  tla. Iznimku predstavljaju vinogradarske i voćarske regije, u kojima su utvrđene koncentracije bakra veće i od 500 mg Cu  $\text{kg}^{-1}$  tla (Romić i Romić, 1998). Uzrok tomu su zaštitna sredstva na bazi bakra koja se koriste više od 100 godina i na taj način dovode do pojačane akumulacije bakra u oraničnom sloju tla. Pristupačnost bakra biljkama ovisi o nekoliko ključnih čimbenika, pri čemu su najvažniji koncentracija  $\text{H}^+$  iona, mineralizacija organske tvari i koncentracija drugih metalnih iona. Koncentracija bakra u otopini tla vrlo je niska, iznosi oko 0,01 mg  $\text{L}^{-1}$ , što predstavlja samo 1 % ukupne količine bakra prisutnog u tlu (Čoga i Slunjski, 2018). Iako bakar djeluje u vrlo niskim koncentracijama, često se dogodi njegov manjak u biljkama. Simptomi manjka bakra su: kloroza i nekroza lišća, odumiranje vršnih izdanaka, uvenuće, uvijanje lišća i odumiranje mlađeg lišća (Vukadinović i Vukadinović, 2011).

Najviše koncentracije bakra u tlu utvrđene su u vrtu, gdje su se vrijednosti kretale od 33,5 do 41,5 mg/kg uz srednju vrijednost od 36,8 mg/kg. Na tlima oranice utvrđene su najmanje koncentracije bakra (21,5-27,5 mg/kg) sa srednjom vrijednošću od 24,8 mg/kg, dok su se u tlima livade koncentracije bakra kretale od 25,5 do 32,0 mg/kg uz srednju vrijednost od 28,5 mg/kg, graf 4.7.1.1.

Maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) bakra u poljoprivrednom tlu definirane su Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/19), uzimajući u obzir pH tla mjereno u KCl-u. Za tla s pH < 5 MDK iznosi 60 mg/kg, za tla s pH 5-6 je 90 mg/kg, a za tla s pH > 6 iznosi 120 mg/kg. Obzirom na utvrđene vrijednosti pH tla u KCl-u (graf 4.1.2) za sve uzorke primjenjuje se MDK od 120 mg/kg, stoga tlo niti jednog načina korištenja zemljišta (livada, vrt, oranica) nije onečišćeno bakrom.



Graf 4.7.1.1 Koncentracija bakra u tlu

Između analiziranih načina korištenja tla utvrđene su značajne razlike u koncentracijama bakra u tlu, tablica 4.7.1.1, te je proveden post-hoc t-test, tablica 4.7.1.2.

Tablica 4.7.1.1 Sumarna tablica jednosmjerne analize varijance za koncentracije Cu

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	p	F crit
Između grupa	377,6333	2	188,8167	23,09684	7,69E-05	3,885294
Unutar grupa	98,1	12	8,175			
Ukupno	475,7333	14	475,7333			

Tablica 4.7.1.2 Rezultati post-hoc višestruke usporedbe srednjih vrijednosti Cu između grupa uzoraka

Način korištenja zemljišta (srednja vrijednost)	livada (28,5)	vrt (36,8)
vrt (36,8)	<b>8,3*</b>	
oranica (24,8)	3,7	<b>12,0*</b>

LSD = 4,86 uz 95% vjerojatnost

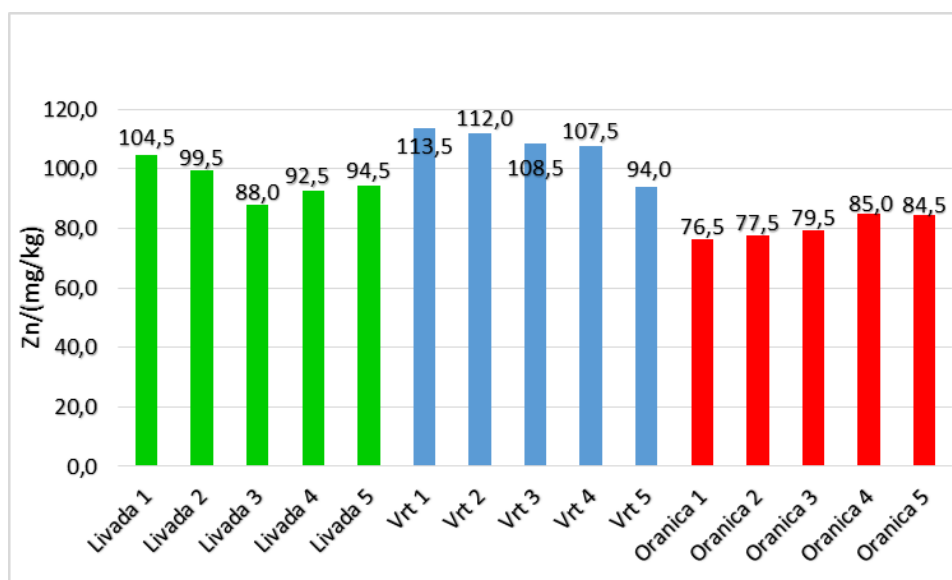
Rezultati post-hoc testa upućuju na značajno više koncentracije bakra u vrtu (36,8 mg/kg) u odnosu na tla oranice (24,8 mg/kg) i livade (28,5 mg/kg).

Utvrđene prosječne koncentracije bakra u tlu oranice i vrta (24,8 odnosno 36,8 mg/kg, tablica 4.7.1.2) niže su od koncentracija o kojima izvještavaju Bensa i sur. (2024b) za humofluvisole na području Zagreba. Autori su utvrdili prosječno 40,3 mg/kg u tlima pod oranicama i 38,9 mg/kg u tlima povrtnjaka. Miljković i sur. (2018) su u voćnjaku na fluvijalno livadskom tlu u Slavoniji (Ivanovac), utvrdili značajno manji sadržaj bakra (3 mg/kg). Problem onečišćenja poljoprivrednih tala bakrom puno je izraženiji u vinogradima i voćnjacima. Poljak i sur. (2021) dokazali su kako je dugotrajna uporaba fungicida na bazi bakra u vinogradima doprinijela onečišćenju tla u kojem je sadržaj bakra prelazio propisanu nacionalnu MDK vrijednost od 120 mg/kg. Istraživanje je provedeno na Rigosolu iz luvisola u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, a obuhvaćalo je dva vinograda (zatravljen i nezatravljen), te oranicu i livadu. Dodatno, značajno viši sadržaj bakra u tlu zatravljenog vinograda (245 mg/kg) u odnosu na nezatravljeni vinograd (140 mg/kg) djelomično je uzrokovan višim sadržajem organske tvari u zatravljenom vinogradu. Shi i sur. (2018) navode kako organska tvar ima sposobnost vezanja bakra i smanjivanje njegove mobilnosti kroz tlo. Osim vinograda često su bakrom onečišćena tla voćnjaka, dok su oranice i livade manje podložne akumulaciji bakra u tlu zbog manje primjene fungicida (Jurisic i sur., 2012). Romić i sur. (2004) utvrdili su visoke koncentracije bakra u površinskom sloju antropogenog tla namijenjenog uzgoju vinove loze u okolici Donje Zeline i Plešivice. Koncentracije bakra u površinskom sloju tla kretale su se od 30 do 700 mg/kg, pri čemu je čak 88% uzoraka premašilo maksimalno dopuštenu koncentraciju bakra prema zakonskim propisima. Vinogradska tla često imaju povišene koncentracije bakra, a glavni razlog tome je upotreba zaštitnih sredstava na bazi bakra.

#### 4.7.2 Cink

Cink je teški metal porijeklom iz primarnih i sekundarnih minerala, biljke ga usvajaju kao kation  $Zn^{2+}$ ,  $ZnCl^+$  i Zn kelate. Poljoprivredna tla Hrvatske imaju relativno visok sadržaj ukupnog cinka (25-100 mg Zn/kg), dok je sadržaj biljci pristupačnog cinka znatno niži (0-25,0 mg Zn/kg tla) (Čoga i Slunjski, 2018). Dostupnost cinka biljkama veća je u kiselim tlima, ali u takvim uvjetima postoji rizik od njegovog ispiranja. Njegov nedostatak najčešće se javlja na teškim, glinovitim tlima, kao i na karbonatnim tlima u istočnoj Hrvatskoj. Cink se snažno veže za izmjenjivački kompleks tla, zbog čega je njegova koncentracija u vodenoj fazi tla izuzetno niska. Cink ima važnu ulogu u metabolizmu mnogih tvari, posebno proteina. On je sastavni dio brojnih enzima, gdje kao dvovalentni kation tvori tetraedralne kelate, povezujući enzim sa supstratom, što je ključno za pravilno funkcioniranje enzima i odvijanje biokemijskih reakcija. (Vukadinović i Vukadinović, 2018). Nedostatak cinka smanjuje proizvodnju ugljikohidrata i proteina. Također dovodi do poremećaja fizioloških procesa, što rezultira morfološkim poremećajima u rastu mladica i lišća (Miljković i sur., 2018).

Najniže koncentracije bakra utvrđene su u tlima oranice (76,5-85,0 mg/kg) uz srednju vrijednost od 80,6 mg/kg, dok su u tlima vrta zabilježene najviše vrijednosti. Koncentracije cinka u vrtu kretale su se u rasponu od 94,0 do 113,5 mg/kg sa srednjom vrijednošću od 107,1 mg/kg. Vrijednosti u tlima livade kretale su od 88,0 do 104,5 mg/kg, a srednja vrijednost iznosila je 95,8 mg/kg.



Graf 4.7.2.1 Koncentracije cinka u tlu

Maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) cinka u poljoprivrednom tlu definirane su Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/19), uzimajući u obzir pH tla mjereno u KCl-u. Za tla s pH < 5, MDK iznosi 60 mg/kg, za tla s pH 5-6 je 150 mg/kg, a za tla s pH > 6 iznosi 200 mg/kg. Obzirom na utvrđene vrijednosti pH tla u KCl-u (graf 4.1.2) za sve uzorke primjenjuje se MDK od 200 mg/kg, stoga cink u tlu niti jednog načina korištenja zemljišta (livada, vrt, oranica) ne prelazi maksimalno dozvoljene koncentracije.

Između različitih načina korištenja zemljišta (livada, vrt, oranica) utvrđene su statistički opravdane razlike u sadržaju cinka jednosmjernom analizom varijance, tablica 4.7.2.1, te je proveden post- hoc test, tablica 4.7.2.2.

Tablica 4.7.2.1 Sumarna tablica jednosmjerne analize varijance za Zn koncentracije

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	p	F crit
Između grupa	1768,3	2	884,15	22,88074	8,04E-05	3,885294
Unutar grupa	463,7	12	38,64167			
Ukupno	2232	14				

Rezultati post-hoc testa upućuju na signifikantne razlike u koncentracijama cinka između svih načina korištenja zemljišta, uz porast u nizu oranica < livada < vrt, tablica 4.7.2.2.



Tablica 4.7.2.2 Rezultati post-hoc višestruke usporedbe srednjih vrijednosti Zn između grupa uzoraka tla

Način korištenja zemljišta (srednja vrijednost)	livada (95,8)	vrt (107,1)
vrt (107,1)	<b>11,3*</b>	
oranica (80,6)	<b>15,2*</b>	<b>26,5*</b>

LSD = 10,56 uz 95% vjerojatnost

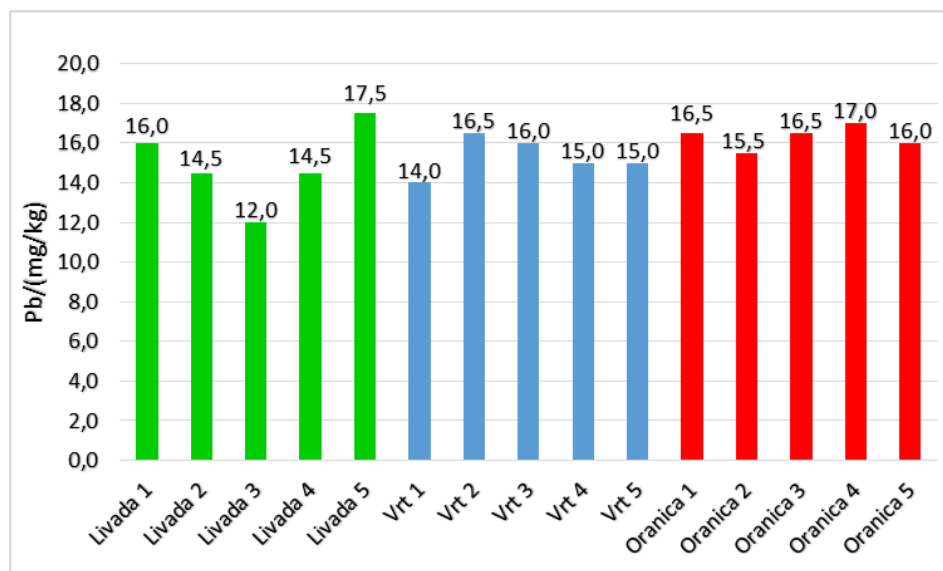
Utvrđene koncentracije cinka u ovom istraživanju u skladu su s podacima o koncentracijama cinka u poljoprivrednim tlima Zagreba i okolice (Romić i Romić, 1998). Autori su u fluvisolima riječne doline Save utvrdili, prosječan sadržaj cinka od 87,08 mg/kg. Najviši sadržaj cinka od 276,75 mg/kg također je izmjeren u neposrednoj blizini Save, a pretpostavka je da se navedena lokacija koristila kao odlagalište otpada, na što je upućivao izrazito visok sadržaj i drugih analiziranih metala (olova, kadmija i bakra). Herak Ćustić i sur. (2009) istraživajući dinamiku cinka u listu vinove loze na karbonatnim tlima utvrdili su kako je u tlima s visokim postotkom fiziološki aktivnog vapna smanjena mogućnost usvajanja cinka. Značajno viša količina Zn (102,42 mg/kg Zn) utvrđena je na lokaciji koja ima značajno manju količinu fiziološki aktivnog vapna u tlu (18 % CaO) u odnosu na ostale (26-29 % CaO) lokacije. Autori navode kako je niska dostupnost cinka na vapnenim tlima s visokom pH vrijednošću prije rezultat lakšeg vezanja cinka na glinu ili CaCO<sub>3</sub>, nego tvorbe lako topivih Zn(OH)<sub>2</sub> ili ZnCO<sub>3</sub>. U ovom radu nije uočljiva takva veza između sadržaja fiziološki aktivnog vapna i cinka. Najniže prosječne koncentracije cinka (80,6 mg/kg, tablica 4.7.2.2) utvrđene su u tlu oranice koje ima i najmanji prosječni sadržaj fiziološki aktivnog vapna, (2,1 %; tablica 4.3.2).

### 4.7.3 Olovo

Olovo (Pb) pripada skupini neesencijalnih teških metala, toksičan je za ljude i jedan je od najznačajnijih zagađivača koji zahtjeva stalnu kontrolu sadržaja u okolišu (Čoga i Slunjski, 2018). U usporedbi s drugim zagađivačima, olovo ostaje u okolišu znatno dulje, akumulirajući se u tlu i sedimentima, što povećava rizik njegovog ulaska u hranidbeni lanac. Prirodno se pojavljuje u različitim količinama u Zemljinoj kori, ovisno o vrsti stijena. Najveće koncentracije olova nalaze se u glinencima (22,0 mg Pb/kg) i šljunčanim materijalima (20,0 mg Pb/kg). U tlu olovo se nalazi u ionskom obliku (Pb<sup>2+</sup>), te u organskom obliku koji za biljku predstavlja veći problem jer je mobilniji od ionskog oblika. Fitotoksičnost olova očituje se u narušavanju fizioloških procesa, smanjenju vodnog potencijala, enzimske aktivnosti, te negativnog utjecaja na sintezu hormona (Jug, 2016). Glavni izvor olova pripisuje se prometu, odnosno ispušnim plinovima automobila i tvornicama.

Prema grafu 4.7.3.1, rezultati koncentracija olova pod različitim načinima korištenja tla bili su jako sličnih vrijednosti. Vrijednosti u tlima livade kretale su se od 12,0 do 17,5 mg/kg uz srednju vrijednost od 14,9 mg/kg. Koncentracije olova u tlu vrta kretale su se u rasponu od 14,0 do 16,5 mg/kg, srednja vrijednost iznosila je 15,3 mg/kg, a u tlima oranice vrijednosti su se kretale od 15,5 do 17,0 mg/kg uz srednju vrijednost od 16,3 mg/kg.

Maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) olova u poljoprivrednom tlu definirane su Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/19), uzimajući u obzir pH tla mjereno u KCl-u. Za tla s pH < 5 MDK iznosi 50 mg/kg, za tla s pH 5-6 je 100 mg/kg, a za tla s pH > 6 iznosi 150 mg/kg. Obzirom na utvrđene vrijednosti pH tla u KCl-u (graf 4.1.2) za sve uzorke primjenjuje se MDK od 150 mg/kg, stoga tlo niti jednog načina korištenja zemljišta (livada, vrt, oranica) nije onečišćeno olovom.



Graf 4.7.3.1 Koncentracija olova u tlu

Jednosmjernom analizom varijance, nisu utvrđene statistički opravdane razlike u sadržaju bakra u tlu ( $F < F_{crit}$ ), tablica 4.7.3.1, stoga nije ni proveden post-hoc test.

Tablica 4.7.3.1 Sumarna tablica jednosmjerne analize varijance za Pb koncentracije

Izvor varijabiliteta	SS	Df	MS	F	p	F crit
Između grupa	3,333333	2	1,666667	1,492537	0,263715	3,885294
Unutar grupa	13,4	12	1,116667			
Ukupno	16,733333	14				

Dobiveni rezultati ujednačenih i niskih koncentracija olova u analiziranim tlima, mogu se dovesti u vezu s lokacijom istraživanja, odnosno ruralnim područjem udaljenim od prometnih autocesta. Prema literaturnim navodima kontaminacija olovom prvenstveno je posljedica njegove emisije ispušnim plinovima motora s unutrašnjim sagorijevanjem, stoga se velika pozornost posvećuje koncentraciji Pb u tlima uz otvorene prometnice i tlima gradskih vrtova (Bašić i sur., 1994). Kadi (2009) je analizirao prikupljene uzorke tla u blizini različitih prometnica u gradu Jeddah, (Saudijska Arabija) kako bi utvrdio koncentracije određenih teških metala. Rezultati su pokazali značajnu povezanost između sadržaja olova i cinka u tlu i razine prometne aktivnosti. Koncentracija olova varirala je od 0,3 do 104,8 mg/kg u uzorcima prikupljenim s područja s visokom razinom prometa, dok je za uzorke s područja bez prometne aktivnosti iznosila 0,3 mg/kg. Najviša zabilježena vrijednost olova iznosila je 104,8 mg/kg, a pronađena je u uzorku iz područja uz autocestu u gradu Jeddah. Emisija teških metala oko cesta i autocesta ima ograničeni prostorni raspon. Akumulacija je najveća u tlima na 20-40 m od kolnika, a znatno je manja na udaljenosti od 100-150 m (Jaworska i Lemanowicz, 2019). Tako su Dao i sur. (2014) u tlu urbanog parka u Dublinu koji se nalazi uz cestu utvrdili znatno veće koncentracije olova na udaljenostima od 0 (498 mg/kg), 5 (128 mg/kg) i 10 (94 mg/kg) m od glavne ceste usporedbi s uzorcima prikupljenim dalje od glavne ceste (60 m udaljenost; 36 mg/kg). Navedeni autori tvrde da su izvor zagađenja olovom emitirane čestice iz olovnog benzina koje se talože blizu ceste. Unatoč tome što je olovni benzin postupno ukinut u Irskoj i mnogim drugim zemljama od 2000. godine uzrokovao je visoke rezidualne koncentracije olova u tlu uz ceste. Uspoređujući navedena istraživanja, ispitivana tla u kojima su utvrđene veće koncentracije olova, nalazila su se uz prometnice.

## 5. Zaključak

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

Signifikantno više pH vrijednosti zabilježene su u tlu oranice, u odnosu na ostale načine korištenja zemljišta (livada i vrt).

Sva analizirana tla su srednje karbonatna, uz signifikantno viši sadržaj fiziološki aktivnog vapna u tlu livade (3,9 %) u odnosu na tla pod poljoprivrednom proizvodnjom (3,3 i 2,9).

Tlo livade ima signifikantno viši sadržaj humusa (4,05 %) u odnosu na poljoprivredna tla (3,19- 2,58 %), a karakter humusa je u svim tlima slabo kiseli.

Tla vrta i oranice vrlo bogato su opskrbljena fosforom i imala su signifikantno viši prosječni sadržaj  $P_2O_5$  (47,3 i 47,2 mg  $P_2O_5/100$  g tla) u odnosu na tlo livade (21,3 mg  $P_2O_5/100$  g tla).

Značajno viša prosječna koncentracija  $K_2O$  utvrđena je u tlima oranične i povrtlarske (53,3 i 44,7 mg  $K_2O/100$  g tla) proizvodnje u odnosu na tlo pod prirodnom vegetacijom (15,9 mg  $K_2O/100$  g tla).

Prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/19), tlo niti jednog načina korištenja zemljišta (livada, vrt, oranica) nije onečišćeno bakrom, cinkom i olovom.

## 6. Literatura

1. Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., & Wang, M. Q. (2021). Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications. *Toxics*, 9(3), 42
2. Aziz, I., Bangash, N., Mahmood, T., & Islam, K. R. (2015). Impact of no-till and conventional tillage practices on soil chemical properties. *Pakistan Journal of Botany*, 47(1), 297-303
3. Bašić, F., Mesić, M., & Butorac, A. (1994). Teške kovine u tlima općine Glina. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 56(1-2), 13-39
4. Bensa A., Huljev F., Jurković Balog N. (2024a) Humus quality in Terra rossa soils under olivem groves with different soil management types, *Journal of Central European Agriculture* 24(4), 916-928
5. Bensa A., Magdić I., Krkalo J., Jurković Balog N., Perčin A. (2024b) Land use impact on selected chemical properties of humofluvisols in peri-urban area of Zagreb, *Scientific papers Series A, Agronomy Vol LXVII (1)*, 32-41
6. Bensa, A., Sever, Z., Bogunović, M., & Krklec, K. (2011). Utjecaj načina korištenja zemljišta na količinu i sastav humusa kod pseudogleja. In 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture
7. Bognar, A. (1999). Geomorfološka regionalizacija Hrvatske. *Acta Geographica Croatica*, 34. (1.), 7-26
8. Busscher, W.J., J.R. Frederick and P.J. Bauer. (2001). Effect of penetration resistance and timing of rain on grain yield of narrow-row corn in a Coastal Plain loamy sand. *Soil Till. Res.*, 63: 15-24
9. Butorac, A., Butorac, J., & Kisić, I. (2006). Utjecaj sustava konzervacijske obrade tla na kemijska svojstva, primjenu dušika, biološka svojstva i biljne bolesti. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 68(5), 417-433
10. 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: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 67(1), 3-16
11. Cerbari, V., & Stegarescu, G. (2016). Quality assessment of an irrigated Fluvisol. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 59
12. Chen, X. X., Liu, Y. M., Zhao, Q. Y., Cao, W. Q., Chen, X. P., & Zou, C. Q. (2020). Health risk assessment associated with heavy metal accumulation in wheat after long-term phosphorus fertilizer application. *Environmental pollution*, 262, 114348
13. Čoga, L. i Slunjski, S. (2018). Dijagnostika tla u ishrani bilja: priručnik za uzorkovanje i analitiku tla. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
14. Čoga, L., Slunjski, S., Herak Ćustić, M., Maslač, J., Petek, M., Ćosić, T., & Pavlović, I. (2009). Influence of soil reaction on phosphorus, potassium, calcium and magnesium dynamics in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74(1), 39-43
15. Dao, L., Morrison, L., Zhang, H., & Zhang, C. (2014). Influences of traffic on Pb, Cu and Zn concentrations in roadside soils of an urban park in Dublin, Ireland. *Environmental geochemistry and health*, 36, 333-343

16. Dickson, A., Tate, J., Onyinye, K., & Payou, O. (2021). Characterization and classification of some alluvial soils of the lower Niger river floodplains in Bayelsa State, Nigeria. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 55(3-4), 45-62
17. Dolijanović, Ž., Oljača, S., Kovačević, D., Jug, I., Stipešević, B., & Poštić, D. (2012). Utjecaj agrotehničkih mjera na prinos zrna pira (*Triticum aestivum* spp. *spelta*) u organskom sustavu uzgoja. In *Proceedings. 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture. Opatija. Croatia (Vol. 51, No. 1.55)*
18. Dotaniya, M. L., Dotaniya, C. K., Solanki, P., Meena, V. D., & Dautaniya, R. K. (2020). Lead contamination and its dynamics in soil–plant system. *Lead in Plants and the Environment*, 83-98
19. Ercegović S. (2015) Varijabilnost karbonata i aktivnog vapna u tlima na flišu, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
20. Gajda, A. M., Czyż, E. A., & Klimkiewicz-Pawlas, A. (2021). Effects of different tillage intensities on physicochemical and microbial properties of a Eutric Fluvisol Soil. *Agronomy*, 11(8), 1497
21. Gajić, B. (2013). Physical properties and organic matter of Fluvisols under forest, grassland, and 100 years of conventional tillage. *Geoderma*, 200, 114-119
22. Galić, Z., Ivanišević, P. (2004). Izučavanje svojstava zemljišta od značaja za osnivanje zasada crnih topola u poloju rijeke Rasine. *Topola* 173-174, str. 3-9
23. Głąb, T., & Gondek, K. (2014). The influence of soil compaction and N fertilization on physico-chemical properties of Mollic Fluvisol soil under red clover/grass mixture. *Geoderma*, 226, 204-212
24. Gluhić, D. i Peršurić, Đ. (2010). Fosfor i kalij u vinogradarskim tlima nakon višegodišnje primjene deponatora gnojiva. *Glasnik Zaštite Bilja*, 33 (5), 68-71
25. Gonet, S. S., Debska, B., Zaujec, A., & Banach-Szott, M. (2008). Properties of humus of natural forest soil and arable soil. *Ekológia (Bratislava)*, 27(4), 351-366
26. Gračanin, M. (1950). *Tipological investigations of Vegetation and Soil as a Basis for Land Classification and Evaluation. Trans., Intern. Congres of Soil Science 1 I: 1-3, Amsterdam.*
27. Hamza, M. A., & Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and tillage research*, 82(2), 121-145
28. 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: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 67(2-4), 235-253
29. Herak Ćustić, M., Gluhić, D., Peršurić, Đ., Petek, M., Čoga, L., Vukelić, M., & Slunjski, S. (2009). Dinamika cinka u listu vinove loze na karbonatnim tlima. In *44. hrvatski i 4. Međunarodni simpozij agronoma* (pp. 832-836)
30. Hodko M. (2011) Ukupni karbonati i fiziološki aktivno vapno u tlima Plešivičkog vinogorja u ovisnosti o nagibu padine, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

31. HRN EN ISO 10693 (2014): Kvaliteta tla – Određivanje sadržaja karbonata – Volumetrijska metoda (ISO 10693:1995; EN ISO 10693:2014), Hrvatski zavod za norme, Zagreb
32. HRN ISO 10390 (2005): Kakvoća tla – Određivanje pH-vrijednosti (ISO 10390:2005), Hrvatski zavod za norme, Zagreb
33. HRN ISO 11464 (2009): Kakvoća tla – Priprema uzoraka za fizikalno-kemijske analize (ISO 11464:2009), Hrvatski zavod za norme, Zagreb.
34. Husnjak S. (2014). Sistematika tala Hrvatske. Hrvatska sveučilišna naklada. Zagreb
35. 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: Scientific/professional journal of chemistry and technology*, 10(1), 19-26
36. Ivezić, V., Engler, M., Karalić, K., Lončarić, Z., Popović, B., & Pena, J. (2017). Učinak novih materijala za kalcizaciju na pH reakciju tla i prinos lucerne. 52. HRVATSKI I 12. MEĐUNARODNI SIMPOZIJ AGRONOMA, 56
37. Jakšić, S., Vučković, S., Vasiljević, S., Grahovac, N., Popović, V., Šunjka, D., & Dozet, G. (2013). Akumulacija teških metala u Medicago sativa L. i Trifolium pratense L. na kontaminiranom fluvisolu. *Hemijska industrija*, 67(1), 95-101
38. Jaworska, H., & Lemanowicz, J. (2019). Heavy metal contents and enzymatic activity in soils exposed to the impact of road traffic. *Scientific Reports*, 9(1), 19981
39. JDPZ. (1966). Priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga I. Kemijske metode ispitivanja zemljišta. Beograd
40. Jiao, W., Chen, W., Chang, A. C., & Page, A. L. (2012). Environmental risks of trace elements associated with long-term phosphate fertilizers applications: a review. *Environmental pollution*, 168, 44-53
41. Jiang, Y., Chao, S., Liu, J., Yang, Y., Chen, Y., Zhang, A., & Cao, H. (2017). Source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil for a township in Jiangsu Province, China. *Chemosphere*, 168, 1658-1668.
42. Jug, I. (2016). Štetne tvari u tlu. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
43. Jungić, D., & Ćorić, R. (2013). Teški metali u antropogenom tlu i procjednoj vodi u voćnjaku jabuka na području donjeg međimurja. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 75(4), 157-180
44. Jurisic, A., Kisic, I., Zgorelec, Z., & Kvaternjak, I. (2012). Influence of water erosion on copper and sulphur distribution in vineyard soils
45. Kadi, M. W. (2009). "Soil Pollution Hazardous to Environment": A case study on the chemical composition and correlation to automobile traffic of the roadside soil of Jeddah city, Saudi Arabia. *Journal of hazardous materials*, 168(2-3), 1280-1283
46. Kadifeci, H., Dikici, H., & Demir, Ö. F. (2024). Effect of Active Lime on the Availability of Metal Micronutrients. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(2), 347-356
47. Karalić, K., Lončarić, Z., Popović, B., & Ivezić, V. (2013). Phosphorus and potassium availability change by liming of acid soils. Fourth International Scientific Symposium "Agrosym 2013", Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 3-6 October, 2013. Book of Proceedings, 2013, 119-124 ref. 9

48. 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
49. Kobierski, M., & Banach-Szott, M. (2022). Organic matter in riverbank sediments and fluvisols from the flood zones of lower vistula river. *Agronomy*, 12(2), 536
50. Kovačević, V., Bertić, B., & Grgić, D. (1993). Response of maize, barley, wheat and soybean to liming on acid soils. *Rostlinná Výroba*, 1993, Vol. 39, No. 1, 41-52 ref. 32
51. Kovačević P., Pavlić V. (1996) Tla sekcije Požega 3, OPK M 1: 50 000, Projektni savez za izradu OPK, Zagreb
52. Kristek, A., Kristek, S., Antunović, M., Varga, I., Katušić, J. i Besek, Z. (2011). UTJECAJ TIPA TLA I GNOJIDBE DUŠIKOM NA PRINOS I KVALITETU KORIJENA ŠEĆERNE REPE. *Poljoprivreda*, 17 (1), 16-22
53. Kroyan, S. Z., Baghdasaryan, S. K., Mesropyan, Z. S., & Movsesyan, H. E. (2024). Influence of an anthropogenic factor on changes in the content and composition of humus in chernozems of the lake Sevan basin of the republic of Armenia. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 118, p. 02005). EDP Sciences
54. Liang, J., & Yang, W. (2019). Effects of zinc and copper stress on antioxidant system of olive leaves. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 300, No. 5, p. 052058). IOP Publishing
55. Lončarić, Z., Rastija, D., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V., & Lončarić, R. (2015). Kalcizacija tala u pograničnome području. *Poljoprivredni fakultet u Osijeku*, 1-68
56. Manojlović, M., Kovačević, D., Čabilovski, R., Petković, K., & Štrbac, M. (2021). Organic fertilizers as a source of microelements and potentially toxic elements. In *Proceedings of the 6th International Scientific Meeting, the International Soil Science Symposium on Soil Science & Plant Nutrition*, Samsun, Turkey (pp. 18-19)
57. McCauley, A., Jones, C., & Jacobsen, J. (2009). Soil pH and organic matter. *Nutrient management module*, 8(2), 1-12
58. Mesić, M., Željka, Z., Šestak, I., Jurišić, A., Bilandžija, D., Bogunović, I., & Milas, P. (2014). UČINKOVITOST GNOJIDBE FOSFOROM I KALIJEM VUPIK dd, VUKOVAR, 2012/13
59. Miloš B., Bensa A (2012) Agricultural land of island rab and how to preserve it?, *Book of Proceedings Third International Scientific Symposium "Agrosym 2012"*, Jahorina, p 373-378
60. Miljković, I., Rastija, D., Dugalić, K., Puškar, B., Andrišić, M., & Rašić, D. (2018). Mikroelementi u tlu i lišću jabuka u voćnjacima Slavonije i Baranje. *Pomologia Croatica: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 22(3-4), 67-86
61. Mon R, Irurtia C, Botta GF, Pozzolo O, Melcón FB, Rivero D, Bomben M. (2007): Effects of supplementary irrigation on chemical and physical soil properties in the rolling pampa region of Argentina. *Ciencia e Investigacion Agraria (Cien. Inv. Agr.)* 34(3): 187–194
62. Narodne novine (2019). Pravilnik o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta. Vlada Republike Hrvatske, Ministarstvo poljoprivrede. Zagreb
63. Narodne novine (2019). Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja. Vlada Republike Hrvatske, Ministarstvo poljoprivrede. Zagreb



64. Oktaba, L., Odrobińska, D., & Uzarowicz, Ł. (2018). The impact of different land uses in urban area on humus quality. *Journal of soils and sediments*, 18, 2823-2832
65. Palansooriya, K. N., Shaheen, S. M., Chen, S. S., Tsang, D. C., Hashimoto, Y., Hou, D., ... & Ok, Y. S. (2020). Soil amendments for immobilization of potentially toxic elements in contaminated soils: A critical review. *Environment international*, 134, 105046
66. Parađiković, N., Vukadinović, V., Šeput, M., Baličević, R., & Vinković, T. (2007). Dinamika sadržaja humusa i vodozračni odnosi u tlu u intenzivnoj stakleničkoj proizvodnji povrća i cvijeća. *Poljoprivreda*, 13(2), 41-46
67. 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
68. Perring, M. P., Edwards, G., & de Mazancourt, C. (2009). Removing phosphorus from ecosystems through nitrogen fertilization and cutting with removal of biomass. *Ecosystems*, 12, 1130-1144
69. Poljak, M., Kisić, I., Zgorelec, Ž., Šestak, I., Galić, M., Kuharić, Ž., ... & Perčin, A. (2021). Utjecaj fungicida i nagiba padine na prostornu akumulaciju bakra u poljoprivrednim tlima. *Zbornik radova*, 56, 128-132
70. Popov, M., Konstantinović, B., Samardžić, N., & Blagojević, M. (2016). Uticaj tipova zemljišta na rasprostranjenost *Asclepias syriaca* L. na području Bačke. *Acta herbologica*, 25(1), 7-15
71. Proshad, R., Islam, M. S., Kormoker, T., Sayeed, A., Khadka, S., & Idris, A. M. (2021). Potential toxic metals (PTMs) contamination in agricultural soils and foodstuffs with associated source identification and model uncertainty. *Science of the Total Environment*, 789, 147962
72. Rahman, M. A., Rahman, M. M., Reichman, S. M., Lim, R. P., & Naidu, R. (2014). Heavy metals in Australian grown and imported rice and vegetables on sale in Australia: health hazard. *Ecotoxicology and environmental safety*, 100, 53-60
73. 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
74. Riehl, A., Elsass, F., Duplay, J., Huber, F., & Trautmann, M. (2010). Changes in soil properties in a fluvisol (calcaric) amended with coal fly ash. *Geoderma*, 155(1-2), 67-74
75. Romić, M. i Romić, D. (1998). Sadržaj olova, kadmija, cinka i bakra u poljoprivrednim tlima Zagreba i okolice. *Poljoprivredna znanstvena smotra* 63 (3): 147-154
76. Romić, M., Romić, D., Dolanjski, D., & Stričević, I. (2004). Heavy metals accumulation in topsoils from the wine-growing regions part 1. Factors which control retention. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 69(1), 1-10
77. Rubinić, V., Jakopec, M., & Magdić, I. (2023). Usporedba audiovizualne procjene i analize karbonatnosti tla temeljem reakcije na klorovodičnu kiselinu. *sa58*, 56.

78. Rubinić, V., Šipek, M., Bensa, A., Hunsjak, S. i Lazarević, B. (2015). Utjecaj načina korištenje zemljišta i nagiba terena na svojstva tla-primjer pseudogleja na obronku u Donjoj Zelini. *Agronomski glasnik*, vol 77 (1-2), 3-22
79. Sever Z. i Bensa A. (2009). *Kemija tla- interna skripta za laboratorijske vježbe*. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
80. Shi, J., Wu, Q., Zheng, C., & Yang, J. (2018). The interaction between particulate organic matter and copper, zinc in paddy soil. *Environmental Pollution*, 243, 1394-1402
81. Sito, S., Kušec, V., Ostroški, N., Duvnjak, V., Martinec, J., Palinić, B., ... Zrinjan, V (2016). Oprema za navodnjavanje u trajnim nasadima. *Glasnik Zaštite Bilja*, 39 (4), 34-47
82. Šakota, T. (2016). Organska vs. konvencionalna proizvodnja. *Glasnik zaštite bilja*, 39(4), 50-54
83. Škorić A. (1982.). *Priručnik za pedološka istraživanja*. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu
84. Škorić, A. (1986). *Postanak, razvoj i sistematika tla*. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu
85. Škorić, A. (1991). *Sastav i svojstva tla*. Udžbenik, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu
86. Špoljar, A., Kvaternjak, I., Kisić, I., Marenčić, D., & Orehovački, V. (2010). Utjecaj obrade na tlo, prinose, sadržaj ukupnih masti i bjelančevina u zrnu kukuruza. *Agronomski glasnik*, 72(2), 3
87. Thomas, G. A., Dalal, R. C., & Standley, J. (2007). No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. *Soil and Tillage Research*, 94(2), 295-304
88. Tkaczyk, P., Mocek-Płóćiniak, A., Skowrońska, M., Bednarek, W., Kuśmierz, S. i Zawierucha, E. (2020.). *Kemijski parametri acidifikacije tla u poljskim uvjetima ovisni o mineralnim gnojivima*. *Održivost* , 12 (17), 7165
89. Todorova, S., Simeonova, N., Trendafilov, K., & Valcheva, V. (2012). Change of some chemical properties of alluvial-meadow soil (Mollic fluvisol) after long term fertilization. *Agricultural Science & Technology* (1313-8820), 4(3)
90. Tolimir, M., Kresović, B., Pejić, B., Gajić, K., Tapanarova, A., Sredojević, Z., & Gajić, B. (2021). Chemical properties of long-term irrigated Fluvisols of the Beli Drim river valley in the Klina region (Serbia). *Zemljište i biljka*, 70(1), 13-26
91. Valentin, L., Nousiainen, A., & Mikkonen, A. (2013). Introduction to organic contaminants in soil: concepts and risks. *Emerging organic contaminants in sludges: analysis, fate and biological treatment*, 1-29.
92. Vladimír, Š., Marek, K., & L'ubica, P. (2014). Effect of carbonates and bivalent cations and their relationships with soil organic matter from the view point of aggregate formation. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)*, 60(3), 77-86
93. Vukadinović V. ,Vukadinović V. (2016). *Tlo, gnojidba i prinosi*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku
94. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011). *Ishrana bilja*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku

95. Vukadinović, V. (2013). Teški metali u poljoprivrednim tlima i hrani. Tlo i biljka. Poljoprivredni fakultet u Osijeku
96. Zamanian, K., Pustovoytov, K., & Kuzyakov, Y. (2016). Pedogenic carbonates: Forms and formation processes. *Earth-Science Reviews*, 157: 1-17
97. Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M. i sur. (2008): Klimatski atlas Hrvatske / Climate Atlas of Croatia 1961-1990, 1971-2000. DHMZ, Zagreb
98. Zdrull, P., Jones, R. J. A., Montanarella, L. (2004). Organic matter in the soils of Southern Europe
99. Zebec, V., Semialjac, Z., Marković, M., Tadić, V., Radić, D. i Rastija, D. (2017). Influence of physical and chemical properties of different soil types on optimal soil moisture for tillage. *Poljoprivreda*, 23. (2), 10-18
100. Zwolak, A., Sarzyńska, M., Szpyrka, E. i Stawarczyk, K. (2019). Izvori onečišćenja tla teškim metalima i njihovo nakupljanje u povrću: prikaz. Onečišćenje vode, zraka i tla, 230, 1-9

## Životopis

Lorena Svilić rođena je 05.12.2000. u Novoj Gradiški. Završila je srednju školu Zdravstveno učilište Zagreb, smjer sanitarni tehničar. Nakon završetka srednje škole 2019. godine upisuje preddiplomski stručni studij sanitarnog inženjerstva na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu. Studij završava 2022. godine i stječe naziv prvostupnica sanitarnog inženjerstva (bacc. sanit. ing). Iste godine upisuje diplomski studij agroekologije na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Od stranih jezika služi se engleskim, te poznaje osnove njemačkog jezika. Posjeduje znanja i vještine rada na računalu osobito Microsoft Office paketa (Word, Excel, PowerPoint). Posjeduje vozačku dozvolu B kategorije.