

# Utjecaj reljefa na odabrana kemijska svojstva rigolanog pseudoglejnog tla pod vinogradom

---

Perković, Šime

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:031673>

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

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



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
**Agronomski fakultet**

**Utjecaj reljefa na odabrana kemijska svojstva  
rigolanog pseudoglejnog tla pod vinogradom**

Diplomski rad

Šime Perković

Zagreb, srpanj, 2023.

Sveučilište u Zagrebu  
**Agronomski fakultet**

Diplomski studij:  
Agroekologija-Agroekologija

**Utjecaj reljefa na odabrana kemijska svojstva  
rigolanog pseudoglejnog tla pod vinogradom**

Diplomski Rad

Šime Perković

Mentor:

Prof. dr. sc. Aleksandra Bensa

Zagreb, srpanj, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Šime Perković**, JMBAG 0269132591, rođen/a 1.10.1997. u Zadru, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

**Utjecaj reljefa na odabrana kemijska svojstva rigolanog pseudoglejnog tla pod  
vinogradom**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor 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/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

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

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE**  
**O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA**

Diplomski rad studenta/ice **Šime Perković**, JMBAG 0269132591, naslova

**Utjecaj reljefa na odabrana kemijska svojstva rigolanog pseudoglejnog tla pod  
vinogradom**

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

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Prof. dr. sc. Aleksandra Bensa mentor

\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_

3. Izv. prof. dr. sc. Kristina Krklec član

\_\_\_\_\_

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Pregled literature .....	3
3. Materijali i metode .....	6
3.1. Područje istraživanja.....	6
3.2. Terenski rad .....	7
3.3. Laboratorijski rad .....	8
3.4. Statistička obrada podataka .....	9
4. Rezultati istraživanja i rasprava .....	10
4.1. Reakcija tla .....	10
4.2. Hidrolitski aciditet ( $Y_1$ ) .....	12
4.3. Fiziološki aktivna hraniva .....	14
4.3.1. Fiziološki aktivni fosfor ( $P_2O_5$ ) .....	14
4.3.2. Fiziološki aktivni kalij ( $K_2O$ ).....	17
4.4. Bakar.....	19
5. Zaključak .....	22
6. Literatura .....	23
Životopis.....	28

## Sažetak

Diplomskog rada studenta **Šime Perković**, naslova

### **Utjecaj reljefa na odabrana kemijska svojstva rigolanog pseudoglejnog tla pod vinogradom**

Ciljevi ovog istraživanja bili su odrediti odabrana kemijska svojstva rigolanog pseudoglejnog tla pod vinogradom na tri dijela padine i međusobno ih usporediti. Istraživanje je provedeno 2023. godine na pokušalištu „Jazbina“ Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Ukupno je analizirano 15 uzoraka površinskog horizonta tla (0-30 cm), po 5 uzoraka sa vrha, sredine i dna padine. U uzorcima je određen pH, hidrolitski aciditet ( $y_1$ ),  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  te ukupni bakar. Nagib terena uvjetovao je blagi porast vrijednosti pH od vrha prema dnu padine ( $pH_{KCl}$  4,6-4,8), te prateće smanjenje vrijednosti  $y_1$  (12,1-10,6 cmol/kg), iako razlike nisu bile statički opravdane. Na donjem dijelu padine utvrđene su signifikantno više koncentracije  $P_2O_5$  u odnosu na gornji dio padine (10,4 i 3,4 mg/100 g tla). Koncentracija  $K_2O$  na dnu padine (29,7 mg/100 g tla) bila je signifikantno viša u odnosu na sredinu padine (21,2 mg/100 g tla). Na sredini i dnu padine utvrđene su statistički značajno više koncentracije bakra (60,0 i 59,6 mg/kg) u odnosu na vrh padine (50,4 mg/kg). Relativno male razlike u istraživanim svojstvima između pojedinih dijelova padine mogu se pripisati kratkoj dužini i malom, te neujednačenom nagibu padine.

**Ključne riječi:** hidrolitski aciditet,  $K_2O$ , pH,  $P_2O_5$

## Summary

Of the master's thesis – student **Šime Perković**, entitled

### **The influence of the relief on the selected chemical properties of the pseudogley under vineyard**

The objectives of this research were to analyse the selected chemical properties of the pseudogley under vineyard on the three slope positions and to compare it. The study was conducted in 2023 at "Jazbina", experimental site of the Faculty of Agriculture in Zagreb. A total of 15 top-soil samples (0-30 cm) were analysed, five samples from each slope position (hilltop, backslope and footslope). Values of pH, hydrolytic acidity ( $y_1$ ),  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  and total copper (Cu) were measured in all the samples. A slight increase of pH values from the hilltop to the footslope ( $pH_{KCl}$  4.6-4.8) and decrease of  $y_1$  values (12.1-10.6 cmol/kg) was caused by the slope of the terrain, although differences were not significant. Significantly higher concentrations of  $P_2O_5$  at the footslope in comparison to the hilltop was observed (10.4 and 3.4 mg/100 g of soil, respectively). The  $K_2O$  concentration at the footslope (29.7 mg/100 g of soil) was significantly higher compared to the backslope (21.2 mg/100 g of soil). Significantly higher Cu concentrations (60.0 and 59.6 mg/kg) were measured in the backslope and footslope samples in comparison to the hilltop (50.4 mg/kg). Relatively minor differences in studied soil properties between slope positions can be ascribed to a short length and low and uneven inclination of the slope.

**Key words:** hydrolytic acidity,  $K_2O$ , pH,  $P_2O_5$



# 1. Uvod

Reljef se definira kao oblik i položaj Zemljine površine u nekom prostoru i spada u pasivne pedogenetske čimbenike, jer posredno utječe na procese tvorbe tla. Reljef utječe na vodo-zračne odnose u tlu, budući da se na uzvišenim dijelovima voda cijedi niz padinu, a u udubljenim reljefnim formama se nakuplja (Husnjak, 2014). Vrlo je važno spomenuti inklinaciju odnosno nagib reljefa koji može uzrokovati eroziju i zbog toga ograničavati pedogenetske procese. Također, odnošenje mineralnih i organskih čestica tla, koje uzrokuje erozija, ometa daljnju evoluciju tla (Husnjak, 2014.).

„Erozijski procesi se odnose na površinsku migraciju zemljišnog materijala i/ili matičnog supstrata pod utjecajem površinskih voda ili vjetra“ (Špoljar, 2016.). Proces erozije ovisi o nekoliko različitih čimbenika, a to su: nagib tla, količina i intenzitet padalina, obraslost terena vegetacijom, brzina i učestalost vjetra, te o samim značajkama tla (Špoljar, 2016.). Kemijska svojstva tla koja se najznačajnije mijenjaju pod utjecajem erozije su: organska tvar i hranjiva, kapacitet tla za vodu, reakcija tla, te bioraznost (Kisić, 2017.).

Pseudoglej je tip tla koji pripada razredu pseudoglejnih i redu semiterestričnih tala. Karakteriziran je prisutnošću slabo propusnog horizonta u gornjem dijelu pedološkog profila, zbog čega dolazi do stagniranja oborinske vode uz nastanak pseudoglejnog horizonta (Husnjak, 2014.). Pseudoglejno tlo ima mramorirani izgled zbog izlučivanja oksidiranih željeznih i manganovih spojeva. S obzirom na način postanka razlikujemo primarni pseudoglej čija je građa profila Aoh/um - E/S - IIB/S - C i sekundarni pseudoglej građe profila Aoh/um - E/s - B/S - C (Husnjak, 2014.). Fizikalna i kemijska svojstva ovog tla su nepovoljna. Gornji dio profila je praškaste i nestabilne strukture, dok je pseudoglejni horizont jako zbijen i nepropustan za vodu, što čini vodo-zračne odnose nepovoljnima (Škorić, 1986.). Reakcija pseudoglejnih tala je kisela, sadržaj humusa niski, a biološka aktivnost slaba. Zbog svega navedenog, za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju nužne su mjere popravke tla kao što su kalcifikacija, podriavanje, humizacija, te meliorativna gnojidba (Husnjak, 2014.). U Hrvatskoj je rasprostranjenost pseudoglejnih tala dominantno u kontinentalnoj Hrvatskoj, a u ostatku Hrvatske ga ima vrlo malo (Rubinić i sur., 2014.). Korištenje pseudoglejnih tala u poljoprivrednoj proizvodnji je raznovrsno, od uzgoja ratarskih i krmnih kultura (Rubinić i sur., 2015b.), voćarskih (Miljković, 2000.) do podizanja vinograda na njima (Husnjak, 2008.). Prema Husnjaku (2008.) dominantno hidromorfno tlo u Hrvatskoj za vinograde je pseudoglej obronačni srednje duboki koji pripada klasi ograničeno pogodnih tala (P-3) za vinogradarstvo. To znači da su nužne mjere popravke tla, odnosno priprema tla za podizanje vinograda koja uključuje rigolanje tla i meliorativnu gnojidbu.

Rigolanje se koristi prvenstveno za popravljivanje vodo-zračnih odnosa u tlu, ali u isto vrijeme može izazvati probleme. Cerda i sur. (2016.) navode da se prilikom podizanja nasada rigolanjem i podriavanjem, uslijed korištenja teške mehanizacije narušavaju fizikalne značajke tla, što uzrokuje posljedično javljanje pojačane erozije. Vukadinović i Vukadinović (2011.) ističu da je kod pripreme tla za sadnju višegodišnjih nasada poželjno u tlo unositi organsku tvar u svrhu održavanja ili podizanja postotka humusa u tlu. Rigolanjem uz primjenu

meliorativne organske i mineralne gnojidbe formira se homogeni, duboki antropogeni P horizont, bitno izmijenjenih svojstava. Prema Husnjaku (2014.), pseudoglejno tlo značajno izmijenjenih svojstava (morfoloških, fizikalnih i kemijskih) uslijed rigolanja, naziva se rigolano semiterestričko tlo iz pseudogleja.

Hipoteza ovog rada je da nagib tla utječe na kemijska svojstva rigolanog semiterestričkog tla iz pseudogleja pod vinogradarskom proizvodnjom.

Ciljevi rada su: (i) odrediti odabrana kemijska svojstva rigolanog tla iz pseudogleja (pH,  $y_1$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , Cu) na tri dijela padine (vrh, sredina, dno) i (ii) međusobno ih usporediti.

## 2. Pregled literature

Pseudoglej, kao tip tla, po svim svojim značajkama može se svrstati u klasu ograničeno pogodnih tala za intenzivnu biljnu proizvodnju. Tako Husnjak (2014.) navodi da su najveći problem ovih tala kisela reakcija, te loši vodo zračni odnosi. Uz navedeno, to je i tlo malog kapaciteta adsorpcije, niskog sadržaja humusa i dušika, generalno je slabo opskrbljeno hranivima, a posebno fosforom. Prilikom korištenja ovog tla za biljnu proizvodnju Husnjak (2014.) ističe da je potrebno poduzeti sljedeće mjere: duboku obradu, kalcizaciju, gnojidbu fosforom, kalcijem i dušikom, te zaštitu od erozije. Generalno, problem u poljoprivrednoj praksi može predstavljati preveliko doziranje dušika koje dovodi do dodatnog zakiseljavanja tla, na što su u svom istraživanju ukazali Yang i sur. (2018.). U tom istraživanju autori su u nasadima čaja pratili osmogodišnji utjecaj dušične gnojidbe od 569 kg/ha/god na reakciju tla i utvrdili značajno smanjenje pH vrijednosti. Dodatno, izvijestili su i o značajnoj količini ispranih kationa (magnezija, kalcija, kalija). Za razliku od navedenog istraživanja, Shi i sur. (2019.) su utvrdili da korištenje stajskog gnoja može usporiti zakiseljavanje tla uzrokovano korištenjem mineralnog gnojiva. Oni su svoje istraživanje proveli u južnom dijelu Kine, a samo istraživanje je uključivalo gnojidbu mineralnim NPK gnojivima, stajskim gnojem kao i njihovu kombinaciju. Rezultati istraživanja su pokazali da je primjena stajskog gnoja povećala pH tla, ali i puferski kapacitet tla.

Brojni istraživači u Hrvatskoj proučavali su utjecaj kalcifikacije i gnojidbe na različita svojstva tla. Tako su Lončarić i sur. (2006.) na praškasto ilovastom pseudogleju u Donjem Miholjcu, niske pH vrijednosti i sadržaja organske tvari, utvrdili da kalcifikacija utječe na povećanje pH vrijednosti tla u prosjeku za jednu do dvije jedinice. Standardna gnojidba pri odgovarajućem pH utječe na povećanje količine organske tvari, a ne smanjuje vrijednost pH. Slično istraživanje proveli su i Butorac i sur. (2005.) na lesiviranom tlu na lokalitetu Lukač u Virovitici. Istraživanje je provedeno na četverogodišnjem plodoredu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa. Tijekom istraživanja korištena su kompleksna gnojiva 7:20:30 i 8:26:26, zatim tripleks i 60%-tna kalijeva sol. Gnojidba dušikom za sve varijante iznosila je 200 kg/ha a primijenjen je u obliku ureje i KAN-a. Gnojidba fosforom i kalijem za standardnu varijantu iznosila je 140 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, odnosno 210 kg K<sub>2</sub>O/ha tijekom svih godina istraživanja. Pri četverogodišnjoj gnojidbi na zalihu primjenjivalo se 553 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha odnosno 640 kg K<sub>2</sub>O/ha, a pri dvogodišnjoj 273 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha i 410 kg K<sub>2</sub>O/ha. Rezultati istraživanja su pokazali da je gnojidba pozitivno utjecala na prinos korijena šećerne repe zbog povećanja organske tvari, ali je u ovom slučaju ipak došlo do acidifikacije. Iz pregleda navedenih istraživanja vidljivo je da primjena sličnih agrotehničkih mjera može polučiti različite rezultate. Razlog tome je što na acidifikaciju ne utječu samo ljudske aktivnosti nego i različiti klimatski uvjeti u kojima se tlo nalazi, prvenstveno količina oborina.

Kljajić i sur. (2012.) ističu da su na poljoprivrednim proizvodnim površinama prisutna oštećenja (u prvom redu zbijanje) tla uzrokovana različitim oblicima antropogenizacije (npr. upotrebom moderne teške mehanizacije). Za popravljavanje svojstava pseudoglejnih tala Vidaček i Husnjak (2021.) naglašavaju važnost uređenja vodno-zračnog režima hidrotehničkim i agrotehničkim mjerama, od baulacije do crijevne drenaže. Također ističu i

važnost provođenja kalcizacije, te melioracijske gnojidbe. Jedan od limitirajućih čimbenika u biljnoj proizvodnji je i dubina tla, kao i postojanje teško propusnog horizonta tla koji onemogućava nesmetan razvoj korijena biljaka. Stoga je duboka obrada tla neizostavna mjera kod tala s prisutnošću takvog horizonta, kao što je pseudoglej. Prema rezultatima trogodišnjih istraživanja Butorca i sur. (2000.) duboka obrada obronačnog pseudogleja imala je pozitivan utjecaj na prinos korijena šećerne repe i šećera. Budući da je vinogradarstvo najzastupljeniji oblik poljoprivredne proizvodnje na pseudogleju u RH (Magdić, 2021.), Husnjak (2014.) navodi da je nužna korekcija teško propusnog horizonta koji uzrokuje stagniranje oborinske vode. To se prvenstveno odnosi na duboko oranje ili rigolanje, kojim se miješa humusno-akumulativni sa eluvijalno-pseudoglejnim i gornjim dijelom iluvijalno-pseudoglejnog horizonta. Tako se formira antropogeni horizont koji ima reducirane probleme suvišnog vlaženja, ali i bolje fizikalne, kemijske i biološke značajke u odnosu na prirodni pseudoglej i samim time je pogodniji za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju. Ovakav način obrade dovodi do nastanka rigolanog pseudoglejnog tla (Husnjak, 2014.).

Bakar (Cu) pripada skupini esencijalnih mikroelemenata koji su neophodni za život biljaka, životinja i ljudi, ali uz preveliku koncentraciju i bioraspoloživost u okolišu mogu imati toksičan učinak na biljke i životinje, te kontaminirati hranu (Vukadinović i Lončarić, 1998.; Sanita di Toppi i Gabbrielli, 1999.; Kisić 2012.). Nordberg i Fowler (2007.) navode da se potencijalno toksični elementi u okolišu pojavljuju kao posljedica ljudskog djelovanja i to isparavanjem u atmosferu, zatim precipitacijom i sedimentacijom dospijevaju u vode i tlo. Povećana koncentracija bakra u tlu je česta pojava kod uzgoja vinove loze zbog intenzivne primjene poljoprivrednih kemikalija, uglavnom mješavine Bordeaux (Bordo) jer je to učinkovito sredstvo za prevenciju peronospore vinove loze (Vitanović i sur., 2010.). Tako su Rusjan i sur. (2007.) uspoređivali koncentraciju bakra u vinogradskim tlima i šumskim tlima na području submediteranske Slovenije, te utvrdili značajno veću koncentraciju na vinogradskim tlima. Također, koncentracija bakra u tlu može se povećati i kao rezultat ispiranja sa listova vinove loze (Romić i Romić, 2003.; Paradelo i sur., 2008.; Romić i sur., 2014.). Petljak (2019.) je istraživala postoje li razlike u sorpciji i desorpciji bakra na adsorpcijski kompleks tla između dva tipa vinogradarskih tala (pseudoglej obronačni na pokušalištu Jazbina i rigosol pokusnog nasada Baštica). Veću sorpciju i retenciju bakra utvrdila je na pseudogleju obronačnom u odnosu na rigosol. Autorica ističe da je bakar relativno imobilan i slabo biopristupačan metal, koji se najviše nakuplja u površinskim horizontima tla. Zovko i Romić (2011.) navode da upravo nagnuti tereni predstavljaju problem zbog mobilnosti teških metala u ovom slučaju bakra. Razlog tome je mobilnost potencirana erozijskim procesima, najčešće vodom, što dovodi do opasnosti od nakupljanja bakara u podnožju padine kontaminacije tla.

Utjecaj reljefa na svojstva tla proučavali su mnogi istraživači (Griffiths i sur., 2009.; Rubinić i sur., 2015b; Daniels i sur., 1971.; Alaoui i sur., 2011.). Tako su Rubinić i sur. (2015b.) istraživali utječe li nagib terena i način korištenja zemljišta na značajke pseudoglejnog tla na obronku u Donjoj Zelini. Autori su utvrdili da je nagib terena prvenstveno utjecao na stratigrafsku građu istraženog tla. Također je utvrđeno da je nagib terena uvjetovao ekološku dubinu duž istražene padine, te tokovi vode i čestice tla nisu znatno utjecali na istražena svojstva tla. Autori naglašavaju da je potrebno u istim ekološkim uvjetima provesti

istraživanje duž padina različitih dužina, te koristiti veći broj opažanja. Mirošević i Karoglan Kontić (2008.) navode da su upravo nagnuti tereni najkvalitetnija vinogradarska staništa i da obradom tla u vinogradima dolazi do pojačane opasnosti od erozije, zbog čega je potrebno provoditi terasiranje, te zatravljivanje višegodišnjim travama i leguminozama. Prema Ritteru (2012.) nagib terena i erozija najviše utječu na gubitak gornjeg sloja tla koji sadrži najveće količine hranjivih tvari, koje izravno utječu na prinos i rast kultiviranog bilja. Prema Kisiću i sur. (2002a.) količina aktivnog fosfora i kalija na pseudogleju obronačnom pada s dubinom, a Mesić (2001.) navodi kako je koncentracija fiziološki aktivnog hranjiva uvijek najveća u površinskom horizontu tla. Rastija i sur. (2009.) naglašavaju da pojačana mineralna gnojidba kroz razdoblje od 5 godina povećava opskrbljenost tla fosforom za više od 10 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g tla. Verity i Anderson (1990.) su u svom istraživanju zaključili da zbog djelovanja jače erozije dolazi do ispiranja svih hranjiva u tlu sa gornjeg na donji dio padine, osim anorganskog fosfora čija je koncentracija ostala nepromijenjena. Većina autora se slaže da je pseudoglejno tlo osrednje opskrbljeno fiziološkim aktivnim kalijem (Husnjak, 2014.; Lončarić i sur. 2006.; Resulović i sur., 2008.; Kisić i sur., 2002b.), dok Kovačević i sur. (2005.) navode da je pseudoglejno kiselo tlo istočne Hrvatske slabo opskrbljeno kalijem. Brojni autori (Verity i Anderson 1990.; Ritter, 2012.; Changere i Lal, 1997.; Kisić i sur., 2002b.) slažu se da se hranjive mineralne i organske tvari na padini ispiru zbog djelovanja erozije vodom i akumuliraju u donjim dijelovima padine, pa su tako na donjim dijelovima padine utvrdili veće količine fiziološki aktivnog kalija.

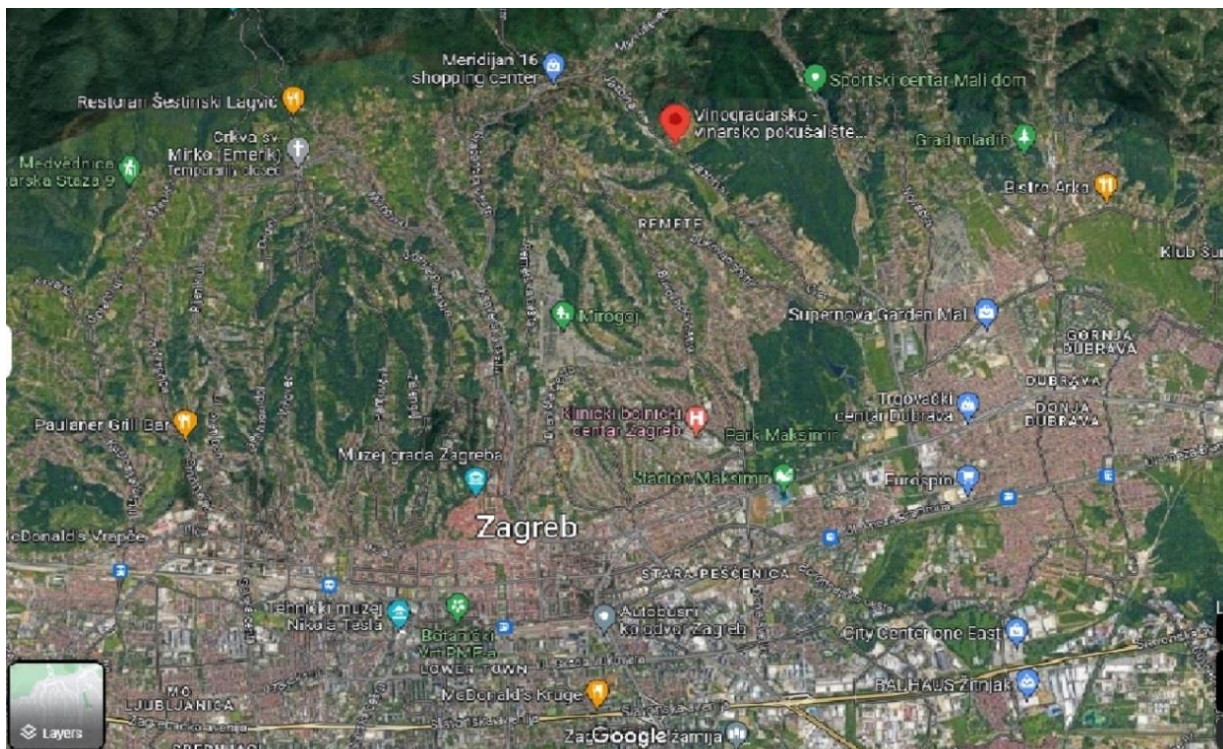
## 3. Materijali i metode

### 3.1. Područje istraživanja

Vinogradarsko–vinarsko pokušalište "Jazbina" nalazi se u sastavu Agronomskog fakulteta od 1939. godine. Od tada do danas služi kao znanstveno-nastavno pokušalište za područja vinogradarstva, vinarstva i voćarstva. Smješteno u neposrednoj blizini Agronomskog fakulteta, ponajprije je mjesto znanstveno-istraživačkog rada i edukacije studenata u području vinogradarstva i vinarstva. Pokušalište je idealno stanište za uzgoj za uzgoj vinove loze, pa se tako na pokušalištu tradicionalno proizvode vina iznimne kakvoće kao što su: Traminac-Zlatarovo zlato, Graševina-Dora Krupićeva, Chardonnay itd.

Pokušalište Jazbina nalazi se u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske, na južnim obroncima Zagrebačke gore, na brijegu Biškupov čret gdje zauzima lijevu stranu jako razvedene padine s kotama terena od 202 do 289 m i prosječnim nagibom od 16% (Pajač Živković i sur., 2012.). Slika (3.1.1.)

Vinogradarsko-voćarsko pokušalište Jazbina nalazi se u sklopu Zagrebačkog vinogorja, vinogradarske podregije Prigorje-Bilogora. Čitava podregija pripada području umjerene kontinentalne klime koja se odlikuje blagim, tek ponekad hladnijim zimama i ugodno toplim, ponekad vrućim ljetima semiaridnih područja (Pajač, 2007.). Prema Škoriću (1953.) na pokušalištu su (prema tada važećoj klasifikaciji tala) zastupljena dva tipa tla: antropogenizirano podzolirano tlo i podzolirano smeđe tlo. Prema novijim literaturnim podacima (Bažon, 2011.) na pokušalištu Jazbina dominira rigolano tlo vinograda iz obronačnog pseudogleja, prema klasifikaciji Husnjaka (2014). Navedeno tlo razvijeno je na pleistocenskim ilovinama i pliocenskim glinama.



Slika 3.1.1. Lokacija pokušališta „Jazbina“

(Izvor: <https://www.google.com/maps/place/Jazbina+experimental+station/@45.8385188,15.9740807,13.06z/data=!4m6!3m5!1s0x4765d9d160720da9:0x89ba4dfc260779db!8m2!3d45.8558703!4d16.0028203!16s%2Fg%2F1pycljs5r>, pristupljeno: 26.3.2023.)

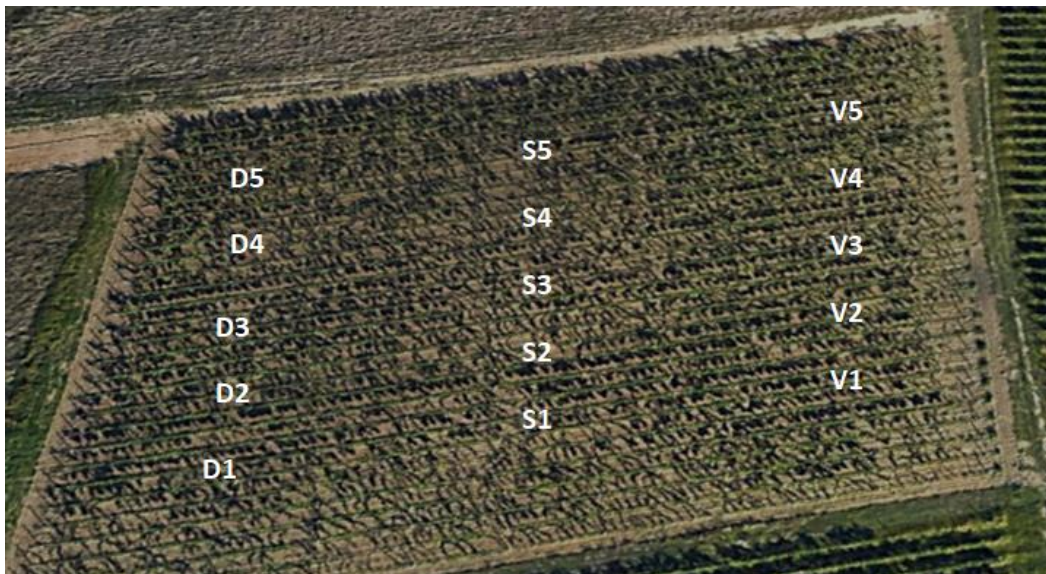
## 3.2. Terenski rad

Terenski dio istraživanja proveden je 09.11.2022. u vinogradu pokušališta Jazbina Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Vinograd je starosti 11 godina, a smješten je na padini nagiba 14%. Redovi su orijentirani niz padinu, a međuredni prostor je zatravljen, (slika 3.2.1.).



Slika 3.2.1. Vinograd pokušališta Jazbina Agronomskog fakulteta u Zagrebu

Uzorci tla uzeti su pedološkom sondom s dubine 0 - 30 cm. Ukupno je uzeto 15 prosječnih uzoraka tla, prema shemi prikazanoj na slici 3.2.2. Na svakom dijelu padine, vrh (V), sredina (S) i dno (D) uzeti su uzorci tla unutar reda vinograda, u 5 ponavljanja.



Slika 3.2.2. Shema uzorkovanja tla (Izvor: Google Earth, 2023.)

### 3.3. Laboratorijski rad

Uzorci tla sušili su se tjedan dana na zraku dok u potpunosti nisu bili suhi, te su potom usitnjeni u mlinu i prosijani kroz sito promjera 2 x 2 mm (HRN ISO 11464:2009 (2009.)) Na ovaj način uspješno je odvojen skelet tla (> 2 mm), te je dobivena zrakосуha sitnica tla koja se koristila za laboratorijske analize.

Laboratorijske analize uključivale su slijedeća kemijska svojstva uzoraka tla:

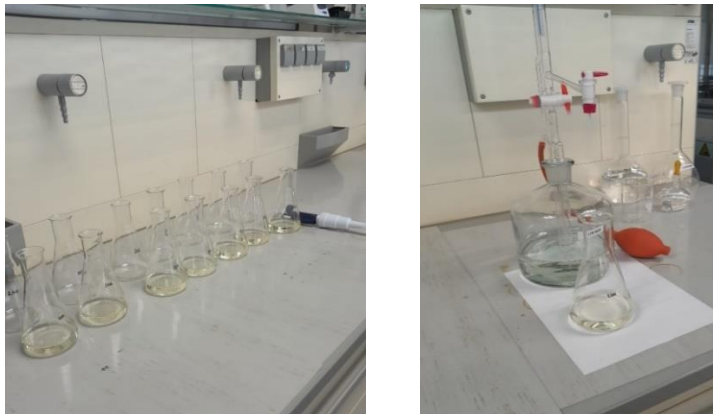
- Reakcija (pH) otopine tla u 1M kalijevom kloridu (KCl) i u destiliranoj vodi u omjeru zrakосуha sitnica : H<sub>2</sub>O (KCl), 1:5 pomoću pH-metra (HRN ISO 10390:2005 (2005.)) (Slika 3.3.1.)



Slika 3.3.1. Postupak određivanja reakcije tla pH metrom



- Hidrolitski aciditet ( $y_1$ ), otapanjem tla u 1 N otopini natrijevog acetata ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) i titiranjem filtrata (u koji smo dodali 1-2 kapi fenolftaleina) sa 0,1N natrijevom lužinom (NaOH) do pojave trajno ružičaste boje (metoda po Kappenu, JDPZ, 1966.). (Slike 3.3.2., a i b)



Slika 3.3.2. Pripremljeni filtrirani uzorci za određivanje hidrolitskog aciditeta (a) i postupak titiranja s NaOH (b)

- Fiziološki aktivna hraniva, kalij u obliku  $\text{K}_2\text{O}$  i fosfor u obliku  $\text{P}_2\text{O}_5$  (AL- metoda, JDPZ, 1966.). Koncentracija fiziološki aktivnog fosfora očitava se spektrofotometrijski, mjerio se intenzitet razvijene plave boje P-kompleksa na valnoj duljini od  $\lambda = 620 \text{ nm}$ , a koncentracija fiziološki aktivnog kalija izračunava se na temelju vrijednosti dobivenih direktno iz ekstrakta tla mjerenjem emisije elektromagnetskog zračenja na plamenom fotometru
- Ukupni sadržaj bakra određen je prijenosnom rendgenskom fluorescencijom (pXRF).

Sve navedene analize provedene su u laboratorijima Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

### 3.4. Statistička obrada podataka

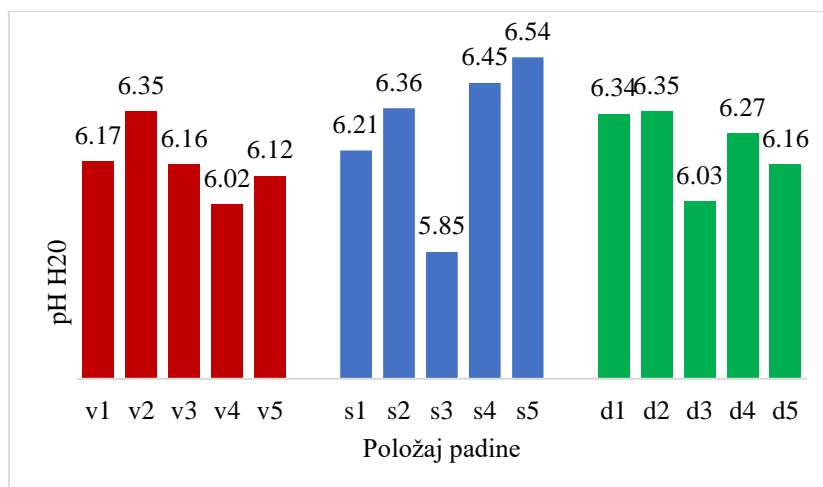
Statistička obrada podataka provedena je jednosmjernom analizom varijance (ANOVA). U slučaju postojanja statistički opravdanih razlika između grupa uzoraka (dijelovi padine) proveden je post hoc test da bi se utvrdilo koja se grupa točno razlikuje od koje, uz 95% -tnu vjerojatnost. Obje analize provedene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

## 4. Rezultati istraživanja i rasprava

### 4.1. Reakcija tla

Reakcija tla ili pH tla je pokazatelj niza agrokemijskih svojstava tla (fizikalnih, kemijskih, bioloških) važnih za ishranu bilja. Herak Ćustić i sur. (2005.) ističu da je reakcija tla odnosno pH tla jedan od osnovnih pokazatelja plodnosti tla jer značajno utječe na raspoloživost hraniva. Lončarić i sur. (2015.) navode kako optimalni pH tla za većinu poljoprivrednih kultura iznosi 6-7. Škorić (1986.) ističe da je pH tla izrazito važan za genuzu i evoluciju tla, jer svakom intenzivnijom acidifikacijom tla aktiviraju se pedogenetski procesi što uzrokuje nastanak raznih tipova tala. Vukadinović i Vukadinović (2018.) naglašavaju da ekstremne reakcije tla proizlaze iz značajnog utjecaja koncentracija soli u tlu. Također, Vukadinović i Vukadinović (2011.) ukazuju kako je drugi najveći problem u svijetu zakiseljavanje tla zbog intenzivne degradacije zemljišta, te navode da do intenziviranja procesa acidifikacije i debazifikacije dolazi kada godišnja količina oborina prijeđe 630 mm. To je u skladu s istraživanjem Lasletta i sur. (1987.) koji su naveli da je preplavljanje tla utjecalo na ekstremno niski pH tla. Škorić (1986.) također ističe da sezonske varijacije vlage mogu utjecati na različita oksidacijska i redukcijska stanja unutar tla, što može imati izravan utjecaj na pH tla.

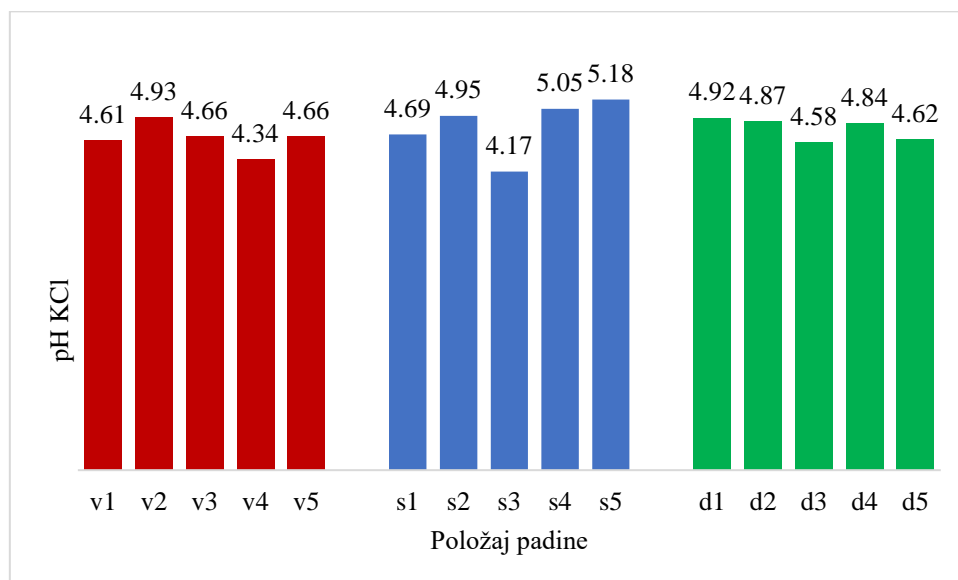
Razlikujemo aktualnu i potencijalnu reakciju/kiselost tla. Prema Gavriiloaiei (2012.) aktualna kiselost nekog tla je izražena koncentracijom vodikovih iona u otopini tla, a mjerenje aktualne kiselosti se provodi u vodi. Potencijalna kiselost prema Pansu i Gautheyrou (2006.) predstavlja kiselost koja proizlazi iz  $H^+$  fiksiranih na adsorpcijskom kompleksu nekog tla, a koji će se izmijeniti sa solima koje sadrže elektronegativnije elemente u odnosu na vodikove. Potencijalna kiselost tla se za razliku od aktualne kiselosti mjeri u KCl-u. Rezultati potencijalne i aktualne kiselosti istraživanog tla prikazani su na grafovima 4.1.1. i 4.1.2.



Graf 4.1.1. Aktualna reakcija tla ( $pH_{H_2O}$ ) s obzirom na položaj padine (vrh (v), sredina (s), dno (d))

Na vrhu padine vrijednosti  $pH_{(H_2O)}$  varirale su od 6,02 do 6,35, na sredini padine od 5,85 do 6,54, a na dnu padine od 6,03 do 6,35. Srednja vrijednost  $pH_{(H_2O)}$  za pojedine dijelove padine iznosi: vrh 6,16, sredina 6,28, dno 6,23. Uspoređujući srednje vrijednosti za pojedine dijelove padine vidljivo je da vrijednosti  $pH_{(H_2O)}$  rastu od vrha prema dnu, iako su najviše vrijednosti izmjerene u uzorcima sa sredine padine (Graf 4.1.1.).

Rezultati određivanja potencijalne reakcije tla (Graf 4.1.2) prate rezultate aktualne reakcije tla, uz očekivano niže vrijednosti. U uzorcima sa vrha padine vrijednosti  $pH_{(KCl)}$  varirale su od 4,34 do 4,93, sa sredine padine u rasponu 4,17-5,18, a u uzorcima sa dna padine 4,58-4,92. Srednje vrijednost  $pH_{(KCl)}$  iznosile su: 4,64 za uzorke sa vrha padine, 4,81 za uzorke sasredine i 4,77 za uzorke sa dna padine. Uspoređujući rezultate srednjih vrijednosti  $pH_{(KCl)}$  uočava se porast vrijednosti od vrha prema dnu, uz najviše vrijednosti izmjerene u uzorcima sa sredine padine.



Graf 4.1.2. Potencijalna reakcija tla ( $pH_{KCl}$ ) obzirom na položaj padine (vrh (v), sredina (s), dno (d))

U uzorcima sa gornjeg i srednjeg dijela padine reakcija tla je jako kisela ( $<4,5$ ) do kisela (4,5-5,5), dok je u uzorcima sa donjeg dijela padine isključivo kisela. Promatrajući srednje  $pH$  vrijednosti u uzorcima sa sva tri dijela padine možemo zaključiti da istraživano tlo u prosjeku ima kiselu reakciju. Navedena reakcija je karakteristična za većinu pseudoglejnih tala, prema Škoriću (1986.) i Husnjaku (2014.). Slične rezultate, uz manja odstupanja, dobili su i mnogi istraživači u ranijim istraživanjima pseudogleja u RH pod različitim načinima gospodarenja tлом. Tako Vukadinović i Vukadinović (2011.) navode da je reakcija pseudogleja slabo do umjereno kisela (5-6) što su nešto više  $pH$  vrijednosti od utvrđenih u ovom istraživanju. Bogunović i sur. (2009.) su utvrdili raspon  $pH_{(KCl)}$  3,41-6,01, a  $pH_{(H_2O)}$  4,52-6,95 što se u potpunosti podudara sa pseudoglejom u ovom istraživanju. Međutim, Magdić i sur. (2022.) su u pseudogleju pod vinogradarskom proizvodnjom na području Jastrebarskog utvrdili nešto niže vrijednosti  $pH_{(H_2O)}$  u rasponu 4,75-5,46. Rubinić i sur. (2014) su također utvrdili kiseli

reakciju pseudogleja pod prirodnom vegetacijom ( $pH_{(H_2O)}$  3,83-6,19 i  $pH_{(KCl)}$  3,04-5,08) u odnosu na rezultate ovog istraživanja.

Jednosmjernom analizom varijance (ANOVA) utvrđeno je da ne postoje statistički opravdane razlike između dijelova padine ( $F < F_{crit}$ ) u aktualnoj i potencijalnoj reakciji istraživnog tla, tablica 4.1.1.

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

Izvor varijabiliteta	SS	df	MS	F	p	Fcrit
$pH_{(H_2O)}$						
između grupa	0,34973	2	0,017487	0,496076	0,620871	3,885294
unutar grupa	0,423	12	0,03525			
ukupno	0,457973	14				
$pH_{(KCl)}$						
između grupa	0,07644	2	0,03822	0,50411	0,616283	3,885294
unutar grupa	0,9098	12	0,075817			
ukupno	0,98624	14				

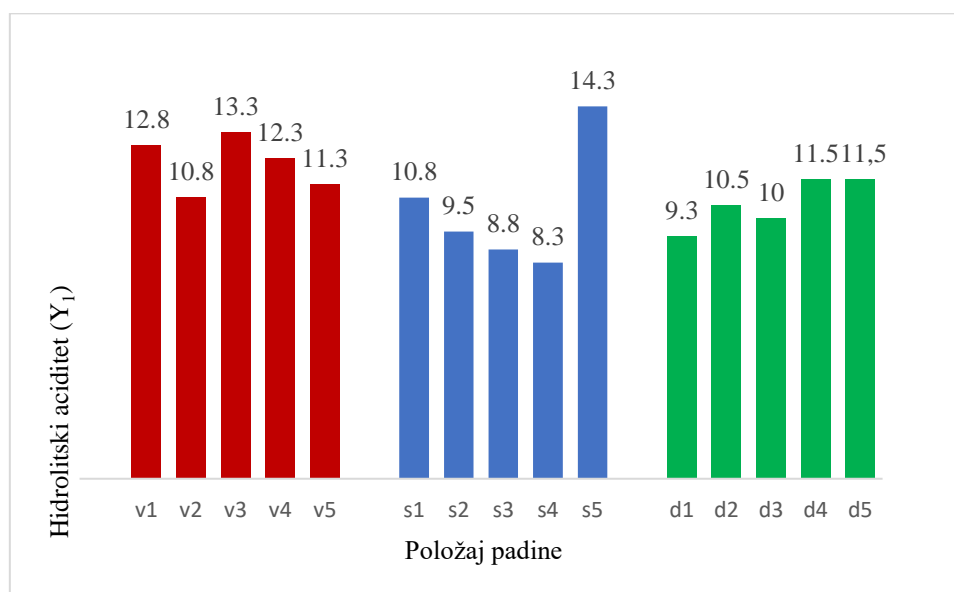
Iako nisu utvrđene statistički značajne razlike u reakciji tla između pojedinih dijelova padine, uočavaju se niže pH vrijednosti izmjerene u uzorcima sa vrha padine, u odnosu na sredinu i dno. Kisić i sur. (2002b.) navode da pH tla često značajno raste duž padine jer erodirani nanosi na pseudogleju obronačnom imaju višu pH vrijednost. S tom tvrdnjom se slažu i Jurišić i sur. (2012.) kao i Mainam i sur. (2003.) koji zaključuju da se pH vrijednost povećava kretanjem niz padinu. Filipović i sur. (2022.) su također utvrdili porast  $pH_{(H_2O)}$  u rasponu 6,2-6,9 i 5,3-5,4 na dvije lokacije pseudoglejnog tla pod vinogradima na nagibu u Zagrebu. S obzirom na prethodne navode može se zaključiti da su erozijski procesi i ispiranje baza, odnosno kretanje i akumuliranje erodiranog materijala pri dnu padine utjecali na nešto veću pH vrijednost u uzorcima s dna padine u odnosu na one sa vrha. Minimalne razlike u pH vrijednostima mogu se pripisati relativno maloj dužini istraživane padine (100 m), te neujednačenom nagibu duž cijele padine. O minimalnom utjecaju reljefa na pH tla izvještavaju i Rubinić i sur. (2015a), te Rubinić i sur. (2015b) koji također nisu utvrdili značajne razlike u reakciji između vrha i dna padine pod pseudoglejnim tlom. Kao mogući razlog autori navode nekontinuiranu toposekvencu i dužinu padine, što je u skladu s uvjetima ovog istraživanja.

## 4.2. Hidrolitski aciditet ( $Y_1$ )

Hidrolitski aciditet je sveukupni potencijalni aciditet tla i odnosi se na vodikove ione koji su slabije (difuzni sloj) ali i one koji su čvršće vezani na adsorpcijski kompleks tla (adsorpcijski

sloj). Određuje se pomoću soli jakih baza i slabih kiselina poput natrijevog acetata ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ). Prilikom toga se  $\text{H}^+$  s adsorpcijskog kompleksa zamjenjuju s  $\text{Na}^+$  iz otopine tla, te se za određivanje stvorene octene kiseline koristi titracija s  $\text{NaOH}$ . Vrijednost hidrolitskog aciditeta koristi se za izračunavanje nezasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla bazama, kao i maksimalnog kapaciteta adsorpcije tla (Sever i Bensa, 2009.). To je važna i neizostavna metoda kojom se određuje doza vapna potrebna za kalcifikaciju kiselih tala. Množenjem vrijednosti hidrolitskog aciditeta odgovarajućim faktorima za različite materijale za kalcifikaciju ( $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaO}$ ) određuju se količine navedenih materijala potrebne za povećanje pH oraničnog sloja tla dubine 0-30 cm na 7, što je pogodno za uzgoj većine poljoprivrednih kultura.

Rezultati određivanja hidrolitskog aciditeta istraživanog tla prikazani su na grafu 4.2.1.



Graf 4.2.1. Vrijednosti hidrolitskog aciditeta tla s obzirom na položaj padine (vrh (v), sredina (s), dno (d))

U uzorcima sa vrha padine vrijednosti  $y_1$  varirale su od 10,8 do 13,3 cmol/kg, sa sredine od 8,3 do 14,3 cmol/kg, a u uzorcima sa dna padine od 9,3 do 11,5 cmol/kg. Srednja vrijednost hidrolitskog aciditeta za svaki dio padine iznosi: vrh-12,1 cmol/kg, sredina-10,3 cmol/kg i dno-10,6 cmol/kg. Srednje vrijednosti pokazuju smanjenje hidrolitskog aciditeta od vrha prema dnu padine. To je u skladu s ranije prikazanim povećanjem pH od vrha prema dnu (grafovi 4.1.1. i 4.1.2.) Utvrđene vrijednosti hidrolitskog aciditeta upućuju na potrebu za niskom dozama materijala za kalcifikaciju ( $y_1$  u rasponu 8-16) na svim dijelovima padine.

Statistička obrada podataka hidrolitskog aciditeta tla pokazala je da ne postoje statistički značajne razlike između pojedinih dijelova padine, tablica 4.2.1

Tablica 4.2.1. Sumarna tablica analize varijance za  $y_1$

Izvor varijabiliteta	SS	df	MS	F	p	Fcrit
između grupa	9,196	2	4,598	1,77392	0,211382	3,885294
unutar grupa	31,104	12	2,592			
ukupno	40,3	14				

Rezultati mjerenja hidrolitskog aciditeta u ovom istraživanju u skladu su s prethodnim istraživanjima pseudogleja pod različitim načinima korištenja. Tako su Kisić i sur. (2002a.) na pseudogleju obronačnom utvrdili prosječnu vrijednost hidrolitskog aciditeta 12,8 cmol/kg u površinskom horizontu tla, na području Karlovačke županije (Donje Mekušje). Pandžić (2015.) je u površinskom sloju pseudogleja na zaravni na području Vrbovca utvrdila raspon hidrolitskog aciditeta 9,2-14,4 cmol/kg, pri ekološkoj i konvencionalnoj povrtlarskoj proizvodnji. Ivošević (2019.) je utvrdila nešto veće razlike u prosječnim vrijednostima  $y_1$  kod pseudogleja na zaravni na području Kutine pod različitim načinima korištenja tla, pod prirodnom vegetacijom – livada (12,3 cmol/kg), oranicom (12,5 cmol/kg), voćnjakom (18,2 cmol/kg), te povrtnjakom (14,0 cmol/kg). Iljić i sur. (2019.) su na tlima istočne Hrvatske (pretežito luvisolu i stagnosolu) utvrdili niže vrijednosti hidrolitskog aciditeta u rasponu od 4,19 do 4,93 cmol/kg. Rastija i sur. (2009.) su također utvrdili niže vrijednosti  $y_1$  (3,9-4,2 cmol/kg) na pseudoglejnim tlima s područja Donjeg Miholjca u odnosu na vrijednosti u ovom istraživanju. Razlog tim razlikama su i više pH vrijednosti u tlima istočne Hrvatske u odnosu na (sjevero) zapadnu Hrvatsku uvjetovane razlikama u klimatskim uvjetima. U humidnijim uvjetima pH tla je niži zbog intenzivnijeg ispiranja baza pa je i veća potreba za kalcifikacijom tla.

Minimalne razlike u hidrolitskom aciditetu između pojedinih dijelova padine u skladu su s istraživanjem Rubinića i sur. (2015b.), koji su također utvrdili male razlike između gornjih i donjih dijelova padine kod pseudogleja obronačnog. Na obronku pod prirodnom vegetacijom utvrdili su raspon 7,3-8,8 cmol/kg, a pod povrtlarskom proizvodnjom 9,0-10,3 cmol/kg. Kao i kod pH, male razlike između pojedinih dijelova padine pripisali su relativno kratkoj dužini i malom nagibu padine.

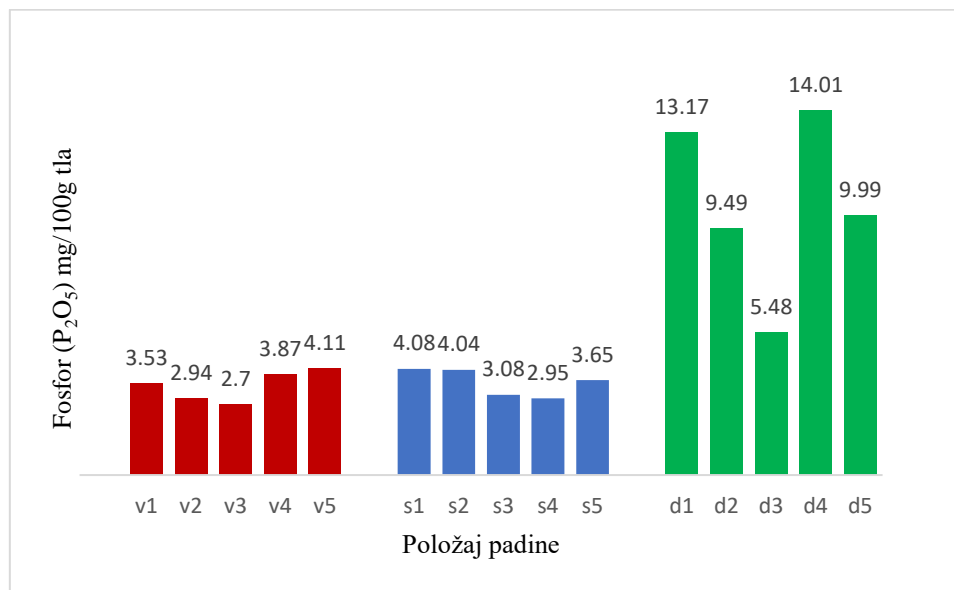
### 4.3. Fiziološki aktivna hraniva

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

Fosfor je nemetal koji se nalazi u prirodi, tlu i biljkama, a pripada značajnijim organskim spojevima kao što su fosfolipidi, nukleoproteidi i sl. Fosfor u tlu potječe iz procesa razgradnje matičnih stijena, najviše apatita. Vukadinović i Vukadinović (2011.) navode da se prema topivosti fosfor dijeli na: vodotopive fosfate, fosfor topiv u kiselinama, fosfor topiv u

lužnatim otapalima, teško topivi fosfor i organski fosfor tla. Biljka usvaja fosfor u anionskom obliku kao  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  i  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Čoga i Slunjski (2018.) ističu da je osnovni faktor koji utječe na pristupačnost fosfora u tlu reakcija tla i zasićenost adsorpcijskog kompleksa bazama. Vukadinović i Vukadinović (2011.) navode da nedostatak, ali i suvišak fosfora, djeluju negativno na biljke. Nedostatak fosfora, koji je česta pojava, može uzrokovati slab rast biljaka, slab razvoj korijenovog sustava, smanjenu cvatnju i zriobu. Suvišak, koji je rijetka pojava, uzrokuje usporen rast, tamnomrke pjege na lišću koje se šire prema bazi lišća i konačno otpadanje lišća, te starenje biljke.

Sadržaj fiziološki aktivnog fosfora u istraživanom tlu prikazan je na grafu 4.3.1.1.



Graf 4.3.1.1. Koncentracije fiziološki aktivnog fosfora u tlu s obzirom na položaj padine (vrh (v), sredina (s), dno (d))

U uzorcima sa vrha padine sadržaj fiziološki aktivnog fosfora varirao je u uskom rasponu 2,70 – 4,11 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla, slično kao i u uzorcima sa sredine padine (2,95 - 4,08 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla). U uzorcima sa dna padine utvrđen je širi raspon vrijednosti (5,48 - 14,01 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla), graf 4.3.1.1. Srednje vrijednosti P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> rasle su od vrha prema dnu padine u nizu  $3,43 < 3,56 < 10,43$  mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla.

Istraživano pseudoglejno tlo je vrlo slabo opskrbljeno fosforom na gornjem i srednjem dijelu padine, te vrlo slabo do slabo na donjem dijelu padine. Dobiveni rezultati sukladni su prethodnim istraživanjima pseudogleja pod različitim načinima korištenja zemljišta. Pandžić (2015.) je na području Vrbovca u površinskom horizontu pseudogleja pod prirodnom vegetacijom (livada) utvrdila prosječno 3,19 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla, a pod povrtlarskom proizvodnjom 7,02 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla. Ivošević (2019.) također izvještava o sličnim srednjim vrijednostima pseudogleja pod livadom (3,48 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla), te pod poljoprivrednom proizvodnjom (oranica pod ratarskim kulturama 7,66 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla, voćnjak 2,62 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla, te povrtnjak 6,49 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla). Kisić i sur. (2002b.) su u površinskom horizontu pseudogleja obronačnog također utvrdili nisku koncentraciju fosfora od 5,4 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla pri uzgoju kukuruza.

Vukadinović i Vukadinović (2011.) objašnjavaju da se u pseudoglejnom tlu formiraju teško topive soli aluminija i željeza sa slobodnim fosfatima što uzrokuje smanjenje fiziološki aktivnog fosfora. Također, navode da je količina fiziološki aktivnog fosfora u izravnoj korelaciji sa pH vrijednosti samog tla, pa upravo kisela reakcija tla uzrokuje smanjenje  $P_2O_5$ , što naglašava i Špoljar (2007.) Kisela reakcija tla u ovom istraživanju, posebno na gornjem i srednjem dijelu padine (grafovi 4.1.1.i 4.1.2.) u skladu je s navedenim tvrdnjama o manjem sadržaju  $P_2O_5$  u tlu pri nižim pH vrijednostima.

Jednosmjerna analiza varijance otkrila je postojanje signifikantnih razlika između grupa uzoraka (dijelova padine) za sadržaj  $P_2O_5$  u tlu ( $F > F_{crit}$ ) uz vjerojatnost pogreške od 5 %, tablica 4.3.1.1. Da bi se utvrdilo koji se točno dijelovi padine međusobno statistički značajno razlikuju u sadržaju  $P_2O_5$  u tlu proveden je post hoc test, tablica 4.3.1.2.

Tablica 4.3.1.1. Sumarna tablica analize varijance za sadržaj  $P_2O_5$

Izvor varijabiliteta	SS	df	MS	F	p	Fcrit
između grupa	160,2639	2	80,13194	19,84525	0,000157	3,885294
unutar grupa	45,45408	12	4,03784			
ukupno	208,718	14				

Tablica 4.3.1.2. Rezultati post hoc testa srednjih vrijednosti grupa uzoraka (dijelova padine) za sadržaj  $P_2O_5$

Grupa uzoraka	Srednja vrijednost	Razlika između grupa	Najmanja značajna razlika
Vrh (V)	3,43	V-S -0,13	2,77
Sredina (S)	3,56	S-D <b>-6,87*</b>	2,77
Dno (D)	10,43	V-D <b>-7,00*</b>	2,77

\*signifikantna razlika uz 95%-tnu vjerojatnost

Statističkim testiranjem razlika između srednjih vrijednosti istraživanih dijelova padine za sadržaj  $P_2O_5$  utvrđeno je da uzorci s donjeg dijela padine sadrži signifikantno višu količinu  $P_2O_5$  (10,43 mg  $P_2O_5$ /100 g tla) od onih s vrha (3,43 mg  $P_2O_5$ /100 g tla) i sredine padine (3,56 mg  $P_2O_5$ /100 g tla). Međutim, između uzoraka s vrha i sredine padine nije utvrđena statistički opravdana razlika u sadržaju bilju pristupačnog fosfora, uz 95%-tnu vjerojatnost.

Više vrijednosti  $P_2O_5$  na dnu padine u odnosu na gornji i srednji dio u skladu su s brojnim istraživanjima (Verity i Anderson, 1990.; Ritter, 2012.; Kisić i sur., 2002b.) Navedeni autori ističu eroziju vodom kao glavni razlog ispiranja hranjivih tvari s gornjeg dijela padine i akumuliranja na donjem dijelu padine, što je dokazano i u ovom istraživanju.

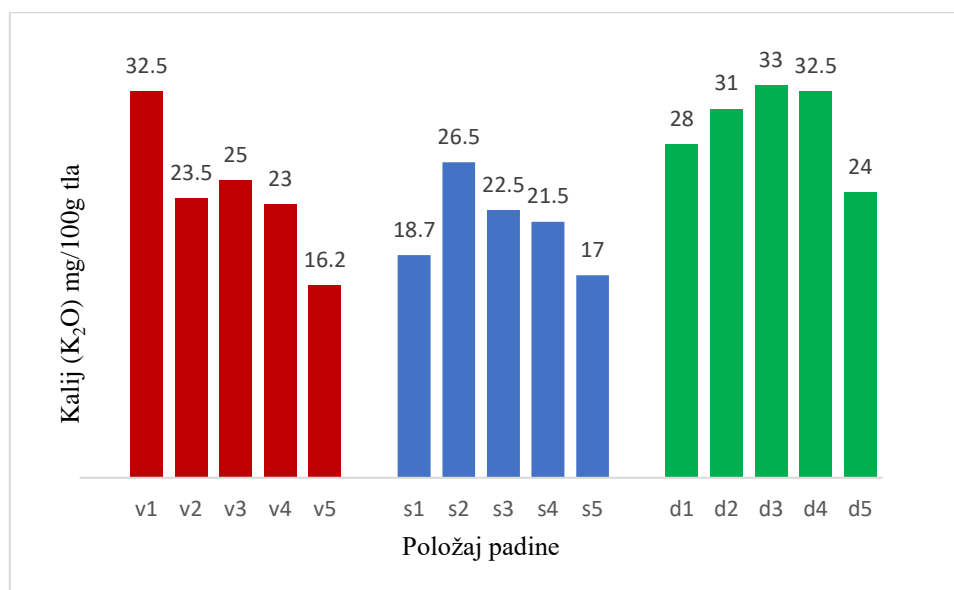


### 4.3.2. Fiziološki aktivni kalij (K<sub>2</sub>O)

Kalij je, kao i fosfor, esencijalno hranivo za biljke, a u tlo dospijeva raspadanjem primarnih minerala kao što su feldspati, liskuni i sl. Najvećim se dijelom odmah veže za adsorpcijski kompleks tla i ima malu pokretljivost i opasnost od ispiranja iz tla. Raspoloživost kalija usko je povezana sa procesima sorpcije i desorpcije pri čemu i drugi kationi utječu na nju.

Vukadinović i Vukadinović (2011.) navode da je ukupan sadržaj kalija u tlu visok, odnosno u prosjeku iznosi 0,2-0,3%, a viši sadržaj kalija imaju teška, glinasta tla. Isti autori navode da je potrebno više uzastopnih primjena kalija kako bi se povećala djelotvornost gnojidbe. Smatra se da kalij u biljci ima dvije osnovne funkcije: aktivacija enzima i regulacija permeabilnosti membrana. Vukadinović i Vukadinović (2011.) navode kako biljke zahtijevaju kalija u količinama gotovo kao i dušika (2-5% suhe tvari), a nedostatak kalija se odražava na cjelokupan rast i razvitak biljaka, pa tako uzrokuje usporen rast, mlađe lišće je manje te se na njemu prvo zapažaju simptomi, a u rjeđim slučajevima se javlja kloroza. Suvišak kalija se vrlo rijetko javlja na poljoprivrednim tlima, a kada se to dogodi javljaju se problemi s usvajanjem kalcija i magnezija, ali i nekih mikroelemenata (B, Zn, Mn).

Rezultati određivanja fiziološki aktivnog kalija istraživanog tla prikazani su na grafu 4.3.2.1.



Graf 4.3.2.1. Koncentracije fiziološki aktivnog kalija u tlu s obzirom na položaj padine(vrh (v), sredina (s), dno (d))

Sadržaj fiziološki aktivnog kalija u uzorcima sa vrha padine kretao se od 16,2 do 32,5 mg K<sub>2</sub>O /100g tla te je u prosjeku iznosio 24,1 mg/100g tla. U uzorcima sa sredine padine sadržaj kalija je varirao od 17,0 do 26,5 mg K<sub>2</sub>O/100g tla a prosjek je bio 21,2 mg K<sub>2</sub>O /100g tla, dok su u uzorcima sa dna padine vrijednost kalija varirale od 24,0 do 33 mg K<sub>2</sub>O /100 g tla, uz prosjek od 29,7 mg K<sub>2</sub>O/100g tla.

Srednje vrijednosti K<sub>2</sub>O na pojedinim dijelovima padine upućuju na dobru opskrbljenost fiziološki aktivnim kalijem na gornjem i srednjem dijelu padine, te bogatu na donjem dijelu.

To su više vrijednosti od uobičajenih za pseudoglej utvrđene u brojnim istraživanjima, a mogu se pripisati provedenoj gnojidbi. Kisić i sur. (2002b.) su u površinskom horizontu pseudogleja obronačnog namijenjenog za uzgoj kukuruza utvrdili znatno niže vrijednosti 5,7 mg K<sub>2</sub>O/100g tla, slično kao i Kovačević i sur. (2005.) koji su na pseudogleju istočne Hrvatske utvrdili raspon 1,42- 9,60 mg K<sub>2</sub>O/100g tla. Vukadinović i Vukadinović (2011.) ističu kako tlo koje nije gnojeno može imati vrlo varijabilne količine fiziološki aktivnog kalija, a te vrijednosti često su ispod 10 mg K<sub>2</sub>O /100g. Međutim, Zebec (2015.) je za pseudogleje s područja Slavonije pod različitim načinima korištenja utvrdio raspon 12,79-35,01 mg K<sub>2</sub>O/100g tla, što je u skladu s ovim istraživanjem. Rubinić i sur. (2015b.) su na pseudogleju obronačnom pod ratarskom proizvodnjom također dobili slične rezultate (17,0-29,5 mg K<sub>2</sub>O/100g tla).

Da bi se utvrdilo da li su navedene razlike između pojedinih dijelova padine u sadržaju K<sub>2</sub>O statistički značajne provedena je jednosmjerna ANOVA, tablica 4.3.2.1. Rezultati upućuju na postojanje signifikantnih razlika uz 95%-tnu vjerojatnost. Stoga, proveden je post hoc test s ciljem utvrđivanja između kojih dijelova padine postoje signifikantne razlike u koncentracijama K<sub>2</sub>O, tablica 4.3.2.2.

Tablica 4.3.2.1. Sumarna tablica analize varijance za sadržaj K<sub>2</sub>O

Izvor varijabiliteta	SS	df	MS	F	p	Fcrit
između grupa	185,7453	2	92,87267	4,55102	0,033817	3,885294
unutar grupa	244,884	12	20,407			
ukupno	430,6293	14				

Tablica 4.3.2.2. Rezultati t -testa srednjih vrijednosti grupa uzoraka (dijelova padine) za sadržaj K<sub>2</sub>O

Grupa uzoraka	Srednja vrijednost	Razlika između grupa	Najmanja značajna razlika
Vrh (V)	24,1	V-S 2,90	6,22
Sredina (S)	21,2	S-D <b>-8,50*</b>	6,22
Dno (D)	29,7	V-D -5,60	6,22

\*signifikantna razlika uz 95%-tnu vjerojatnost

Donji dio padine ima signifikantno viši prosječni sadržaj K<sub>2</sub>O (29,7 mg K<sub>2</sub>O/100g tla) u odnosu na sredinu padine (21,2 mg K<sub>2</sub>O/100g tla), dok između ostalih dijelova padine nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Kao i kod fosfora, vidljiv je najveći sadržaj kalija na dnu padine, što je potvrda rezultata prethodnih istraživanja (Verity i Anderson, 1990.; Ritter, 2012.; Kisić i sur., 2002b.) o ispiranju hraniva uslijed erozije vodom i akumuliranja na donjem dijelu padine. Slične rezultate kao prethodni autori dobili su i Changere i Lal (1997.) koji su u SAD-u proveli istraživanje o utjecaju nagiba na svojstva tla i eroziju, te prinos zrna kukuruza. Navedeni

autori su utvrdili da su erozija i gubitak tla najveći na središnjem dijelu gdje je nagib najveći, a kukuruz se najbolje razvijao na dnu padine iz razloga što je na dnu bila najveća količina erodiranog materijala (hraniva). Takvi rezultati podudaraju se s ovim istraživanjem. Sever Štrukil i sur. (2012.) su proveli istraživanje na dvije lokacije u vinogradima na nagibu na području Plešivice. Na obje lokacije, u površinskom horizontu utvrđena je pravilnost povećanja fiziološki aktivnog fosfora i kalija od vrha prema dnu. Na prvoj padini, raspon vrijednosti se kretao od 5,01 do 9,10 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g tla i 14,5–25,5 mg K<sub>2</sub>O/100g tla, odnosno 5,56–7,71 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g tla i 13,5–20,0 mg K<sub>2</sub>O/100g tla na drugoj padini. Navedena pravilnost povećanja koncentracija hraniva od vrha prema dnu padine u skladu je s ovim istraživanjem.

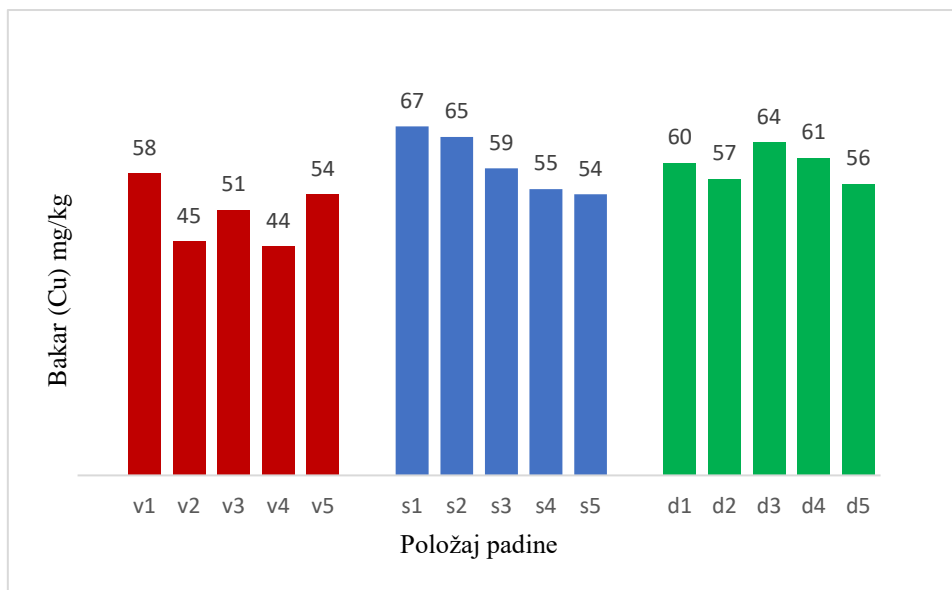
#### **4.4. Bakar**

Bakar je element koji pripada skupini teških metala, te se tlu čvrsto sorbira na koloide tla, posebno organske. Biljke ga usvajaju kao Cu<sup>2+</sup>, u tlo dospijeva putem primarnih minerala gdje se nalazi u jednovalentnom obliku, a nakon njihovog raspadanja oksidira se do Cu<sup>2+</sup>. Vukadinović i Vukadinović (2011.) navode da je prosječna količina bakra u tlu 5-50 ppm. Također, spomenuti autori navode da se manjak bakra javlja na jako humoznim tlima, te da na njegovu raspoloživost značajno utječe pH tla, na način da mu pristupačnost raste s kiselosti.

Fiziološka uloga bakra je vrlo značajna jer je on sastavni dio ili aktivator mnogih enzima koji sudjeluju u oksidacijskim procesima. Vukadinović i Vukadinović (2011.) navode neke od najznačajnijih uloga bakra: utječe na sintezu proteina, stabilizira molekule klorofila i sudjeluje u sintezi antocijana, ulazi u sastav plastocijana, citokromoksidaze c, fenoloksidaze, oksigenaze i askorbinske kiseline.

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. Suvišak bakra se javlja na kiselim tlima ili kod dugogodišnje primjene bordoške juhe u voćnjacima i vinogradima. Simptomi suviška bakra očituju se smanjenim rastom korijena i izdanaka, klorozom starijeg lišća i crvenkastomrkom rubnom nekrozom.

Rezultati određivanja koncentracija bakra u istraživanom tlu prikazani su na grafu 4.4.1.



Graf 4.4.1. Koncentracija bakra u tlu s obzirom na položaj padine (vrh (v), sredina (s), dno (d))

Najniže koncentracije bakra u tlu utvrđene su u uzorcima sa vrha padine (44-58 mg/kg), uz srednju vrijednost od 50,4 mg/kg. U uzorcima sa sredine padine vrijednosti bakra kretale su se od 54 do 67 mg/kg uz srednju vrijednost od 60 mg/kg, a u uzorcima sa dna padine od 56 do 64 mg/kg, te je srednja vrijednost iznosila 59,6 mg/kg. Iz prikazanih rezultata uočava se povećanje koncentracija bakra od vrha prema dnu padine.

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 mjeren 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) samo na uzorke S4 i S5 primjenjuje se MDK od 90 mg/kg, dok za sve ostale uzorke MDK iznosi 60 mg/kg. Prema navedenom Pravilniku, 2 uzorka na srednjem dijelu padine (S1 i S2), te 3 uzorka na donjem dijelu padine (D1, D3 i D4) su onečišćena bakrom.

Između dijelova padine utvrđene su statistički opravdane razlike u sadržaju bakra jednosmjernom analizom varijance, tablica 4.4.1., te je proveden post hoc test, tablica 4.4.2. Na sredini i dnu padine utvrđeno je statistički značajno više bakra u odnosu na vrh padine. Sredina i dno padine nisu se statistički značajno razlikovali u sadržaju bakra uz 95%-tnu vjerojatnost.

Tablica 4.4.1. Sumarna tablica analize varijance za sadržaj Cu

Izvor varijabiliteta	SS	df	MS	F	p	Fcrit
između grupa	294,9333	2	147,4667	5,557789	0,019573	3,885294
unutar grupa	318,4	12	26,53333			
ukupno	613,3333	14				

Tablica 4.4.2. Rezultati t -testa srednjih vrijednosti grupa uzoraka (dijelova padine) za sadržaj Cu

Grupa uzoraka	Srednja vrijednost	Razlika između grupa	Najmanja značajna razlika
Vrh (V)	50,4	V-S <b>-9,6*</b>	7,09
Sredina (S)	60,0	S-D 0,40	7,09
Dno (D)	59,6	V-D <b>-9,2*</b>	7,09

\*signifikantna razlika uz 95%-tnu vjerojatnost

Rezultati istraživanja usporedivi su s podacima Ružičića i sur. (2014.) koji su analizirali pseudoglejno tlo pod vinogradima na tri različite lokacije (Zagreb, Košutić i Kašner). Koncentracija bakra na pseudogleju u Zagrebu iznosila je 48,6 mg/kg, u Košutiću 25,5 mg/kg a u Kašneru 142,5 mg/kg. Autori razlike pripisuju različitom intenzitetu primjene agrotehničkih mjera, posebno zaštitnih sredstava. O značajno višim koncentracijama bakra u vinogradima izvještavaju i Poljak i sur. (2021.) koji su analizirali sadržaj bakra u rigosolu na dvije padine (zatravnjena i nezatravnjena) korištene za uzgoj vinove loze. Autori su utvrdili koncentraciju bakra od 212 mg/kg na vrhu zatravnjene padine i 250 mg/kg na dnu, dok su kod nezatravnjene padine utvrdili opadanje koncentracije bakra od vrha prema dnu (144 do 135 mg/kg). Visoke koncentracije bakra utvrdili su i Romić i sur. (2004.) u površinskom sloju antropogenog tla namijenjenog za proizvodnju vinove loze u okolici Donje Zeline i Plešivice. Koncentracije bakra u površinskom sloju kretale su se od 30 do 700 mg/kg, a čak 88% uzoraka je premašilo maksimalno dopuštenu koncentraciju bakra prema zakonskoj regulativi. Svi se autori slažu da vinogradska tla često imaju povišene koncentracije bakra, a upotrebu zaštitnih sredstava na bazi bakra navode kao glavni razlog. U istraživanjima koje su proveli Panagos i sur. (2018.), na temelju 21682 uzoraka tla članica Europske unije, pokazalo se da najviše koncentracije bakra sadrže tla vinograda ( $\bar{x}$ = 49,26 mg kg<sup>-1</sup>), a slijede ih ostali trajni nasadi ( $\bar{x}$ = 22,55 mg kg<sup>-1</sup>), oranice ( $\bar{x}$ =16,7 mg kg<sup>-1</sup>), livade ( $\bar{x}$ = 18.23 mg kg<sup>-1</sup>) i šume čija tla sadrže najniže koncentracije bakra ( $\bar{x}$ = 11,98 mg kg<sup>-1</sup>). Također, u Geokemijskom atlasu Republike Hrvatske (Halamić i Miko, 2009.) istaknuto je kako su područja s višim koncentracijama bakra u RH vinogradarske regije odnosno područja intenzivne poljoprivrede u kojima se često primjenjuju sredstva za zaštitu bilja na bazi bakra.

## 5. Zaključak

Temeljem rezultata istraživanja utjecaja reljefa (nagiba padine) na odabrana kemijska svojstva rigolanog pseudoglejnog tla pod vinogradom može se zaključiti:

- Prosječna reakcija tla blago se povećavala od vrha prema dnu padine, a vrijednosti hidrolitskog aciditeta opadale, iako razlike nisu bile statistički opravdane
- Na donjem dijelu padine utvrđene su signifikantno više koncentracije fiziološki aktivnih hraniva u odnosu na gornji dio padine (za  $P_2O_5$ ), te na sredinu padine (za  $K_2O$ )
- Na sredini i dnu padine utvrđene su statistički značajno više koncentracije bakra u odnosu na vrh padine, te je dio uzoraka bio onečišćen bakrom prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/19)

Nagib terena uvjetovao je najizraženije razlike u koncentracijama fiziološki aktivnih hraniva i bakra između pojedinih dijelova padine. Međutim, te razlike su bile relativno male, što se može pripisati kratkoj dužini i malom, te neujednačenom nagibu padine.

## 6. Literatura

1. Alaoui A., Caduff, U., Weingartner R. (2011). Preferential flow effects on infiltration and runoff in grassland and forest soils. *Vadose Zone Journal* 10: 367-377
2. Bažon I. (2011). Geokemijska karakterizacija i plodnost tala kao elementi terroir-a vinogradarskog položaja "Jazbina", Diplomski rad, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
3. Bogunović M., Bensa A., Rubinić V., Čorić R. (2009). Stanje kiselosti glavnih tipova tala kontinentalne Hrvatske. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zbornik radova 44. Hrvatski i 4. Međunarodni simpozij agronoma, 8-14
4. Butorac A., Butorac J., Bašić F., Mesić M., Kisić I. (2005). Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos korijena šećerne repe i neka kemijska svojstva tla u plodoredu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa, *Agronomski glasnik*. 1: 3-16
5. Butorac A., Kisić I., Butorac J., Barčić J. (2000). Međusobni odnosi obrade i gnojidbe tla u uzgoju šećerne repe na lessive pseudogleju donje Podravine. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 65(3):143-151
6. Cerdà A., Keesstra S., Pereira P., Novara A., Brevik E. C., Molina C. A., Alcántara P. L., Jordán A. (2016). Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards, *Science of the Total Environment*. 551: 357-366.
7. Changere A., Lal R. (1997). Slope position and erosional effects on soil properties and corn production on a Miamain soil of central Ohio. *Journal of sustainable agriculture*. 11: 5-21
8. Čoga L., Slunjski S., (2018). Dijagnostika tla u ishrani bilja, Priručnik za uzorkovanje i analitiku tla, Agronomski fakultet sveučilišta u Zagrebu
9. Daniels R.B., Gamble E.E., Cady J.G. (1971). The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. *Advances in Agronomy*. 23: 51-88
10. Filipović V., Defterdarović J., Krevh V., Filipović L., Ondrašek G., Kranjčec F., Magdić I., Rubinić V., Stipičević S., Mustać I., Bubalo Kovačić M., He H., Haghverdi A., Gerke H.H. (2022). Estimation of Stagnosol Hydraulic Properties and Water Flow Using Uni- and Bimodal Porosity Models in Erosion-Affected Hillslope Vineyard Soils. *Agronomy*. 12(1): 33
11. Gavriiloaiei T. (2012). The influence of electrolyte solutions on soil pH measurements. *Revista de Chimie*, 63(4): 396-400
12. Griffiths R.P., Madritch M.D., Swanson A.K. (2009). The effects of topography on forest soil characteristics in the Oregon Cascade Mountains (USA): Implications for the effects of climate change on soil properties. *Forest Ecology and Management*. 257: 1-7
13. Halamić J., Miko S. (2009). Geokemijski Atlas Republike Hrvatske, Zagreb: Hrvatski Geološki Institut
14. Herak Čustić M., Čoga L., Čosić T., Petek M., Poljak M., Jurkić V., Čustić S. (2005). Reakcija tla- bitan preduvjet za odabir bilja u hortikulturi. *Agronomski glasnik*, 67 (2-4): 235-253

15. HRN ISO 10390:2005 (2005). Kakvoća tla – Određivanje pH vrijednosti. Hrvatski zavod za norme, Zagreb
16. HRN ISO 11464:2009 (2009). Kakvoća tla- Priprema uzorka za fizikalno-kemijske analize tla. Hrvatski zavod za norme, Zagreb
17. Husnjak S. (2008.) Inventarizacija poljoprivrednog zemljišta grada Zagreba i preporuke za poljoprivrednu proizvodnju, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju, Zagreb
18. Husnjak S. (2014.) Sistematika tala Hrvatske, Sveučilišni udžbenik, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb
19. Iljkić D., Kovačević V., Rastija M., Antunović M., Horvat D., Josipović M., Varga I. (2019). Dugogodišnji učinak Fertdolomita na status tla, kukuruza i pšenice na kiselom tlu istočne Hrvatske. *Journal of Central European Agriculture*. 20 (1): 461-474
20. Ivošević A. (2019). Utjecaj načina korištenja zemljišta na kemijska svojstva pseudogleja, Diplomski rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
21. JDPZ (1966). Kemijske metode istraživanja zemljišta, Beograd
22. Jurišić A., Kisić I., Zgorelec Ž., Kvaternjak I. (2012). Influence of water erosion on copper and sulphur distribution on vineyard soils. *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 13 (2A): 880-889
23. Kisić I., Bašić F., Mesić M., Butorac A. (2002a). Učinkovitost kalcifikacije i gnojidbe na kemijske značajke tla i prinos zrna kukuruza i ozime pšenice. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 67 (1): 25-33
24. Kisić I., Bašić F., Mesić M., Butorac A., Sabolić, M. (2002b). Utjecaj različitih načina obrade na prinos zrna kukuruza na pseudogleju središnje Hrvatske. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 67 (2): 81-89
25. Kisić I. (2012). Sanacija onečišćenog tla. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
26. Kisić I. (2017.) Erozijska vjetrom, Hrvatske vode, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 25: 99
27. Kljajić N., Arsić S., Mijajlović N. (2012). Zemljište kao ekološki faktor poljoprivredne proizvodnje. *Tranzicija*. 14(29):38-47
28. Kovačević V., Lončarić Z., Šimić D., Šimić B. (2005). Influences of liming on soil fertility in the Eastern Croatia. *Proceedings of XVth International Plant Nutrition Colloquium (IPNC) Plant nutrition for food security, human health and environmental protection*. 14-19.09.2005, Peking, Kina. 958-959
29. Laslett G., M., McBratney A. B., Pahl P., Hutchinson M. F. (1987). Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. *Journal of Soil Science*. 38(2): 325-341
30. Lončarić Z., Rastija D., Karalić K., Popović B. (2006). Mineral fertilization and liming impact on maize and wheat yield. *Cereal Research Communications*. 34/1: 717- 720
31. Lončarić Z., Rastija D., Karalić K., Popović B., Ivezić V., Lončarić R. (2015). Kalcizacija tala u pograničnome području, Osijek
32. Magdić I. (2021). Modeliranje toka i retencije vode na obronačnom pseudogleju u uvjetima uzgoja vinove loze, Disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu



33. Magdić I., Safner T., Rubinić V., Rutić F., Husnjak S., Filipović V. (2022). Effect of slope position on soil properties and soil moisture regime of Stagnosol in the vineyard, *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 70 (1): 62-73
34. Mainam F., Zinck J.A., van Ranst E. (2003). Variations in the soil properties and crop characteristics due to soil erosion at plot scale in the samiarid zone of Cameroon. In *Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque*, Garoua, Cameroun
35. Mesić M. (2001). Korekcija suviše kiselosti tla različitim vapnenim materijalima. *Agronomski fakultet Zagreb. Agriculturae conspectus scientificus*. 6: 75-93
36. Miljković I. (2000). Korijenov sustav bresaka u pseudogleju, *Pomologia Croatica*. 6: 2-15
37. Mirošević N., Karoglan Kontić J. (2008). *Vinogradarstvo*, nakladni zavod Globus
38. Narodne novine (2019). Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja
39. Nordberg G.F., Fowler B.A. (2007). *Handbook on the Toxicology of metals*, Third Edition. Burlington, Elsevier, 1-59
40. Pajač M. (2007). Samonikla vaskularna flora u vinogradima pokušališta "Jazbina". *Diplomski rad, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu*
41. Pajač Živković I., Britvec M., Pajač M., Vitasović Kosić I., Karoglan Kontić J., Ostojić Z., Ljubičić I. (2012). Samonikla flora pokušališta "Jazbina" u Zagrebu, *Agronomski glasnik*, 74 (4): 173-188
42. Panagos P., Ballabio C., Lugato E., Jones A., Borrelli P., Scarpa S., Orgiazzi A., Montanarella L. (2018). Potential Sources of Anthropogenic Copper Inputs to European Agricultural Soils. *Sustainability* 10 (7): 1-17
43. Pandžić I. (2015). Utjecaj konvencionalne i ekološke proizvodnje povrća na kemijska svojstva pseudogleja, *Završni rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*
44. Pansu M., Gautheyrou J. (2006.). *Handbook of Soil Analysis Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Maur des Fossés, France
45. Paradelo R., Moldes A.B., Rodríguez M., Barral M. T. (2008). Relationship between heavy metals and phytotoxicity in composts. *Ciencia y Tecnologia Alimentaria*, 6(2): 143-151
46. Petljak D. (2019). Procjena mobilnosti bakra u različitim tipovima vinogradskih tala, , *Diplomski rad Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*
47. Poljak M., Kisić I., Zgorelec Ž., Šestak I., Galić M., Kuharić Ž., Jukić M., Galić A., Šikić S., Perčin A., (2021). Utjecaj fungicida i nagiba padine na prostornu akumulaciju bakra u poljoprivrednim tlima, *Zbornik radova 56. hrvatskog i 16. međunarodnog simpozija agronoma*, 128-132
48. 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. Zbornik radova 44. hrvatski i 4. međunarodni simpozij agronoma*, 83-88
49. Resulović H., Čustović H., Čengić I. (2008). Sistematika tla/zemljišta: nastanak, svojstva i plodnost. *Poljoprivredno prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu*
50. Ritter J. (2012). *Soil erosion – Causes and effects. Factsheet*, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Ontario

51. Romić M., Filipović L., Bakić H., Romić D. (2014). Copper Accumulation in Vineyard Soils: Distribution, Fractionation and Bioavailability Assessment. Environmental risk assessment of soil contamination. U: Hernandez Soriano M.C. (ur.), Environmental Risk Assessment of Soil Contamination. InTech.
52. 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
53. Romić M., Romić D. (2003). Heavy metals distribution in agricultural topsoils in urban area. *Environmental Geology*. 43(7): 795-805
54. Rubinić V., Durn G., Husnjak S., Tadej N. (2014). Composition, properties and formation of Pseudogley on loess along a precipitation gradient in the Pannonian region of Croatia, *Catena*. 113: 138-149
55. Rubinić V., Lazarević B., Husnjak S., Durn G. (2015a). Climate and relief influence on particle size distribution and chemical properties of Pseudogley soils in Croatia. *Catena*. 127C: 340-348
56. Rubinić V., Šipek M., Bensa A., Husnjak S., Lazarević B. (2015b). Utjecaj načina korištenja zemljišta i nagiba terena na svojstva tla – primjer pseudogleja na obronku u Donjoj Zelini. *Agronomski glasnik*, 77: 3-22
57. Rusjan D., Strlič M., Pucko D., Korošec-Koruza Z. (2007). Copper accumulation regarding the soil characteristics in Sub-Mediterranean vineyards of Slovenia. *Geoderma*. 141(1): 111-118
58. Ružičić S., Bačić A., Bal M., Domitrović M., Horvat V., Major J., ... Borojević Šoštarić S. (2014). Veza između udjela željeza i bakra u tlima i vinima iz domaćih vinograda kontinentalne Hrvatske, Preliminarno istraživanje. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 29 (1): 17-26
59. Sanità di Toppi L., Gabbriellini R. (1999). Response to Cadmium in Higher Plants. *Environmental and Experimental Botany*. 41: 105-130
60. Sever Štrukil Z., Bensa A., Runjić M., Krklec K. (2012). Utjecaj nagiba terena na kemijske značajke vinogradarskih tala Plešivice. *Zbornik radova 47. hrvatskog i 7. međunarodnog simpozija agronoma*, 116-120
61. Sever Z., Bensa A. (2009). Kemija tla. Interna skripta za laboratorijske vježbe. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet
62. Shi R., Liu Z., Li Y., Jiang T., Xu M., Li J., Xu R. (2019). Mechanisms for increasing soil resistance to acidification by long-term manure application, *Soil and Tillage Research*. 185: 77-84
63. Škorić A. (1953). Pedološka karta fakultetskog dobra "Jazbina" Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
64. Škorić A. (1986). Postanak, razvoj i sistematika tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
65. Špoljar A. (2007). Tloznanstvo i popravak tla, I. dio, Visoko gospodarsko učilište u Križevcima
66. Špoljar A. (2016). Procesi degradacije tla, Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci

67. Verity G.E., Anderson D.W. (1990). Soil erosion effects on soil quality and yield. *Canadian Journal of Soil Science*. 70 (3): 471-484
68. Vidaček Ž., Husnjak S. (2021). Čimbenici postanka, pedološke značajke, korištenje i kultivacija tala u Petrinjskom i Glinskom kraju, *Agronomski glasnik*. 3: 93-120
69. Vitanović E., Vidaček Ž., Katalinić M., Kačić S., Miloš B. (2010). Copper in surface layer of Croatian vineyard soil. *Journal of Agriculture and Environment*. 8(1): 268-274
70. Vukadinović V., Lončarić Z. (1998). *Ishrana bilja*. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek
71. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011). *Ishrana bilja*, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek
72. Vukadinović V., Vukadinović V., (2018). *Zemljišni resursi - Vrednovanje poljoprivrednih zemljišnih resursa*, Osijek
73. Zebec V. (2015). *Dinamika kalija i usporedba metoda za određivanje pristupačnog kalija u tlima istočne Hrvatske*. Doktorska disertacija. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
74. Zovko M., Romić M. (2011). Soil contamination by trace metals: Geochemical behaviour as an element of risk assessment. *Earth and Environmental Sciences*. Rijeka, InTech. 437-456
75. Yang X., Nia K., Shia Y., Yia X., Zhanga Q., Fang L., Maa L., Ruana Y. (2018). Effects of long-term nitrogen application on soil acidification and solution chemistry of a tea plantation in China. *Agriculture, Ecosystems i Environment*. 252: 74-82

## Životopis

Šime Perković rođen je 1. listopada 1997. godine u Zadru. Pohađao je prehrambenu, poljoprivrednu i veterinarsku školu Stanka Ožanića u Zadru, smjer veterinarski tehničar u razdoblju od 2011. do 2015. godine. U razdoblju od 2016. do 2017. godine pohađao je kineziološki fakultet u Mostaru, a nakon toga od 2018. do 2021. pohađao je preddiplomski studij primijenjene ekologije u poljoprivredi na Sveučilištu u Zadru. Godine 2021. polaganjem završnog ispita stječe akademski naziv Sveučilišni prvostupnik (Baccalaureus)-agronomije. Od 2021. godine student je na diplomskom studiju Agroekologija na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Poznaje engleski jezik razine B1 te posjeduje znanja i vještine rada na računalu osobito Microsoft Office paketa (Word, Excel, PowerPoint) te Internet. Posjeduje vozačku dozvolu B kategorije.