

Utjecaj vodnog potencijala rigolanog psudoglejnog tla na vodni potencijal vinove loze

Režek, Daniel

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:504695>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



UTJECAJ VODNOG POTENCIJALA RIGOLANOG PSEUDOGLEJNOG TLA NA VODNI POTENCIJAL VINOVE LOZE

DIPLOMSKI RAD

Daniel Režek

Zagreb, siječanj, 2022.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Agroekologija

UTJECAJ VODNOG POTENCIJALA RIGOLANOG PSEUDOGLEJNOG TLA NA VODNI POTENCIJAL VINOVE LOZE

DIPLOMSKI RAD

Daniel Režek

Mentor:

prof. dr. sc. Stjepan Husnjak

Zagreb, siječanj, 2022.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Daniel Režek**, JMBAG 0178109037, rođen 17.10.1997. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

UTJECAJ VODNOG POTENCIJALA RIGOLANOG PSEUDOGLEJNOG TLA NA VODNI POTENCIJAL VINOVE LOZE

Svojim potpisom jamčim:

- da sam 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

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Daniel Režek**, JMBAG 0178109037, naslova

UTJECAJ VODNOG POTENCIJALA RIGOLANOG PSEUDOGLEJNOG TLA NA VODNI POTENCIJAL VINOVE LOZE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|-------------------------------|---------------------|-------|
| 1. | prof.dr.sc. Stjepan Husnjak | mentor | _____ |
| 2. | doc.dr.sc. Boris Lazarević | član | _____ |
| 3. | izv.prof.dr.sc. Darko Preiner | član | _____ |
| 4. | dr.sc. Ivan Magdić | Neposredni voditelj | _____ |

Zahvala

Najveća zahvala ide mojem mentoru prof. dr. sc. Stjepanu Husnjaku i neposrednom voditelju dr.sc. Ivanu Magdiću, koji su uz svoje konstantne obaveze uspjeli udijeliti koju sugestiju iz svoga širokog spektra znanja kako bi ovaj rad što bolje izgledao i savjet u vezi što boljeg razumijevanja gradiva. Isto velika zahvala ide i mojim roditeljima Željku i Ireni koji su mi omogućili neometano studiranje kroz ovih lijepih 5 godina koliko ova priča već sada traje.

Sadržaj:

1. UVOD	1
1.1. CILJ RADA	2
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. OSNOVNA OBILJEŽJA RIGOLANOG TLA IZ PSEUDOGLEJA NA OBRONKU	3
2.2. VODNI POTENCIJAL TLA	5
2.3. VODNI POTENCIJAL BILJKE I OSNOVNA OBILJEŽJA VINOVE LOZE	7
2.3.1. Vodni potencijal biljke	7
2.3.2. Osnovna obilježja vinove loze	8
3. MATERIJALI I METODE RADA	11
3.1. ZNAČAJKE LOKACIJE ISTRAŽIVANJA I AGROTEHNIKA U VINOGRADU	11
3.2. ZNAČAJKE KLIME ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	12
3.3. UZORKOVANJE TLA I POSTAVLJANJE SENZORA ZA ODREĐIVANJE VODNOG POTENCIJALA TLA	13
3.4. LABORATORIJSKE ANALIZE TLA	14
3.5. MJERENJE VODNOG POTENCIJALA VINOVE LOZE	15
3.6. STATISTIČKA ANALIZA PODATAKA	16
4. REZULTATI I RASPRAVA	17
4.1. ZNAČAJKE TLA	17
4.1.1. Osnovne značajke tla na lokaciji istraživanja	17
4.1.2. Značajke tla na pojedinim reljefnim pozicijama (3 pozicije)	18
4.2. VODNI POTENCIJAL TLA I VODNI POTENCIJALA VINOVE LOZE	29
4.2.1. Vodni potencijal tla na pojedinim reljefnim pozicijama (3 pozicije)	29
4.2.2. Vodni potencijal vinove loze na pojedinim reljefnim pozicijama (3 pozicije)	30
4.2.3. Korelacija vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze na pojedinim reljefnim pozicijama	34
4.2.3. Korelacija relativne vlage zraka i vodnog potencijala vinove loze na pojedinim reljefnim pozicijama	35
5. ZAKLJUČAK	37
6. POPIS LITERATURE	38
7. PRILOG	42
ŽIVOTOPIS	

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Daniel Režek**, naslova

UTJECAJ VODNOG POTENCIJALA RIGOLANOG PSEUDOGLEJNOG TLA NA VODNI POTENCIJAL VINOVE LOZE

Cilj ovog rada bio je utvrditi svojstva rigolanog tla iz obronačnog pseudogleja te korelaciju između vodnog potencijala tla (VPT) i vinove loze (VPL) na tri pozicije obronka. Rezultati istraživanja ukazuju na izrazitu heterogenost fizikalnih svojstva tla duž obronka, gdje je sadržaj gline najveći na višim pozicijama obronka (P1), sadržaj praha raste prema dnu obronka, dok je sadržaj pijeska najveći na sredini (P2) istraživanog obronka. Rezultati istraživanja ukazuju kako nije utvrđena korelacija između VPT i VPL na P1 i P3 poziciji, dok je na P2 poziciji (sredina obronka) utvrđena jaka korelacija ($r = 0,63$). S obzirom da nije utvrđena korelacija između VPT i VPL određen je korelacijski koeficijent između VPL i srednje dnevne relativne vlage zraka (RVZ). Rezultati ukazuju kako nije utvrđena korelacija između vodnog potencijala vinove loze izmjerenog u zoru i RVZ, dok je između VPL izmjerenog u podne i RVZ utvrđena pozitivna i jaka korelacija ($r = 0,56 - 0,67$).

Ključne riječi: fizikalna svojstva tla, sadržaj vode u tlu, vinograd, vodni stres

Summary

Of the master's thesis – student **Daniel Režek**, entitled

INFLUENCE OF WATER POTENTIAL OF RIGOLATED PSEUDOGLEY SOIL ON WATER POTENTIAL OF VINE

The aim of this paper was to determine the properties of rigolated pseudogley soil and the correlation between the water potential of soil (SWP) and vine (VWP) on three slope positions. The results of the research point out high heterogeneity of physical properties of soil along the slope, where clay content is highest on the higher slope positions (P1), silt content grows towards the bottom of the slope, while sand content is highest in the middle (P2) of the studied slope. The results of the research indicate that no correlation was found between SWP and VWP at the P1 and P3 positions, while a strong correlation ($R = 0.63$) was found at the P2 position (mean slope). Since the correlation between SWP and VWP was not established, a correlation coefficient was determined between VWP and mean relative humidity (RH). The results indicate that no correlation was found between the water potential of the vine measured at dawn and the RH, while between the VWP measured at noon and the RH was established a positive and strong correlation ($R = 0.56 - 0.67$).

Keywords: physical properties of soil, soil water content, vineyard, water stress

1.Uvod

Tlo je prirodno povijesna tvorevina, nastala djelovanjem pedogenetskih procesa koji su uvjetovani pedogenetskim čimbenicima, odnosno međusobnim utjecajem klime, matičnoga supstrata, organizama, reljefa, vremena (Jenny 1980.) i čovjeka (Husnjak 2014.). Reljef kao jedan od pedogenetskih čimbenika ima veliki utjecaj na preraspodjelu svojstva tla uslijed procesa erozije tla, različitim mikroklimatskim uvjetima čime je izražen utjecaj reljefa na formiranje tla na nagnutim terenima. Erozijska tla definiraju se kao trošenje gornjeg sloja tla pod utjecajem vode i vjetra (Balasubramanian 2017.). Na eroziju tla utječu brojni čimbenici, a samo neki od njih su: salinizacija, loša drenaža, kiselost i zbijenost tla (Balasubramanian 2017.). Erozijom dolazi do promjene fizikalnih (tekstura), kemijskih (sadržaj humusa, pH itd.) svojstva duž obronka. Nepovoljna struktura i tekstura tla uslijed utjecaja erozije javlja se ispiranjem sitnijih čestica tla i organske tvari iz viših dijelova obronka, te akumuliranja na donjim dijelovima (Ritter 2012.).

Na području Republike Hrvatske na vrlo malom prostoru djeluju različiti pedogenetski čimbenici i brojni pedogenetski procesi. Upravo ta različitost u pedogenetskim čimbenicima i procesima zaslužna je za zastupljenost preko 50 različitih tipova tala na području Republike Hrvatske (RH). Drugi najzastupljeniji tip tla na području RH je pseudoglej koji zauzima površinu od 558.731,9 ha (ili 9,87 % ukupne površine), od čega se unutar šumskih ekosustava nalazi oko 251.278,7 ha, a 307.453,2 ha je u agroekosustavima. Prema Husnjaku (2014.) pseudoglej se na razini podtipa dijeli prema formi reljefa na: (i) pseudoglej na zaravni koji se razvija na nagibima manjim od 3%, (ii) pseudoglej obronačni koji se razvija na padinama obronka s nagibima većim od 3%, te (iii) dolinski pseudoglej. Pseudogleji na zaravni obično se u poljoprivrednoj proizvodnji koriste za uzgoj ratarskih kultura i industrijskog bilja, a manji dio je pod pašnjacima, dok se na pseudogleju obronačnom najviše nalaze voćnjaci i vinogradi.

U posljednjih nekoliko godina zbog velikog utjecaja klimatskih promjena došlo je do značajnog povećanja temperature zraka (Valdez-Gomez i sur. 2009.). Biljke s obzirom da su sesilni organizmi njihova je temperatura ovisna o okolišu, te previsoke temperature kod određenih biljaka mogu izazvati brojne štete. Visoke temperature kod najosjetljivijih vrsta smanjenju stopu fotosinteze i dovode do porasta respiracije što utječe na pojavu vodnog stresa u biljci (Vukadinović 2000.). S ciljem sprječavanja vodnog stresa u biljci od izrazite je važnosti kontinuirano praćenje sadržaja vode u tlu. Neke od metoda određivanja sadržaja vode u tlu su: gravimetrijska metoda, metoda određivanja sadržaja vode u tlu pomoću neutronske sonde, dielektrična metoda i metoda kapaciteta (Cooper 2016.; Weil i Brady 2017.). Osim navedenih metoda u hidropedološkoj praksi razina vodnog stresa u biljci zbog smanjenog sadržaja vode u tlu određuje se i mjerenjem vodnog potencijala tla i biljke. Važnost mjerenja vodnog potencijala biljke leži u činjenici što je on jedan od najboljih indikatora vodnog stresa u biljci i najbolje sredstvo za procjenu potrebe navodnjavanja biljke (Chone i sur. 2000.; Centeno i sur. 2010.).

1.1. Cilj rada

Cilj ovog diplomskog rada bio je utvrditi kako pozicija tla na obronku i svojstva tla utječu na vodni potencijal tla. Cilj rada bio je i utvrditi korelacijske odnose između vodnog potencijala tla i vinove loze.

2. Pregled literature

2.1. Osnovna obilježja rigolanog tla iz pseudogleja na obronku

Pseudoglej je drugi najzastupljeniji tip tla u Republici Hrvatskoj (RH), gdje se gotovo 55 % od ukupne površine nalazi unutar agroekosustava (Husnjak 2014.). Tipična građa prirodnog profila pseudogleja označava se kao A-Eg-Bg-C (FAO 2014.; Škorić 1986.), odnosno prema Klasifikaciji tala Hrvatske A-E/S-B/S-C (Husnjak 2014.).

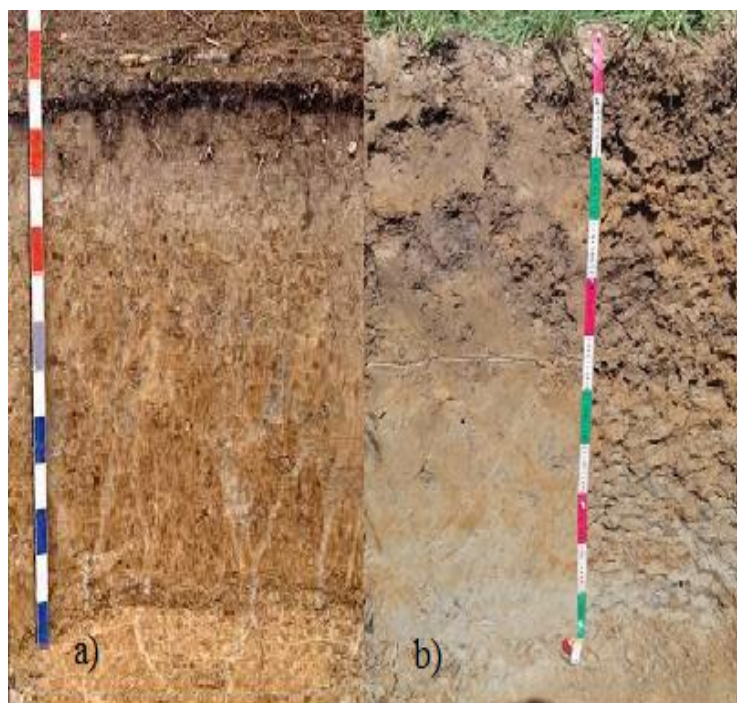
Pseudoglej (Slika 2.1.a) je tip tla koji karakterizira izrazita heterogenost u svojstvima, koja je rezultat njegovog postanka (različiti matični supstrati, različite reljefne forme, različiti klimatski uvjeti te različit položaj slabo propusnog horizonta u profilu tla) (Husnjak 2014.). Što se tiče fizikalnih svojstava pseudogleja, najznačajnije obilježje je vertikalni teksturni kontrast u profilu, odnosno teksturna diferencijacija. Pseudoglej obilježava suficitno vlaženje prvenstveno oborinskom vodom koja duže ili kraće vrijeme stagnira na ili u slabije propusnom potpovršinskom horizontu. Naime, ovo tlo karakterizira prisustvo slabije propusnog horizonta koji utječe na tok i retenciju vode u tlu, ali i restrikcije u rastu korijena. S obzirom na to da takva tla sadrže izrazito veliku količinu praha (do 70 %) sklona su zbijanju što negativno utječe na fizikalna svojstva tla (Husnjak 2014.).

U pogledu kemijskih svojstava, pH reakcija tla je jako kisela do kisela, a kreće se uglavnom od pH (H₂O) 5 – 5,5, dok se zasićenost adsorpcijskog kompleksa bazama kreće u rasponu od 20 – 50 %. Pseudogleji pod prirodnom vegetacijom općenito su dobro opskrbljeni humusom (poglavito plitki dio površinskog horizonta). U prirodnim tlima opskrbljenost fosforom iznimno je niska, dok je opskrbljenost kalijem osrednja (Husnjak 2014.). Uslijed nepovoljnih vodozračnih odnosa i izrazito loših kemijskih svojstava, loša su i njegova biološka svojstva (Husnjak 2014.).

S obzirom na gore opisana fizikalna, kemijska i biološka svojstva pseudogleja, može se zaključiti kako se radi o tlu uglavnom niskog proizvodnog potencijala kojeg prvenstveno obilježava nepovoljan vodozračni režim, loš toplinski režim, slaba opskrbljenost fiziološki aktivnim hranjivima, niska biološka aktivnost te srednje duboka do plitka ekološka dubina (Husnjak 2014.). Zbog svega navedenog, ovo tlo svrstava se u skupinu tala s niskim proizvodnim potencijalom, odnosno u skupinu tala ograničeno pogodnih za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju.

Pseudoglej se u Hrvatskoj razvija u regijama koje su reljefno i klimatski pogodne za poljoprivrednu proizvodnju. Zbog navedenog, jedan dio pseudogleja je antropogeniziran te danas najčešće predstavlja oranično ili rigolano tlo pod višegodišnjim nasadima. Naime, dubokom obradom došlo je do miješanja humusno akumulativnog sa eluvijalno-pseudoglejnim i gornjim dijelom iluvijalno-pseudoglejnog horizonta, čime se formira antropogeni horizont. Sklop profila takvih pseudogleja (Slika 2.1.b) označava se kao Ap-Bg-Cg (FAO 2014.), ili P-B/S-C/S (Husnjak 2014.).

U praksi, kako bi se na pseudogleju omogućila ekonomski profitabilna proizvodnja najčešće se primjenjuju određene agro i hidro tehničke melioracije. S obzirom da je osnovno ograničenje pseudogleja za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju nepovoljan vodozračni režim, posebna pažnja posvećuje se rješavanju upravo te problematike. Primjenom odgovarajućih načina obrade rigolanjem, oranjem i drenažom dolazi do prekida pedogeneze pseudoglejnih tala te nastaje antropogeni horizont sa reduciranim problemima suvišnog vlaženja (Husnjak 2014.). Rigolano pseudoglejno tlo nastalo je primjenom raznih agrotehničkih mjera kako bi se podigla razina plodnosti tla za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju. Primjenom agrotehničkih mjera stvoren je antropogeni horizont koji utječe na nešto povoljnija fizikalna, kemijska i biološka svojstva u odnosu na prirodni pseudoglej. Rigolano pseudoglejno tlo karakterizira automorfni način vlaženja, gdje je kod takvog tla većim dijelom riješen problem onemogućenog protjecanja suvišne oborinske vode. U slučaju plićeg rigolanja, odnosno ako nije zahvaćen cijeli iluvijalni horizont u određenim slučajevima može doći do pojave stagniranja suvišne oborinske vode. Na svojstva rigolanog pseudoglejnog tla glavni utjecaj imaju svojstva formiranog antropogenog (P) horizonta što najviše utječe o vrsti i intenzitetu primijenjenih agrotehničkih mjera (dubini rigolanja, mineralnoj i organskoj gnojidbi, kalcifikaciji itd.). Primjenom kalcifikacije, meliorativne gnojidbe i mineralne gnojidbe svojstva tla bi bila još bolja nego kod izvornog tla. S time rigolano pseudoglejno tlo karakteriziraju povoljna fizikalna i kemijska svojstva tla, te vrlo povoljna ekološka dubina što u najvećoj mjeri utječe na razvoj povoljne biološke aktivnost (Husnjak 2014.). Isti autor navodi kako rigolano pseudoglejno tlo karakterizira zadovoljavajući proizvodni potencijal, te su takva tla vrlo vrijedna obradiva tla koja je potrebno koristiti na održivi način (Husnjak 2014.).



Slika 2.1.a. Profil prirodnog pseudogleja (Izvor: <https://www.dbges.de/en/system/files/fotogalerie/image16.jpg>), pristupljeno 13.10.2020; 2.1.b. Profil rigolanog tla iz obronačnog pseudogleja (Foto: Ivan Magdić).

2.2. Vodni potencijal tla

Količina vode (vlage) u tlu promjenjiva je u vremenu i prostoru uslijed kombiniranog utjecaja fizikalnih (hidrauličkih) značajki tla, reljefnih te meteoroloških uvjeta (oborine, temperatura zraka, brzina vjetra itd.). Isto tako količina vode u tlu važan je čimbenik koji određuje rast i razvoj biljaka. Voda u tlu pod utjecajem je različitih sila (matriksa vode, u vodi otopljenih tvari, atmosferskog tlaka i gravitacije). Sve te sile zajedno kontroliraju njeno kretanje u tlu. Općenito voda se u tlu kreće niz gradijent vodnog potencijala, odnosno iz područja većeg u područje nižeg vodnog potencijala (Lazarević i Poljak 2019.; Weil i Brady 2017.). Tako, vodni potencijal možemo definirati kao razliku između potencijala vode u određenim uvjetima i potencijala vode u standardnim uvjetima, gdje standardno stanje predstavlja čista voda u profilu tla pri standardnom tlaku i temperaturi, na koju tlo ne utječe i nalazi se na nekoj referentnoj visini (Lazarević i Poljak 2019.; Weil i Brady 2017.). Vodni potencijal tla neupitan je čimbenik u procesu fotosinteze zbog uloge glavnog prenosioca vode do lišća koja se kasnije koristi za pretvorbu vode, sunčeve svjetlosti i ugljikovog (IV) oksida u organske tvari (Vukadinović 2020.).

Kako je već rečeno kretanje vode u tlu pod utjecajem je različitih sila koje međusobno tvore vodni potencijal tla, a možemo ga opisati kao umnožak triju sila odnosno potencijala: osmotskog, hidrostatskog (matričnog) i gravitacijskog potencijala kojeg matematički možemo prikazati jednadžbom:

$$\Psi_w = \Psi_{\pi} + \Psi_p + \Psi_g,$$

gdje je :

Ψ_w - vodni potencijal,

Ψ_{π} - osmotski potencijal,

Ψ_p - hidrostatski potencijal,

Ψ_g - gravitacijski potencijal.

Osmotski potencijal (Ψ_{π}) predstavlja utjecaj koncentracije otopljenih tvari na vodni potencijal otopine. Najčešće ovisi o promijeni koncentracije u odnosu na referentnu vrijednost (koncentraciju otopljenih tvari u čistoj vodi = 0 MPa). U odnosu na vodni, osmotski potencijal ima negativan utjecaj na ukupni vodni potencijal (Ψ_w) cijeloga sustava (tla ili biljke). S obzirom na to da je koncentracija otopljenih tvari u otopini vrlo niska, osmotski potencijal otopine tla gotovo je zanemariv te iznosi -0.02 MPa. Iznimka su zaslanjena tla gdje je veća vrijednost otopljenih tvari gdje on može biti niži od -0.02 MPa (Lazarević i Poljak 2019.).

Hidrostatski potencijal (Ψ_p) javlja se u saturiranim uvjetima i uvijek ima pozitivan predznak. U nastaturiranim uvjetima hidrostatski potencijal naziva se matrični potencijal i uvijek je negativnog predznaka. Predstavlja učinak hidrostatskog tlaka te može imati pozitivan ili negativan učinak na vodni potencijal. Sastav čvrste faze tla (matriksa) doprinosi potencijalu vode u nesaturiranim uvjetima preko kapilarnosti i adsorpcije. Uže pore u tlu doprinose većoj

kapilarnosti, što negativno utječe na energiju vode (energija se smanjuje). Uslijed vezanja molekula vode na nabijene čestice u tlu (npr. glina) smanjuje se potencijal vode.

Gravitacijski potencijal (Ψ_g) u tlu uzrokuje kretanje vode prema dolje (procjeđivanje vode) ako joj se ne suprotstavi neka sila jednake jačine. On nastaje procjeđivanjem vode u smjeru gravitacije ako ne dođe do pojave određene sile suprotnog smjera djelovanja. Najveći utjecaj gravitacijskog potencijala izražen je tijekom i nakon oborina ili navodnjavanja. S vremenom gravitacijski potencijal gubi svoju važnost zbog utjecaja matričnog potencijala tla. U biljci je njegova važnost zanemariva pa se najčešće ukupan vodni potencijal izražava kao suma hidrostatskog i osmotskog potencijala (Lazarević i Poljak 2019.).

Osim određivanja mjerenjem volumetrijskog sadržaja vode u tlu količina vode u tlu može se određivati i mjerenjem vodnog potencijala tla. U pedološkoj praksi vodni potencijal tla određuje se na razne način, a neke od najvažnijih metoda su: određivanje vodnog potencijala tla tenziometrima, gips blokovima, psihrometrom i tlačnim ekstraktorom u laboratorijskim uvjetima.

Mjerenjem vodnog potencijala tla tenziometrima određuje se tenzija kojom čestice tla zadržavaju vodu. Tenziometar se sastoji od cijevi punjene vodom koja je porozna na dnu, dok je vrh cijevi hermetički zatvoren. Tenziometrima se može mjeriti vodni potencijal tla u rasponu od -0 do -85 kPa.

Druga metoda određivanja vodnog potencijala tla je gips blokovima koji su izrađeni od poroznog gipsa s ugrađenim elektrodama. Gips blokovima određuje se vodni potencijal tla usvajanjem vode kroz porozne blokove ovisno o snazi držanja (sisanja) vode od strane čestica tla. Tako primjerice ako čestice tla jače drže vodu, količina usvojene vode od strane blokova bit će manja. Prednost gips blokova nad drugim metodama je što su dosta jeftini, dok su nedostaci to što se moraju kalibrirati za svako tlo i manje su precizni prilikom mjerenja.

Treća metoda određivanja vodnog potencijala tla je pomoću psihrometra koji mjere evaporaciju vode koja je pretvorena u vodni potencijal tla. Prednost psihrometara je što su vrlo pogodni za određivanje vodnog potencijala u relativno suhim tlima.

Posljednja metoda određivanja vodnog potencijala tla je određivanje pomoću tlačnog ekstraktora. Tlačnim ekstraktorom određuju se vrijednosti vodnog potencijala tla čak do -15.000 kPa. Tlačnim ekstraktorom sadržaj vode u tlu određuje se gravimetrijski. Prednost ovoga uređaja na drugima je vrlo velika preciznost u određivanju količine vode u tlu u relativno kratkom vremenu (Weil i Brady 2017.). Tlačni ekstraktor služi nam za određivanje hidropedoloških konstanti koje su od izrazite važnosti prilikom određivanja retencijskih krivulja pojedinog tla.

Jedno od osnovnih svojstva tla je njegova vodopropusnost ali i mogućnost da zadrži određenu količinu vode u svome volumenu. Radi dobivanja informacija o količini vode u tlu koje se drže određenim silama potrebno je imati uvid u hidropedološke ili vodne konstante. Hidropedološke ili vodne konstante definiramo kao ravnotežna stanja između sisajuće sile čestica tla i sadržaja vlage u tlu. U hidropedološke konstante ubrajamo: kapacitet tla za vodu (K_v), lentokapilarnu točku (LK_t) te točku venuća (T_v). Vrijednost poljskog kapaciteta tla za vodu izmjerena u laboratorijskim uvjetima predstavlja retencijski kapacitet tla za vodu. Retencijski kapacitet tla za vodu određuje se kod pozitivnog tlaka zraka od 0,33 bara, 0,033 MPa, 330 cm stupca vode

ili pF od 2,5. Lentokapilarna točka je granica koja dijeli lakše od teže pristupačne vode biljci. To je količina vode koju tlo drži silom koja odgovara tlaku od 6,25 bara, 0,625 MPa, 6250 cm stupca vode ili pF od 3,8 (Sraka 2013.). Točku venuća definiramo kao količinu vode u tlu kada biljka počinje venuti. Odgovara negativnom tlaku od 15 bara, 1,5 MPa, 15 000 cm stupca vode ili pF od 4,2.

2.3. Vodni potencijal biljke i osnovna obilježja vinove loze

2.3.1. Vodni potencijal biljke

Važnost vode u biljci je svakojaka, te je ona biljci važna za različite procese posebno za vegetativni i generativni razvoj, te prinos (Williams i Araujo 2002.). U slučaju nedostatka vode u biljci dolazi do pojave vodnog stresa koji se definira kao ograničena opskrba korijena biljke vodom što dovodi do smanjenja transpiracije (Imadi i sur. 2015.; Barbosa Medeiros 2012.). Vodni stres nepovoljno djeluje na biljku i u određenim slučajevima može dovesti do zatvaranja puči, dok kod određenih vrsta utječe na visinu biljke, promjer stabljike, površinu lista i sadržaj suhe tvari kod korijena i stabljike (Barbosa Medeiros 2012.). Mjerenjem vodnog potencijala biljke moguće je odrediti razinu stresa pod kojim se biljka nalazi, što predstavlja jedno je od najboljih sredstva određivanja potreba biljaka za navodnjavanjem (Chone i sur. 2000.; Centeno i sur. 2010.). Vodni potencijal biljke ovisi o velikom broju čimbenika, a neki od njih su: dubina tla, dubina korijena, količina oborina, transpiracija i površina lišća (Van Leeuwen i Darriet 2016.; Chone i sur. 2021.).

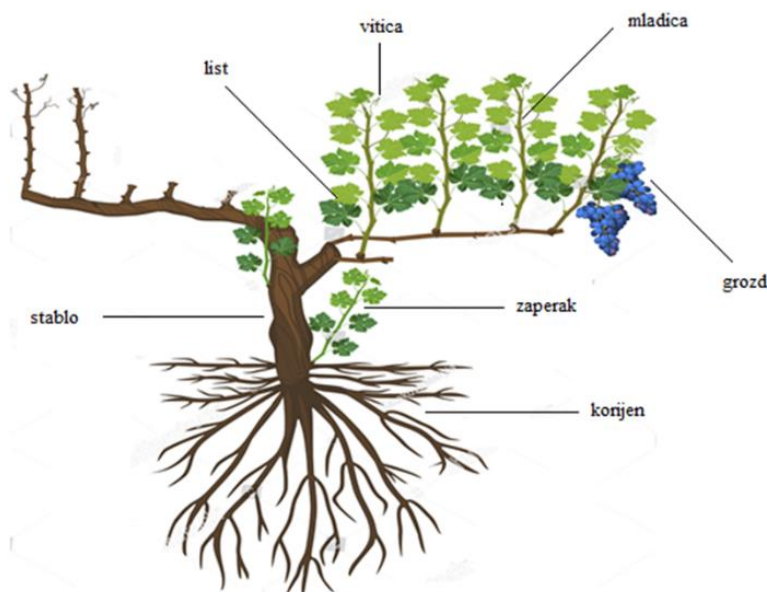
Tri najvažnija procesa gubitka vode u biljci koji mogu dovesti do pojave vodnog stresa su: transpiracija, gutacija i suženje. Transpiracija predstavlja gubitak vode u obliku vodene pare kroz puči. Osim transpiracije u biljkama se javlja i drugi oblik gubitka vode koji se naziva gutacija. Gutacija predstavlja gubitak vode u obliku kapljica kroz hidatode, zbog utjecaja pozitivnog hidrostatskog ili korijenovog tlaka. Gutacija se obično odvija tijekom noći, u uvjetima koji pogoduju razvoju korjenova tlaka (visoka relativna vlaga zraka i dobra opskrbljenost biljke vodom. Treći oblik gubitka vode u biljci je suženje koje se javlja na mjestima rezova ili ozljeda ksilemskih i floemskih provodnih elemenata (npr. kod rezidbe vinove loze) (Lazarević i Poljak 2019.).

Na vodni potencijal biljke određeni utjecaj imaju atmosferski uvjeti deficit tlaka vodene pare, sadržaj vode u tlu, temperatura, insolacija itd.) (Rodrigues i sur. 2012.; Avalos i Araujo. 2021.). Jedan od čimbenika koji utječe na vodni potencijal biljke je deficit tlaka vodene pare. U slučajevima kada biljka može lako usvajati vodu iz tla, visoke vrijednosti deficita tlaka vodene pare induciraju visoke vrijednosti transpiracije što dovodi do pada sadržaja vode u lišću, a s time i pada vodnog potencijala biljke. Osim utjecaja deficita tlaka vodene pare na vodni potencijal biljke veliku važnost ima i vlaga zraka. Visoke vrijednosti vlage zraka utječu na nisku vrijednost evaporacije, a posljedično s time i nisku stopu noćne transpiracije što omogućuje lakše ostvarivanje ravnoteže između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala biljke (vinove loze) (Rodrigues i sur. 2012.).

Mnogi autori navode da je osim atmosferskih uvjeta, vodni potencijal biljke usko povezan s vodnim potencijalom tla (Centeno i sur. 2010.; Rodrigues i sur. 2012.; Williams i Araujo 2002.). S obzirom na to da se neposredno prije izlaska sunca javlja ravnoteža između vodnog potencijala lista i vodnog potencijala tla, vodni potencijal lista često se koristi kao mjera određivanja količine vode u tlu. Razlog ove teorije ogleda se u činjenici da tijekom noći nema svjetlosti potrebne za fotosintezu stoga su i potrebe za hlađenjem lišća niske pa su puči zatvorene. Zbog zatvorenosti puči nema gubitka vode transpiracijom što omogućava rehidraciju biljke i uspostavu ravnoteže između vodnog potencijala biljke i vodnog potencijala tla (Rodrigues i sur. 2012.). Tako primjerice odnos između vodnog potencijala tla i biljke varira ovisno o: svojstvima tla, evaporaciji, odnosima unutar sustava tlo-biljka, koji će ovisiti o sorti, podlozi, fenološkom stadiju i raspodjeli (sadržaju) vode u tlu (Rodrigues i sur. 2012.; Williams i Araujo 2002.).

2.3.2. Osnovna obilježja vinove loze

Vinova loza (*Vitis vinifera* L.) (Slika 3.2.1.) jedna je od najrasprostranjenijih voćnih vrsta koje se uzgajaju na svijetu. Višegodišnja je biljka iz porodice lozica. Zbog svoje velike otpornosti na različite klimatske uvijete vinova loza uzgaja se na gotovo svim kontinentima, osim na Antarktici (Maletić i sur. 2008.). Najveći proizvođač grožđa je Europa gdje samo tri države u svijetu (Francuska, Italija i Španjolska) proizvode gotovo 60% ukupne proizvodnje grožđa u Europi (Maletić i sur. 2008.; Avalos i Araujo 2021.).



Slika 3.2.1. Shema vinove loze

Izvor: (<https://www.dreamstime.com>) pristupljeno 21.10.2021

Radi rentabilnog uzgoja i razmnožavanja vinove loze potrebna je kvalitetna podloga. Od velikog broja vrsta američke grupe roda *Vitis*, kao podloga za vinovu lozu izdvojile su se praktično tri, i to: *Vitis riparia*, *Vitis rupestris* i *Vitis berlandieri*. Od spomenute tri vrste kao

podloge za vinovu lozu uzimaju se njihove selekcije, njihovi međusobni križanci, križanci s *Vitis viniferom* i kompleksni križanci. Do većeg broja loznih podloga došlo se pronalazeći i stvarajući križance koji će udovoljiti pojedinim specifičnim agroekološkim uvjetima. Stoga, podloge koje su najvažnije za vinogradarsku praksu dijelimo u 4 skupine: američke vrste roda *Vitis* i njihove selekcije, američko-američki križanci, europsko-američki križanci i složeni (kompleksni) križanci (Mirošević 2007.).

Osim važnosti podloge na kvalitetan uzgoj vinove loze veliku važnost ima i različit sustav uzgoja vinove loze. Vinovu lozu karakterizira sposobnost prilagodbe na razne ampelotehničke zahvate, pa se redovitim rezidbom pojedinih dijelova trsa može podvrgnuti različitim uzgojnim oblicima i načinima uzgoja.

Osim važnosti sustava uzgoja, na rast i razvoj vinove loze utječu mnogi čimbenici kao što su: temperatura (toplina), sunčeva svjetlost (insolacija), količina oborina, vjetar, geografska širina, nadmorska visina i reljef (Sluys 2006.; Maletić i sur. 2008.; Avalos i Araujo 2021.).

Jedan od osnovnih klimatskih čimbenika za normalan rast i razvoj vinove loze je temperatura. Srednja godišnja temperatura osnovni je pokazatelj prikladnosti za uzgoj vinove loze i trebala bi se kretati u rasponu od 9 do 21° C ovisno o fenološkoj fazi u kojoj se nalazi biljka. U početnim i krajnjim fazama razvoja temperatura je jedan od glavnih faktora regulacije rasta i razvoja, dok u sredini vegetacijskog ciklusa ima manji značaj (jedini slučaj mogu biti ekstremno visoke temperature). U kontinentalnim područjima RH utjecaj niskih temperatura najviše se vidi kod zeljastih organa koji su jako osjetljivi na pozebu, tako primjerice cvijet strada već na 0° C, mladi listići na -2° C, dok pup u otvaranju kao i listovi tijekom vegetacije na -4 do -5 ° C (Maletić i sur. 2008.). Osim utjecaja niskih temperatura na vinovu lozu nepovoljno mogu djelovati i ekstremno visoke temperature koje u kombinaciji s nedostatkom vode mogu dovesti do opadanja lišća, te nepotpunog razvoja bobica što kasnije utječe na veličinu i oblik (Zufferey i sur. 2017.; Valdéz- Gómez i sur. 2008.; Gašpar i Karačić 2011.).

Osim utjecaja temperature, na razvoj vinove loze veliku ulogu ima i količina vlage u tlu. Vinova loza obično se smatra vrstom koja dobro uspijeva i u razmjerno sušnim uvjetima, no za pravilan rast i razvoj potrebna je redovita opskrbljenost vodom (Maletić i sur. 2008.; Avalos i Araujo 2021.). Jedan od razloga vrlo dobre otpornosti vinove loze na nedostatak vode je u dobro razvijenom korijenovom sustavu (Zufferey i sur. 2017.). Nedostatak vlage osobito može dovesti do smanjenog razvoja plodova što uvelike utječe na prinos (Avalos i Araujo 2021.; Centeno i sur. 2010.). Zbog nedovoljne količine vlage dolazi do smanjenog rasta mladica i bobica. Nedostatak vlage osobito kod crnih sorata vinove loze manifestira se manjim sadržajem tanina i antocijana u bobici (Chone i sur. 2001.; Avalos i Araujo 2021.). Manje količine vlage u tlu smanjuju vegetativni rast, stomatalnu vodljivost, fotosintezu, te reproduktivni rast vinove loze (Centeno i sur. 2010.). Tijekom razvoja određene štete javljaju se i zbog viška vlage gdje može doći do osipanja cvjetova te pojave rehuljastih grozdova prilikom cvatnje. Osim toga prevelike količine vlage mogu dovesti do pucanja bobica te nakupljanja mikroorganizama koji izazivaju truljenje i propadanje grožđa (Gašpar i Karačić 2011.). Zbog navedenog od izrazite je važnosti kontinuirano praćenje režima vlažnosti tla, odnosno vremenski i prostornih promjena sadržaja

vode u tlu kako bi se na vrijeme reagiralo i poduzele odgovarajuće mjere (navodnjavanja/odvodnje) u cilju ublažavanja štetnih posljedica i osiguravanja stabilnih i visokih prinosa.

Sorte vinove loze s obzirom na otvorenosti puči tijekom nedostatka vlage u tlu možemo podijeliti na izohidrične i na anizohidrične biljne vrste. Izohidrične biljke zatvaraju puči kada dođe do smanjenja potencijala vode u tlu ili povećanja evaporacije, dok anizohidrične biljke dopuštaju smanjenje vodnog potencijala vinove loze s povećanjem tlaka para kako bi se nastavila izmjena plinova. Anizohidrične biljne vrste karakterizira smanjena vrijednost vodnog potencijala biljke u slučaju povećanja temperature kada su u tlu neograničene količine vode u tlu. Zbog toga razloga vodni potencijal vinove loze kod tih biljaka bit će manje osjetljiv na visoke temperature i visoki tlak para kada je ograničen sadržaj vlage u tlu. S obzirom da se puči postupno zatvaraju u uvjetima nedostatka vode u tlu kako bi se održao vodni potencijal iznad kritične točke doći će do smanjenja utjecaja klimatskih čimbenika na vodni potencijal vinove loze (Suter i sur. 2019.). Rodrigues i sur. (2012.) navode da podjela sorata vinove loze na izohidrične i anizohidrične vrste nije najbolje rješenje jer u velikom slučaju otpornost sorata vinove loze na vodni stres otvaranjem ili zatvaranjem puči ovisi o velikom broju drugih čimbenika kao npr. položaj, temperatura, te intenzitet i trajanje deficita vode u tlu.

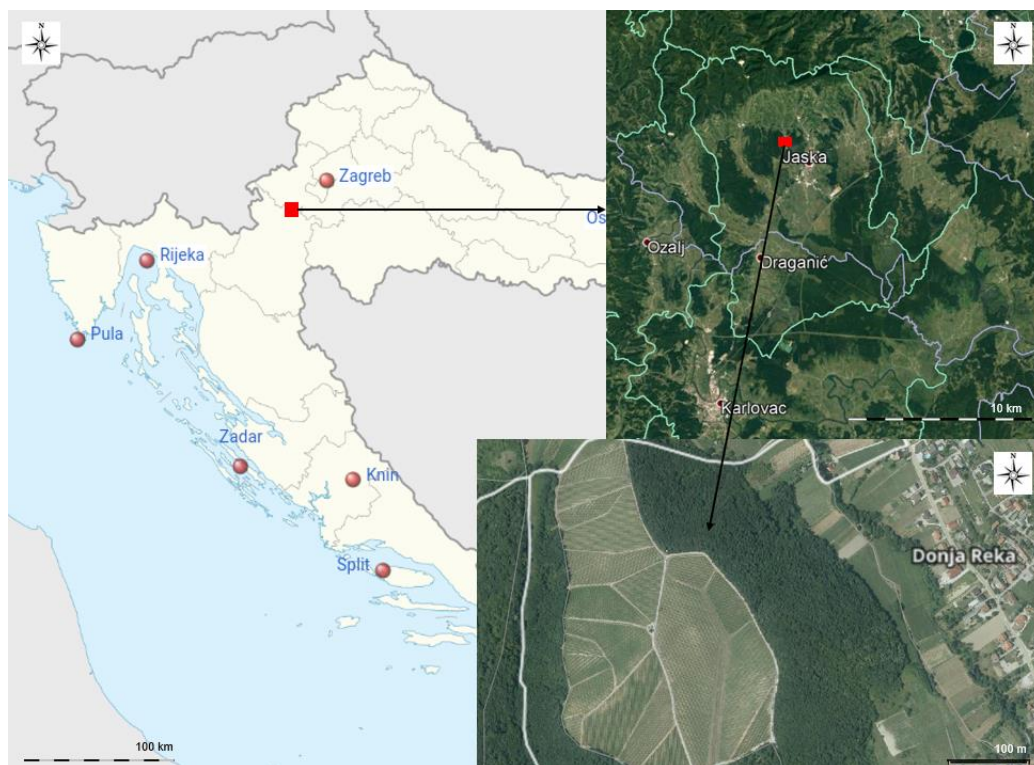
U kontekstu ovog diplomskog rada od iznimne je važnosti spomenuti i važnost reljefa za pravilan rast i razvoj vinove loze. Iako vinova loza može uspijevati na topografski različitim područjima od ravnica pa do obronačnih reljefnih formi, reljef ima veliki utjecaj na kakvoću grožđa i vina osobito njegova ekspozicija. Oduvijek se znalo da su tipični i najcjenjeniji vinogradarski položaji na nagnutim terenima (na brežuljcima ili padinama) (Maletić i sur. 2008.). Iako je na tim područjima manja vjerojatnost od pojave mraza, brežuljkasta područja na kojima se koristi teška mehanizacija, gdje je veća količina oborina te gdje je izražen manjak vegetacije dolazi do pojave erozije. Erozija utječe na smanjenje sadržaja hraniva koji su potrebni vinovoj lozi za rast i razvoj. Upravo povećanje sadržaja određenih hraniva u zoni rizosfere dovodi do zakiseljavanja pH tla što utječe na smanjenje količine organske tvari i smanjenju mikrobiološku aktivnost u tlu (Comino i sur. 2018.).

3. Materijali i metode rada

3.1. Značajke lokacije istraživanja i agrotehnika u vinogradu

Istraživanje u sklopu ovog diplomskog rada provedeno je u jednom od vinograda tvrtke Mladina Plus d.o.o. u Jastrebarskom na lokaciji Rečki Gaj ($45^{\circ}41'22''$ S; $15^{\circ}38'22''$ I) (Slika 3.1.). Vinograd se nalazi na obronku jugoistočne ekspozicije, s nagibom od 15%, duljinom redova od 90 m koji su orijentirani niz nagib, a međuredni dio vinograda je zatravljen. Razmak između redova iznosi 2,5 metra, dok je razmak između trsova u redu 1,0 metar. Vinograd je zasađen 1999. godine sortom Traminac koja je nacijepljena na podlogu Kober 5BB.

Dominantni tip tla na istraživanom području je rigolano semiterestričko tlo iz obronačnog pseudogleja (Husnjak 2014.). Matični supstrat na istraživanoj parceli je les odnosno pleistocenske ilovine. Od agrotehničkih mjera u vinogradu, tijekom jesenskog razdoblja u vinogradu obavlja se plitka površinska obrada i to svake druge godine svaki drugi međuredni prostor.

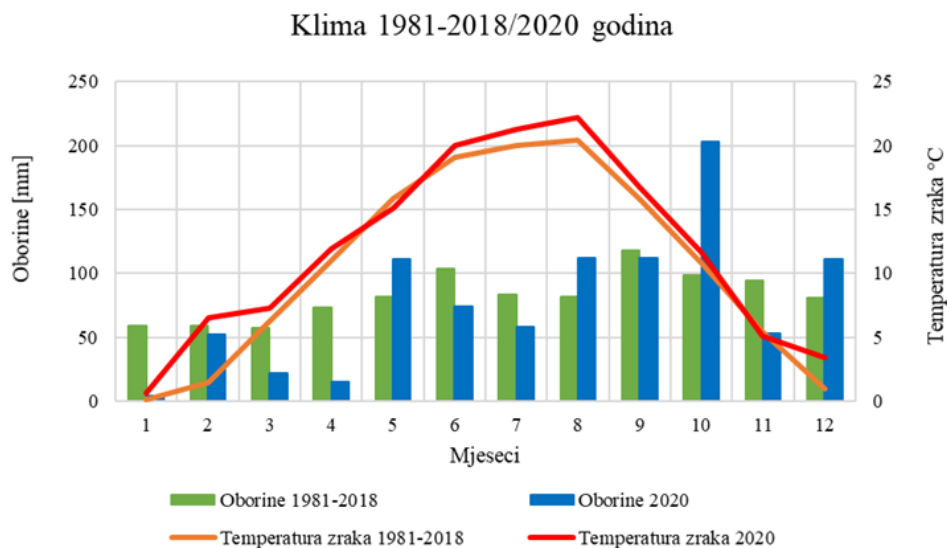


Slika 3.1. Prikaz lokacije istraživanja
(Izvor: Disertacija Ivan Magdić, 2021.)

3.2. Značajke klime istraživanog područja

Kontinentalni dio središnje Hrvatske, gdje spada i lokacija istraživanja ima umjereno kontinentalnu klimu. Stanje atmosfere na tom području je vrlo promjenjivo i obilježeno je raznolikošću vremenskih uvjeta uz česte i intenzivne promjene tijekom godine.

Slikom 3.2. prikazan je odnos temperatura i oborina između istraživanog razdoblja (2020. godina) i višegodišnjeg prosjeka (od 1981.- 2018.). Iz slike je vidljivo kako su vrijednosti temperature zraka veće u 2020. godini kod mjeseca veljača i ožujak u zimskom području, te u mjesecima lipanj, srpanj i kolovoz u ljetnom području u odnosu na višegodišnji prosjek. U 2020. godini u mjesecu listopada količina oborina je bila dvostruko viša nego u višegodišnjem prosjeku. U odnosu na mjesec listopad, količina oborina u mjesecima siječanj, veljača i travanj bila je više nego dvostruko manja u 2020. godini u odnosu na višegodišnji prosjek za navedeno razdoblje (1981- 2018). Srednja godišnja temperatura zraka za 2020. godinu za istraživano područje iznosila je 12.3 °C dok je prosječna godišnja količina oborina iznosila 927,4 mm.



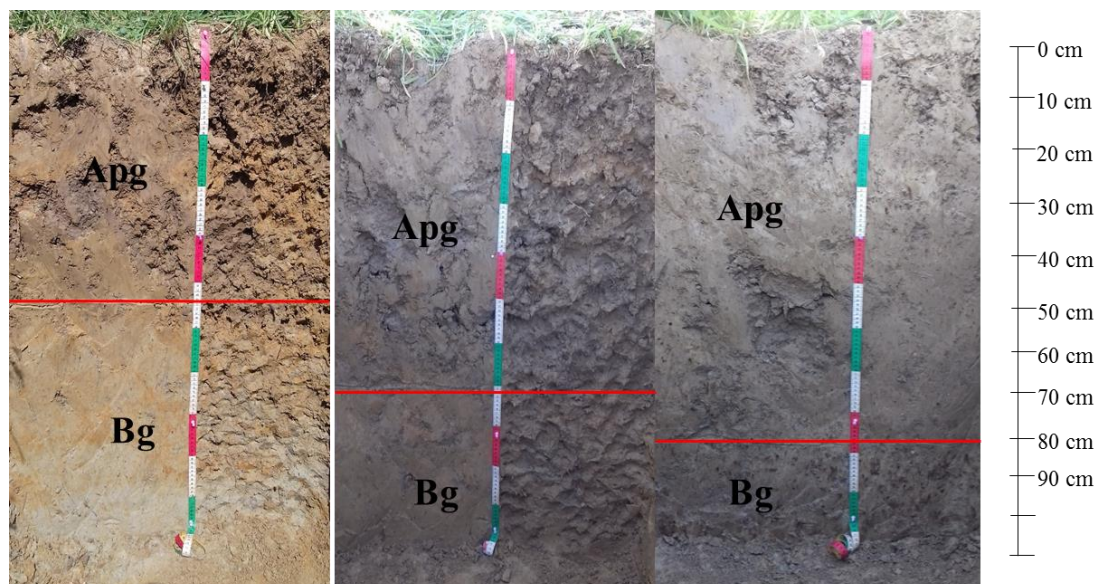
Slika 3.2. Prikaz meteoroloških podataka tijekom istraživanog razdoblja (2020) i višegodišnjeg prosjeka (1981 – 2018).

Podaci o srednjoj godišnjoj količini oborina i srednjoj godišnjoj temperaturi za 2020. godinu, ali i za višegodišnje razdoblje (1981- do 2018.) peuzeti su od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) sa meteorološke postaje Karlovac.

3.3. Uzorkovanje tla i postavljanje senzora za određivanje vodnog potencijala tla

Uzorkovanje tla za potrebu analiza svojstava tla provelo se na 3 pozicije, na vrhu (P1) u sredini (P2) i na dnu obronka (P3). Na svakoj od pozicija u međurednom prostoru vinograda iskopan je pedološki profil dubine 1,1 m (Slika 3.3.). Svaki od profila opisan je temeljem FAO (2006.) i/ili Schoenenberger (2012.). Nakon opisivanja uzeti su uzorci u porušenom i neporušenom stanju za laboratorijske analize. Uzorci u porušenom stanju uzeti su u tri ponavljanja u cilindre volumena od 100 cm^3 na dvije dubine i to na 30 i 90 cm. Uzorci u neporušenom stanju uzeti su u vrećice, cijelom dubinom profila. Iako su profili iskopani u međurednom prostoru, uzorci tla (i u neporušenom i porušenom stanju) uzorkovani su u redu odnosno u zoni rizosfere vinove loze. Uzorci tla u vrećicama su zatim označeni i dopremljeni u laboratorij Zavoda za pedologiju gdje je provedena priprema uzoraka za analizu, te analize fizikalnih i kemijskih svojstava tla.

Za potrebe određivanja vodnog potencijala tla korišteni su tenziometri (253-L Watermark Soil Matric Potential Block for Multiplexer Use) koji su postavljeni u zoni rizosfere na 30 cm dubine na vrhu, u sredini i na dnu obronka (redom P1, P2 i P3 pozicija). Tenziometri su konstantno, svakih 10 min očitavali vodni potencijal tla, a očitani podaci spremali su se na datalogger (CR6 Measurement & Control Datalogger). Senzori postavljeni u tlo rade na način da mjere razliku između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala samoga senzora. Upravo ta razlika između potencijala zaslužna je za protok vode između senzora i tla. Povećana količina vode u senzoru smanjuje električni otpor između elektroda senzora. Senzor za određivanje vodnog potencijala tla sastoji se od dvije elektrode zaštićene sintetičkom membranom koja štiti od propadanja elektroda s obzirom da su ukopane u tlo.



Slika 3.3. Prikaz pedoloških profila iskopanih za potrebe analize tla. (Foto: Ivan Magdić)

3.4. Laboratorijske analize tla

Laboratorijske analiza određivanja svojstava tla sastojala se od pripreme uzoraka tla i provođenja analiza vezanih za određivanje fizikalnih, kemijskih i retencijskih značajki tla temeljem standardnih laboratorijskih analiza čiji je popis naveden u nastavku:

1. Priprema uzoraka za analizu temeljem - HRN ISO 11464:2009
2. Mehanički sastav tla - HRN ISO 11277:2011
3. Sadržaj humusa – metodom po Tjurinu (JDPZ, 1966)
4. pH reakcija tla elektrometrijskom metodom - HRN ISO 10390: 2005
5. Volumna gustoća - HRN ISO 11272:2004
6. Gustoća čvrstih čestica - HRN ISO 11508:2004
7. Kapacitet tla za vodu - HRN ISO 11274:2004
8. Kapacitet tla za zrak - HRN ISO 11465:2004
9. Ukupni porozitet - HRN ISO 11508:2004
10. Vodno retencijske značajke tla na tlačnom ekstraktoru u rasponu od 0,33 do 15 bara - HRN ISO 11274:2004

3.5. Mjerenje vodnog potencijala vinove loze

S ciljem određivanja vodnog stresa vinove loze u ovisnosti od pozicije na obronku, mjereno je vodni potencijal na vinovoj lozi prijenosnim uređajem (Portable Plant Water Status Console, Soil Moisture, USA) (Slika 3.5.) prema metodi opisanoj u Scholander i sur. (1965.) u razdoblju od lipnja do sredine rujna 2020. godine. Vodni potencijal mjereno je na potpuno razvijenom lišću vinove loze na tri pozicije na obronku (gore, sredina i dolje – P1, P2 i P3), na trsovima neposredno uz pozicije gdje su u tlo postavljeni senzori za mjerenje vodnog potencijala tla (trsovi iznad postavljenih senzora). Na svakoj poziciji (u svakom od mjerenja) uzorkovalo se 15 listova (po 5 listova s 3 trsa) sa sredine mladice, pri čemu se vodilo računa da su listovi podjednake veličine, da nisu oštećeni te da nisu zahvaćeni bolestima. Listovi su uzorkovani u plastične vrećice sa zip zatvaračem koje su stavljene u prijenosni hladnjak, nakon čega su obavljena mjerenja. Uzorkovanje listova provodilo se u zoru (neposredno prije izlaska sunca) i točno u podne. Mjerenje vodnog potencijala vršilo se otprilike svakih 10 dana. Vodni potencijal vinove loze odredio se u tlačnoj komori na način da se na svakome listu ostrim skalpelom izravna peteljka, te se list stavi u predviđeni prostor (komoricu). Kroz uređaj se zatim pusti plinoviti dušik, kada se na peteljci pojavi kapljica vode uređaj se zaustavi i očita dobivena vrijednost tlaka u barima. Prednost ovog uređaja nad drugim je mogućnost mjerenja vodnog potencijala vinove loze vrijednostima do 25 bara ili 2.5 MPa ili u određenim slučajevima do 40 bara ili 4.0 MPa.



Slika 3.5. Uređaj za određivanje vodnog potencijala vinove loze
(Foto: Ivan Magdić)

3.6. Statistička analiza podataka

Statističke analize podataka obavljene su u statističkom paketu SAS System for Win ver. 9.1.3 (Copyright 2002-2003 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.). Podaci su analizirani analizom varijance (ANOVA). Srednje vrijednosti su uspoređivane Tukey-im Studentized Range (HSD) testom, kada je f test bio signifikantan na razini $p \leq 0,05$. Korelacijski koeficijenti između vrijednosti vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze, te između vodnog potencijala vinove loze i srednje dnevne relativne vlage zraka utvrđeni su u Excel programu (Microsoft office 365) pomoću „CORREL“ funkcije.

4. Rezultati i rasprava

4.1. Značajke tla

4.1.1. Osnovne značajke tla na lokaciji istraživanja

Tlo je uz klimu nezamjenjiv čimbenik za normalan rast i razvoj vinove loze. Iako je njegova važnost neupitna nisu sva tla jednako dobra za uzgoj biljnih vrsta. Jedno od osnovnih svojstva tla je njegova dubina. Poziciju na dnu karakterizirala je veća dubina horizonta što se poklapa s tezom Ziadata i sur. (2010.) koji navode da je dubina horizonata veća kod onih profila koji se nalaze na dnu obronka u odnosu na one koji se nalaze na vrhu zbog utjecaja erozije. Tako je dubina Ap horizonta na poziciji P1 50 cm, na poziciji P2 70 cm, dok je površinski Ap horizont na poziciji P3 najdublji te je imao dubinu od 80 cm (Tablica 4.1.).

Uzorci tla na različitim pozicijama i dubinama međusobno su se razlikovali po teksturi. Tako se primjerice u Ap horizontu profili P1 i P2 na pozicijama gore i sredina po teksturi svrstavaju u praškastu glinu (PrG), dok profil P3 na poziciji dolje karakterizira tekstura praškasto glinasta ilovača (PrGI). U Bg horizontu profil P1 teksturno se svrstava u praškastu glinu (PrG), dok profili P2 i P3 u praškasto glinastu ilovaču (PrGI).

Tablica 4.1. Dubine horizonata po pozicijama

Pozicija	Dubina horizonta (cm)	
	Ap	Bg
P1	0 – 50	50 – 110
P2	0 – 70	70 – 100
P3	0 – 80	80 – 100

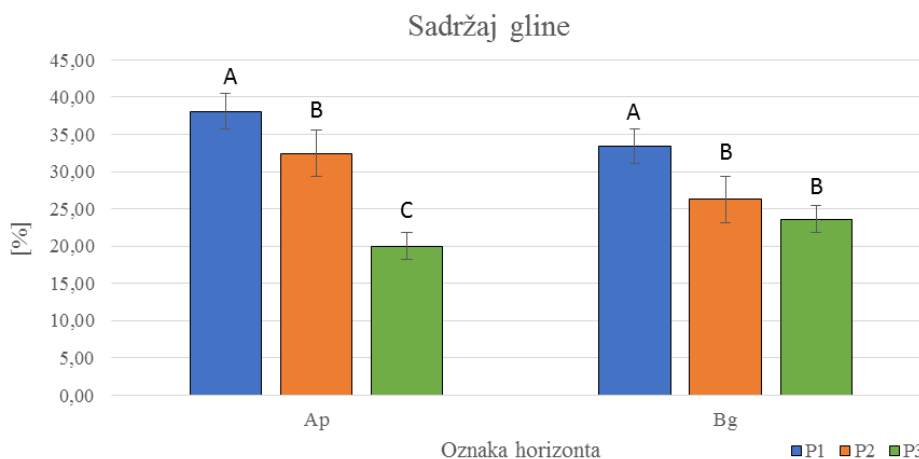
4.1.2. Značajke tla na pojedinim reljefnim pozicijama (3 pozicije)

U nastavku rada slikama su prikazane vrijednosti pojedinih fizikalnih, kemijskih i retencijskih značajki tla na različitim pozicijama (P1, P2 i P3), te razlike između različitih svojstava na dvije različite dubine (Ap - površinski horizont, Bg - potpovršinski horizont). U tom prikazu bit će jasno vidljive statističke razlike koje će biti obilježene slovom (A, B ili C), kod usporedbe istim slovom označene su vrijednosti kod kojih nema značajnih razlika (A-A, B-B ili C-C), dok kod (A-B, B-C ili A-C) oznaka postoji značajna razlika u osnovnim fizikalnim, kemijskim i retencijskim značajkama tla.

Dobiveni rezultati o osnovnim fizikalnim, kemijskim i retencijskim značajkama tla uspoređeni su s graničnim vrijednostima. Granične vrijednosti temeljem kojih je izvršena interpretacija rezultata nalaze se u „Prilozima“.

Sadržaj gline

Temeljem rezultata mehaničkog sastava tla sadržaj gline značajno se razlikuje ovisno o poziciji na obronku. Iz slike 4.1. vidljivo je kako je sadržaj gline u Ap horizontu najveći na gornjoj P1 (38,1 %), a najmanji na donjoj P3 poziciji na obronku gdje je sadržaj gline iznosio (20,0 %). Sadržaj gline na sredini obronka (P2) iznosio je (32,5 %). Sadržaj gline u Bg horizontu značajno je veći na P1(33,4 %) u odnosu na poziciju P2 i P3, gdje je sadržaj gline iznosio redom 26,27 % i 23,60 %. S obzirom na dobivene vrijednosti može se reći kako je veći sadržaj gline u Ap horizontu u odnosu na Bg horizont.



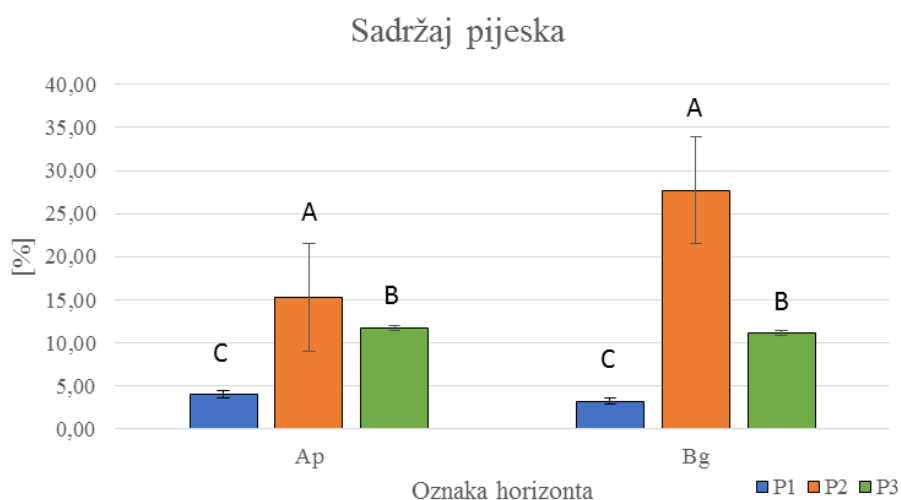
Slika 4.1. Prikaz vrijednosti sadržaja gline po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

Ovakvi rezultati sadržaja gline duž istraživanog obronka nisu u skladu s drugim istraživanjima. Razlog leži u činjenici što autori navode da zbog utjecaja erozije na donjim dijelovima obronka dolazi do nakupljanja gline, dok je na istraživanoj parceli sadržaj gline u Ap i Bg horizontu bio veći u gornjim dijelovima obronka. Tako Obalum i sur. (2012.); Rezaei i sur. (2016.); Karaca i

sur. (2018.) navode da je sadržaj gline viši u donjim dijelovima terena zbog utjecaja erozije vodom. S obzirom da su vrijednosti sadržaja gline veće na gornjim dijelovima obronka u odnosu na donje generalno se može reći da sadržaj gline pada niz obronak. Razlog većeg sadržaja gline na gornjim dijelovima obronka može se pripisati odnošenju površinskog horizonta za potrebe ravnjanja terena prilikom podizanja vinograda s donjih dijelova obronka na gornje, gdje je uslijed toga povećani sadržaj gline iz slabije propusnog iluvijalnog horizonta došao bliže površini tla.

Sadržaj pijeska

Temeljem rezultata mehaničkog sastava tla sadržaj pijeska značajno se razlikuje ovisno o poziciji na obronku. Iz slike 4.2. vidljivo je kako je sadržaj pijeska u Ap horizontu najveći na P2 (15,23 %), dok je najmanji na poziciji P1 gdje sadržaj pijeska iznosi (4,0 %). Sadržaj pijeska na poziciji P3 iznosio je (11,73 %). Sadržaj pijeska u Bg horizontu značajno je veći na P2 (27,73 %), dok je najmanji sadržaj pijeska na poziciji P1 (3,23 %). Sadržaj pijeska na poziciji P3 iznosio je (11,13 %). Vrijednosti sadržaja pijeska niz obronak vrlo su heterogeni, bez obzira na poziciju veće vrijednosti sadržaja pijeska zamijećene su u Bg u odnosu na Ap horizont.



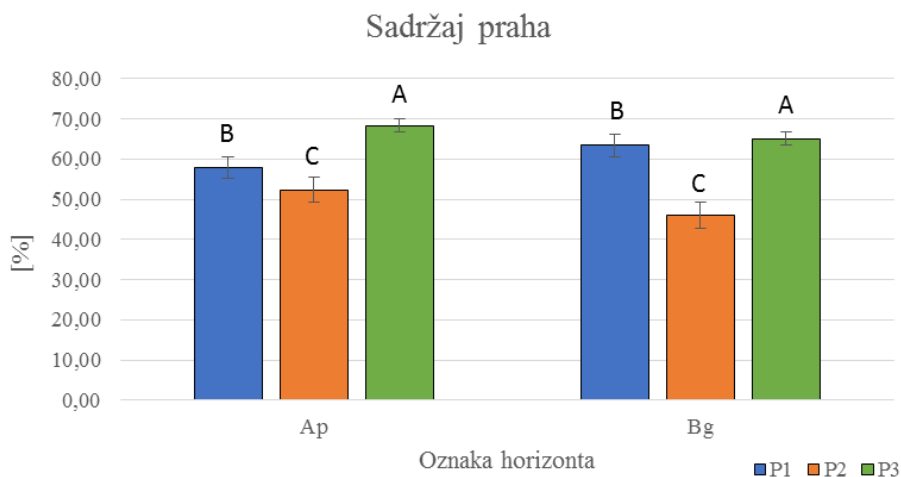
Slika 4.2. Prikaz vrijednosti sadržaja pijeska po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

Ovakvi rezultati sadržaja pijeska nisu u skladu s drugim istraživanjima zbog velike heterogenosti u sadržaju pijeska s obzirom na poziciju na obronku. Tako su Rubinić i sur. (2015.) promatrali sadržaj pijeska na pseudogleju razvijenom na lesu gdje je tlo korišteno kao oranica i livada. Na gornjoj poziciji obronka (na livadi) sadržaj pijeska je bio 6-8 %, dok je na donjem dijelu obronka sadržaj pijeska iznosio 9-11%. Na oranici sadržaj pijeska na gornjem profilu je bio 5-7%, dok je sadržaj pijeska na donjem profilu bio 6-9%. U odnosu na navedene rezultate Rubinića i sur. (2015.), Rezaei i sur. (2016.) u svom istraživanju navode nešto drugačije vrijednosti, gdje je sadržaj pijeska varirao od 50 do 45 % sa većim sadržajem na vrhu obronka. U odnosu na rezultate navedenih istraživanja dobivene vrijednosti sadržaja pijeska na istraživanoj parceli karakterizirala je velika heterogenost ovisno o poziciji na obronku. U našem

slučaju glavni razlog heterogenosti u sadržaju pijeska je vjerojatno rigolanje odnosno sveobuhvatni melioracijski zahvati na parceli prilikom podizanja nasada vinograda.

Sadržaj praha

Sadržaj praha značajno se razlikuje ovisno o poziciji na obronku. Iz slike 4.3. vidljivo je kako je sadržaj praha u Ap horizontu najveći na P3 (68,3 %), a najmanji na poziciji P2 gdje je sadržaj praha iznosio (52,3 %). Sadržaj praha na poziciji P1 iznosio je (57,9 %). Sadržaj praha u Bg horizontu značajno je veći na P3 (65,1 %), dok je najmanji sadržaj praha na poziciji P2 gdje je iznosio (46,0 %). Sadržaj praha na poziciji P1 iznosio je (63,4 %). Iz dobivenih rezultata može se vidjeti kako je i u Ap i Bg horizontu najveći sadržaj praha bio na poziciji P3, dok je najmanji bio na poziciji P2. Što se tiče sadržaja praha između horizonata, općenito veće vrijednosti sadržaja praha zabilježene su u Bg u odnosu na Ap horizont.

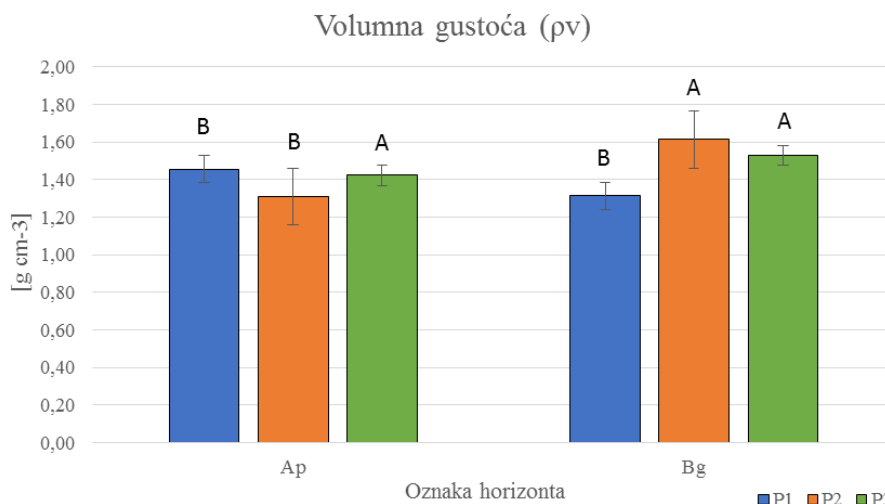


Slika 4.3. Prikaz vrijednosti sadržaja praha po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

Ovakvi rezultati nakupljanja praha na donjim dijelovima obronaka poklapaju se s istraživanjima Rubinić i sur. (2015.), Telak i sur. (2021.) koji navode povećane vrijednosti čestica praha u donjim dijelovima obronaka zbog utjecaja erozije i ostalih padinskih procesa. Iz slika 4.1 do 4.3. vidi se kako je frakcija praha najdominantnija frakcija što je u skladu s utvrđenim tipom tla i matičnim supstratom na kojem se tlo razvilo (Husnjak 2014.).

Volumna gustoća

Vrijednosti volumne gustoće (Slika 4.4.) na pojedinoj poziciji na obronku u Ap horizontu značajno se razlikuju na poziciji P1 ($1,46 \text{ g cm}^{-3}$) i P2 ($1,31 \text{ g cm}^{-3}$) u odnosu na poziciju P3 ($1,42 \text{ g cm}^{-3}$). Kod Bg horizonta vrijednost volumne gustoće na P1 ($1,31 \text{ g cm}^{-3}$) značajno se razlikuje u odnosu na pozicije na obronku P2 ($1,61 \text{ g cm}^{-3}$) i P3 ($1,53 \text{ g cm}^{-3}$).

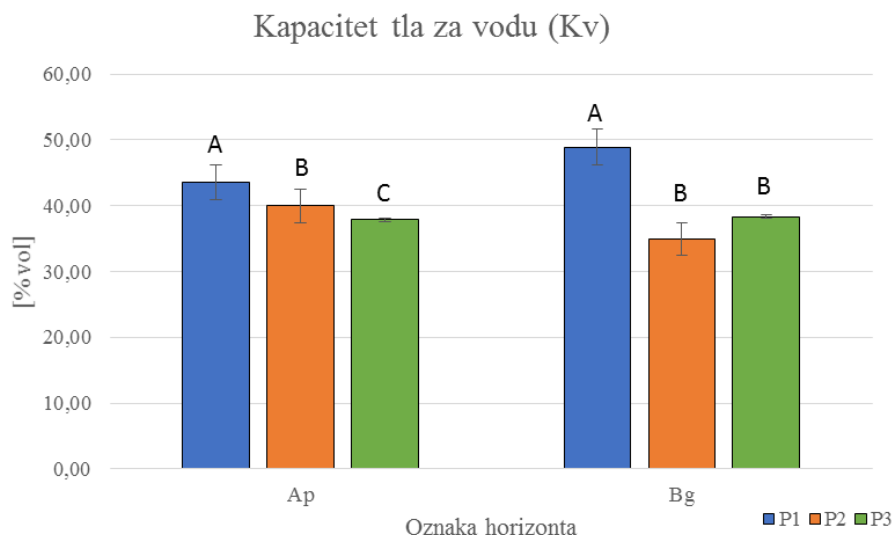


Slika 4.4. Prikaz vrijednosti volumne gustoće po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

Dobivene vrijednosti volumne gustoće djelomično se poklapaju s istraživanjima Siswanto i sur. (2020.); Ofori i sur. (2013.) čije su vrijednosti volumne gustoće bile više na gornjim dijelovima obronka u odnosu na donji dio. Nadalje, Patton i sur. (2019.); Périé i Ouimet (2008.); Guzman i Al- Kaisi (2011.) navode da sadržaj organske tvari ima vrlo veliki utjecaj na vrijednosti volumne gustoće čije vrijednosti rastu sa smanjenjem sadržaja organske tvari u tlu. Li i sur. (2019.); Jakšić i sur. (2020.) promatrali su utjecaj dubine horizonta na volumnu gustoću. Rezultati istraživanja navedenih autora ukazuju na činjenicu da se vrijednosti volumne gustoće povećavaju s povećanjem dubine što je zabilježeno na pozicijama P2 i P3 na istraživanoj parceli.

Kapacitet tla za vodu – volumen mikropora

Vrijednosti kapaciteta tla za vodu (Slika 4.5.) značajno se razlikuju ovisno o poziciji na obronku. Prema klasifikaciji (Gračanin, 1945) sve pozicije na obronku imale su osrednji kapacitet tla za vodu. U Ap horizontu najveća vrijednost kapaciteta tla za vodu bila je na poziciji P1 (43,54 % vol), dok je najmanja vrijednost kapaciteta tla za vodu zabilježena na P3 (37,87 % vol) poziciji. Vrijednost kapaciteta tla za vodu u Bg horizontu bio je značajno veći na P1 (48,91 % vol) u odnosu na pozicije na obronku P2 i P3, gdje je kapacitet tla za vodu iznosio redom 35,00 % vol i 38,34 % vol. Više vrijednosti kapaciteta tla za vodu bile su u Bg horizontu u odnosu na Ap. S obzirom da su i u Ap i Bg horizontu vrijednosti kapaciteta tla za vodu na poziciji P1 više u odnosu na poziciju P3 generalno može se reći da vrijednost kapaciteta tla za vodu padaju niz obronak.

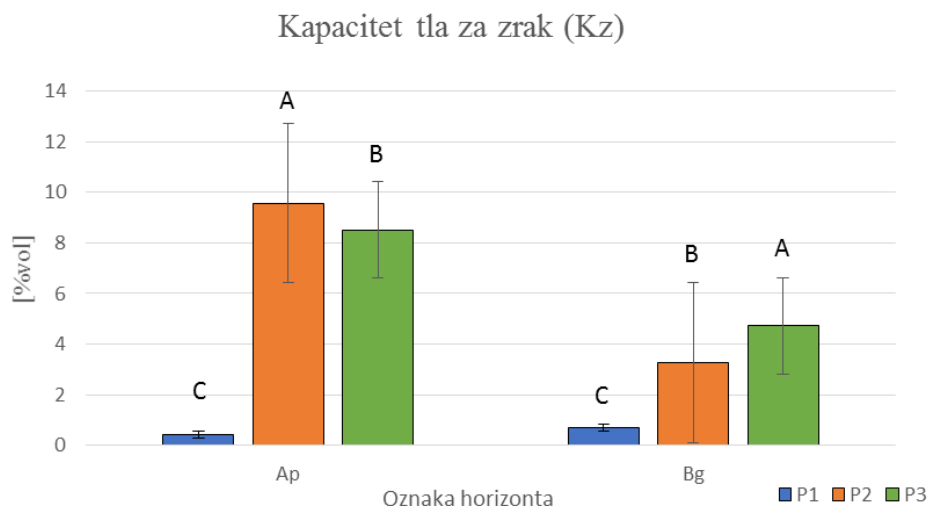


Slika 4.5. Prikaz vrijednosti kapaciteta tla za vodu po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

Rezultati analiza vezane uz određivanje kapaciteta tla za vodu na pojedinoj poziciji na obronku u skladu su s istraživanjima Telak i sur. (2021.); Siswanto i sur. (2020.) koji navode da su vrijednosti kapaciteta tla za vodu više u gornjim dijelovima obronka u odnosu na donje dijelove što je povezano s teksturom i strukturom tla. S obzirom da je najveći sadržaj gline, zabilježen na višim pozicijama obronku razumljivo je da su vrijednosti kapaciteta tla za vodu veće na tim pozicijama zbog pozitivnog utjecaja sadržaja gline na vrijednosti kapaciteta tla za vodu. Liu i sur. (2013.) navode da na povoljne vrijednosti kapaciteta tla za vodu utječe sadržaj organske tvari i biljni pokrov koji održavaju povoljne vodozračne odnose, a s time i povoljnije vrijednosti kapaciteta tla za vodu.

Kapacitet tla za zrak – volumen makropora

Vrijednosti kapaciteta tla za zrak (Slika 4.6.) značajno se razlikuju ovisno o poziciji na obronku. Prema klasifikaciji Gračanina (1945) vrijednosti kapaciteta tla za zrak na P1 (0,43 %) u Ap horizontu i P1 (0,71 %) i P2 (3,26 %) u Bg horizontu okarakterizirana je kao vrlo mala, dok pozicija P3 (4,72 %) u Bg horizontu ima malu vrijednost kapaciteta tla za zrak. Pozicije na obronku P2 (9,57 %) i P3 (8,51 %) u Ap horizontu imaju osrednje vrijednosti kapaciteta tla za zrak. Ovako dobivene vrijednosti kapaciteta tla za zrak u Ap horizontu očekivani su s obzirom da je najveća vrijednost kapaciteta tla za zrak zabilježena upravo u Ap horizontu na poziciji P2 gdje je i zabilježen najveći sadržaj pijeska. Iz dobivenih rezultata može se vidjeti kako su vrijednosti kapaciteta tla za zrak veće u Ap horizontu u odnosu na Bg horizont.

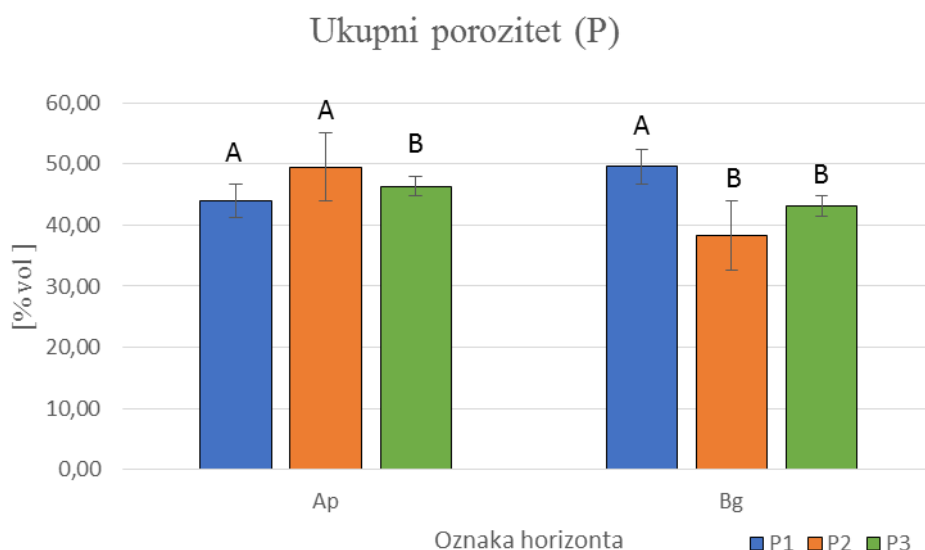


Slika 4.6. Prikaz vrijednosti kapaciteta tla za zrak po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

Dobiveni rezultati o kapacitetu tla za zrak poklapaju se s navodima Pepper i Brusseau (2019.) koji navode da poroznost i kapacitet tla za zrak ovise o veličini i obliku strukturnih agregata, sadržaju sitnijih čestica (npr. prah i glina) te biljnom pokrovu. Isti autori navode da su najmanje vrijednosti kapaciteta tla za zrak primijećene na pozicijama koje su imale najveći sadržaj gline u svome uzorku. Liu i sur. (2013.) navode da na tlima na kojima se često djeluje radnim strojevima može doći do zbijenosti tla. Veći sadržaj gline na pozicijama na obronku utječe na ostala svojstva tla. Tako Liu i sur. (2013.) navode da povećani sadržaj gline negativno utječe na vrijednosti kapaciteta tla za zrak i ukupnog poroziteta tla. Sve gore navedeno u skladu je sa dobivenim rezultatima gdje su vrijednosti kapaciteta tla za zrak najmanje na gornjim pozicijama obronka (tj. P1), gdje je ujedno i povećani sadržaj gline. Suprotno tome, najveće vrijednosti kapaciteta tla za zrak zabilježene su na P2 poziciji, koja ujedno ima i najveći sadržaj pijeska u odnosu na ostale pozicije na istraživanom obronku.

Ukupni porozitet

Vrijednosti ukupnog poroziteta (Slika 4.7.) značajno se razlikuju ovisno o poziciji na obronku. Prema klasifikaciji Gračanina (1947) vrijednosti ukupnog poroziteta na P1 (43,96 % vol) poziciji u Ap horizontu, P2 (38,26 % vol) i P3 (43,05 % vol) u Bg horizontu okarakterizirane su kao malo porozne, dok vrijednosti ukupnog poroziteta na pozicijama P2 (49,54 % vol) i P3 (46,38 % vol) u Ap horizontu, te poziciju P1 (49,62 % vol) u Bg horizontu okarakterizirane su kao porozne.

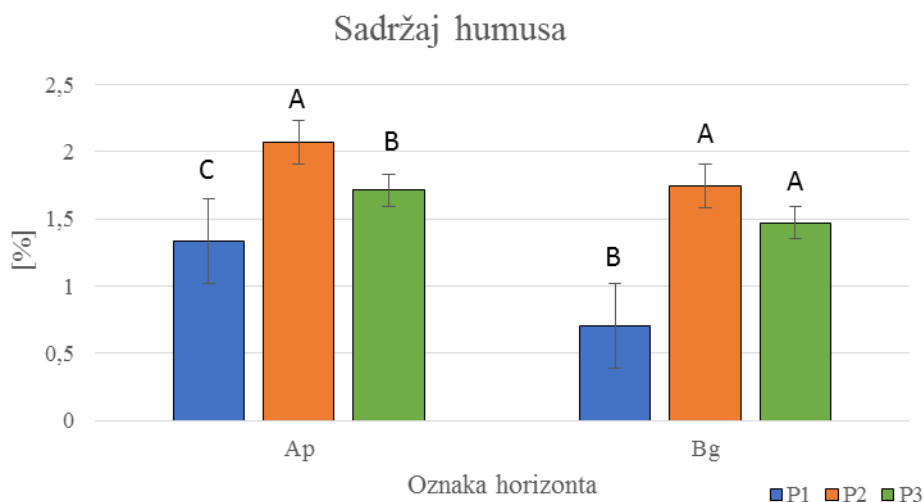


Slika 4.7. Prikaz vrijednosti ukupnog poroziteta po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

Dobivene vrijednosti ukupnog poroziteta na pojedinoj poziciji na obronku djelomično se poklapaju s vrijednostima Ofori i sur. (2013.) koji su određivali ukupni porozitet na vrhu, u sredini i na dnu obronka. Vrijednosti ukupnog poroziteta varirale su od 45.10 % do 59.65% ovisno o poziciji, čije su vrijednosti bile više na dnu obronka u odnosu na vrh obronka. Vrijednosti ukupnog poroziteta na istraživanoj lokaciji ukazuju na činjenicu kako su vrijednosti u Ap horizontu više na dnu u odnosu na vrh obronka kao što su naveli Ofori i sur. (2013.) u svojem istraživanju. Isti autori navode da je sadržaj pijeska jedan od čimbenika koji utječu na vrijednosti ukupnog poroziteta. Vrijednosti ukupnog poroziteta su više što je veći sadržaj pijeska u tlu zbog većeg volumena makropora. Tako je vidljivo da je najveća vrijednost ukupnog poroziteta u Ap horizontu zabilježena na poziciji P2 gdje je i zabilježen najveći sadržaj pijeska. Osim utjecaja sadržaja pijeska Bodhinayake i Cheng (2004.); Liu i sur. (2013.) navode važnost obrade, koja posebno kod oranica i vinograda ima veliku ulogu u ukupnom porozitetu tla čije se vrijednosti smanjuju sa povećanjem zbijenosti tla zbog utjecaja obrade.

Sadržaj humusa

Vrijednosti sadržaja humusa (Slika 4.8.) značajno se razlikuju ovisno o poziciji na obronku. Prema klasifikaciji Gračanina (1945) vrijednosti sadržaja humusa na pozicijama P1 (1,34 %), P2 (2,07 %) i P3 (1,71 %) u Ap horizontu, te pozicije P2 (1,74 %) i P3 (1,47 %) u Bg horizontu klasificiraju u slabo humozna tla, dok se pozicija P1 (0,70 %) u Bg horizontu klasificira u vrlo slabo humozna.



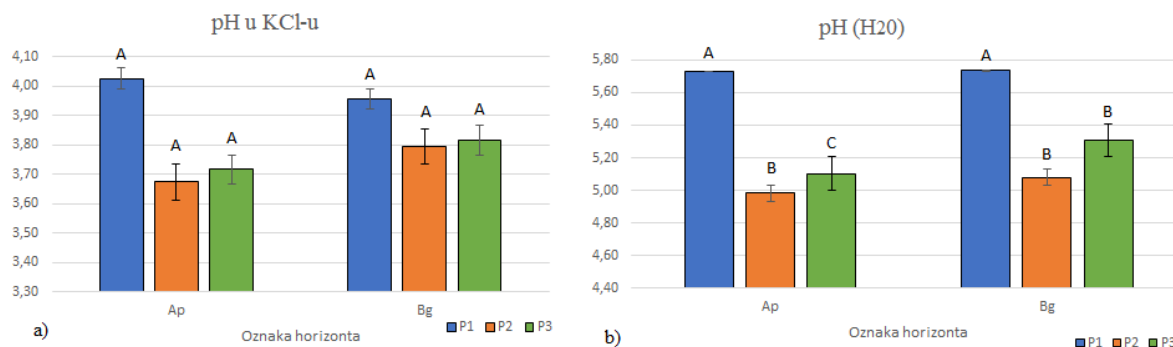
Slika 4.8. Prikaz vrijednosti sadržaja humusa po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

Dobivene vrijednosti sadržaja humusa poklapaju se s istraživanjima Guzman i Al- Kaisi (2011.); Telak i sur. (2021.) koji navode da je sadržaj humusa veći na dnu obronka u odnosu na vrh zbog utjecaja erozije. Karaca i sur. (2018.); Telak i sur. (2021.) navode da obrada ima vrlo veliko značenje u povećanju sadržaja organske tvari u tlu posebno malčiranje (košnja trave) koje se provodilo na istraživanoj parceli. Važnost organske tvari ogleda se u činjenici da je ona neupitan čimbenik u održavanju povoljne strukture što pozitivno utječe na sposobnost usvajanja vode od strane biljke. Vrijednosti sadržaja humusa u površinskom i potpovršinskom horizontu poklapaju se s tezom Jakšića i sur. (2020.) koji su naveli da je sadržaj humusa veći u površinskom u odnosu na potpovršinski sloj tla. S obzirom da su vrijednosti sadržaja humusa na svim pozicijama na obronku uglavnom manje od 2% sadržaj humusa je dosta nizak. Razlog tako malog sadržaja humusa može se pripisati obradi tla odnosno njegovoj mineralizaciji, te tome što se na istraživanoj parceli ne provodi organska gnojidba.

pH KCl- u i pH (H₂O)

Kod vrijednosti pH izmjenjenog u KCl - u (Slika 4.9.a) nema značajne razlike u odnosu na poziciju na obronku. Prema klasifikaciji Škorića (1982) sve uzorke tla možemo okarakterizirati kao jako kisele. Na pozicijama P1 (4,03), P2 (3,67) i P3 (3,72) u Ap horizontu i na pozicijama P1 (3,96), P2 (3,79) i P3 (3,82) u Bg horizontu ne postoji značajna razlika u vrijednostima pH izmjenjenog u KCl- u.

Vrijednosti pH izmjenjenog u vodi (Slika 4.9.b) značajno se razlikuju ovisno o poziciji na obronku. U Ap horizontu najveća vrijednost pH bila je na P1 (5,73), dok je najmanja vrijednost pH bila na poziciji P2 (4,98). pH vrijednost na poziciji P3 iznosila je (5,10). Kod Bg horizonta pozicija P1 (5,73) značajno se razlikuje u vrijednosti pH izmjenjenog u vodi u odnosu na pozicije P2 i P3 koje iznose redom 5,08 i 5,31.

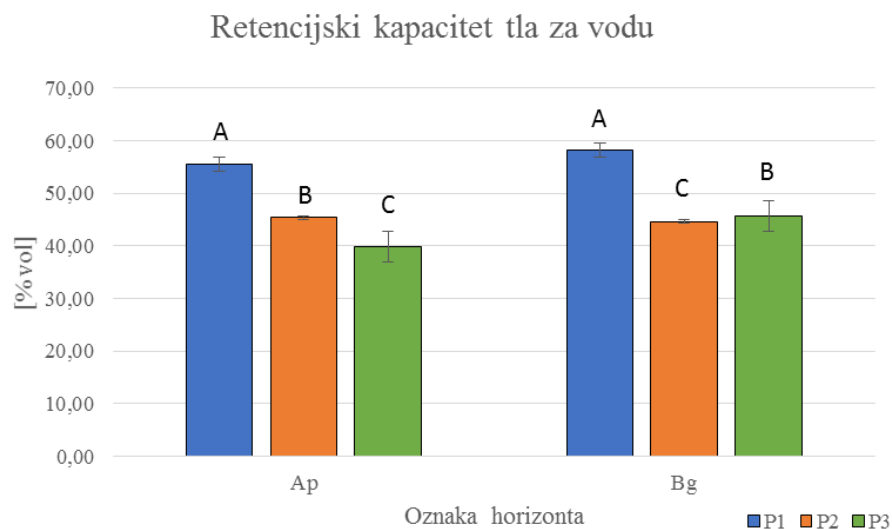


Slike 4.9.a i 4.9.b Prikaz vrijenosti pH u KCl- u i pH (H₂O) po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

Dobiveni rezultati o pH vrijednosti poklapaju se s istraživanjima Rezaei i sur. (2015.) koji navode da je vrijednost pH značajno viša na vrhu u odnosu na dno obronka. Više vrijednosti pH na vrhu obronka u odnosu na njegovo dno iste su kao i kod Karaca i sur. (2018.) čije su vrijednosti pH na vrhu obronka terase iznosile 8,15 u odnosu na dno gdje je pH bio nešto niži 7,7. Jakšić i sur. (2020.) mjerili su razliku u vrijednostima pH između površinskog i potpovršinskog horizonta gdje su vrijednosti pH u površinskom horizontu iznosile 5,53, dok je vrijednost pH u potpovršinskom horizontu bila nešto niža 5,35. Više vrijednosti izmjerenog pH u potpovršinskom horizontu poklapaju se s navodima Rubinića i sur. (2015.) koji navode da pseudoglejna tla karakterizira smanjenje vrijednosti pH sa povećanjem dubine.

Vodno retencijske značajke tla

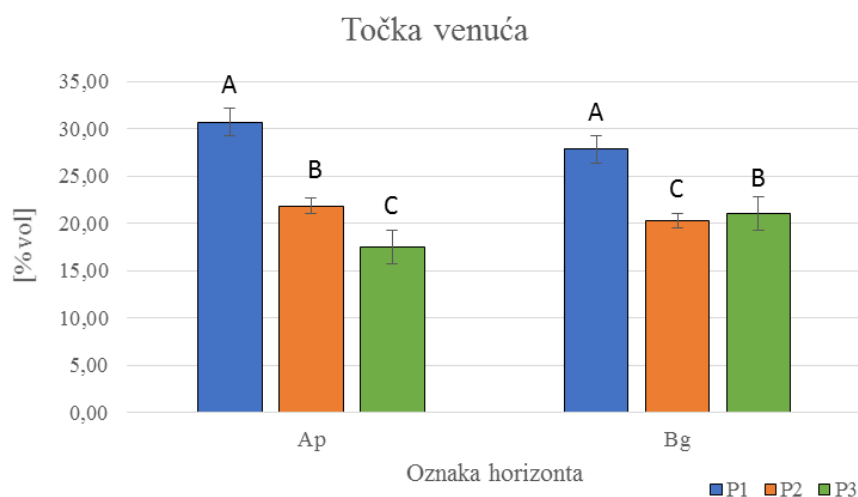
Dobivene vrijednosti retencijskog kapaciteta tla za vodu značajno se razlikuju. Iz (Slike 4.10.) vidljivo je kako je najveća vrijednost retencijskog kapaciteta tla za vodu u Ap horizontu bila na P1 (55,50 % vol), dok je najmanja vrijednost bila na poziciji P3 te je iznosila (39,84 % vol). Vrijednost retencijskog kapaciteta tla za vodu na poziciji P2 u Ap horizontu iznosila je (45,34 % vol). Kod Bg horizonta najveća vrijednost retencijskog kapaciteta tla za vodu bila na P1 (58,15% vol), dok je najmanja vrijednost bila na poziciji P2 te je iznosila (44,62 % vol). Vrijednost retencijskog kapaciteta tla za vodu na poziciji P3 u Bg horizontu iznosila je (45,59 % vol). Na različitim pozicijama na obronku bile su različite vrijednosti retencijskog kapaciteta tla za vodu. Na poziciji P1 vrijednosti su bile više zbog većeg sadržaja gline, dok su na poziciji P2 bile niže zbog većeg sadržaja pijeska.



Slika 4.10. Prikaz vrijednosti retencijskog kapaciteta tla za vodu po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

Točka venuća

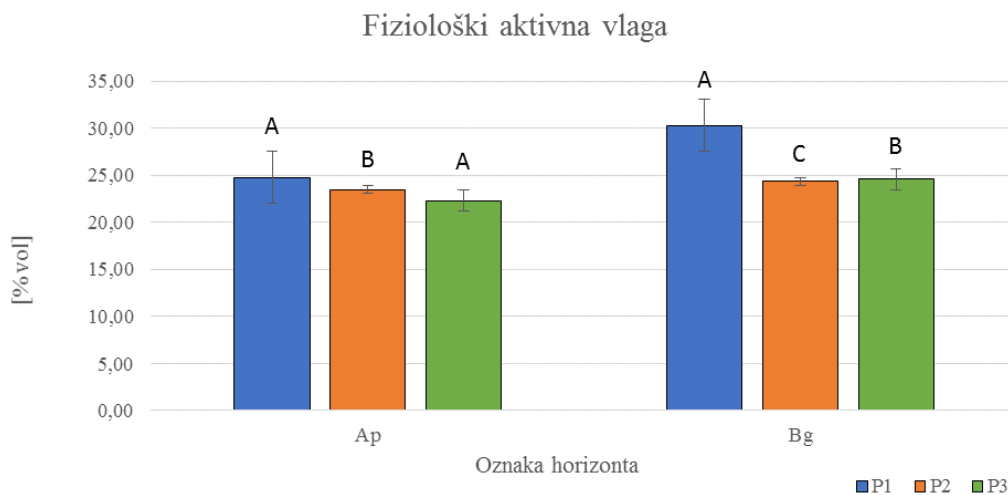
Dobivene vrijednosti točke venuća značajno se razlikuju. Iz (Slike 4.11.) vidljivo je kako je najveća vrijednost točke venuća u Ap horizontu bila na P1 (30,70 % vol), dok je najmanja vrijednost bila na poziciji P3 te je iznosila (17,52 % vol). Vrijednost točke venuća na poziciji P2 u Ap horizontu iznosila je (21,86 % vol). Kod Bg horizonta najveća vrijednost točke venuća bila je na P1 (27,82 % vol), dok je najmanja vrijednost bila na poziciji P2 (20,27 % vol). Vrijednost točke venuća na poziciji P3 u Bg horizontu iznosila je (21,02 % vol).



Slika 4.11. Prikaz vrijednosti točke venuća po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

Fiziološki aktivna vlaga

Iz (Slike 4.12.) može se vidjeti da se vrijednosti fiziološki aktivne vlage u Ap horizontu na pozicijama P1 (24,80 % vol) i P3 (22,32 % vol) značajno razlikuju u odnosu na vrijednosti izmjerene na poziciji P2 (23,48 % vol). Kod Bg horizonta najveća vrijednost fiziološki aktivne vlage bila je na P1 (30,33 % vol), dok je najmanja vrijednost bila na poziciji P2 te je iznosila (24,35 % vol). Vrijednost fiziološki aktivne vlage na poziciji P3 u Bg horizontu iznosila je (24,58 % vol).



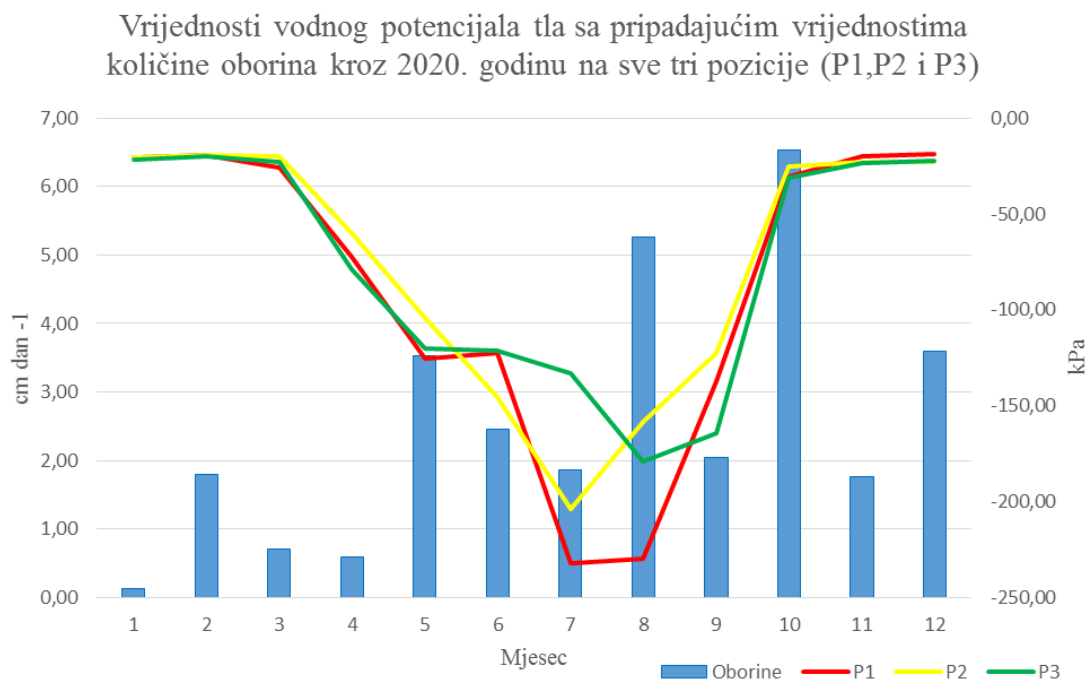
Slika 4.12. Prikaz vrijednosti fiziološki aktivne vlage po pozicijama (P1, P2 i P3) i horizontima (Ap i Bg)

4.2. Vodni potencijal tla i vodni potencijala vinove loze

4.2.1. Vodni potencijal tla na pojedinim reljefnim pozicijama (3 pozicije)

U poglavljima 4.2.1. i 4.2.2. slikama su prikazane vrijednosti vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze. Svaka slika predstavlja poziciju na kojoj je izvršeno mjerenje.

Slikom 4.13. prikazane su vrijednosti vodnog potencijala tla i količine oborina na pozicijama P1, P2 i P3. Najveća srednja vrijednost vodnog potencijala tla kroz istraživano razdoblje na poziciji P1 bila je u prosincu kada je iznosila -18,81 kPa, dok je najmanja srednja vrijednost vodnog potencijala tla bila u srpnju kada je iznosila -232,35 kPa. Srednja vrijednost vodnog potencijala tla na poziciji P1 iznosila je -88,23 kPa. Na poziciji P2 najveća srednja vrijednost vodnog potencijala tla na istraživanoj poziciji zabilježena je u veljači te je iznosila -19,07 kPa, dok je najmanja srednja vrijednost vodnog potencijala tla bila u srpnju te je iznosila -203,85 kPa. Srednja vrijednost vodnog potencijala tla na poziciji P2 iznosila je -77,26 kPa. Na poziciji P3 najveća srednja vrijednost vodnog potencijala tla bila je u veljači kada je iznosila -20,06 kPa, dok je najmanja srednja vrijednost vodnog potencijala tla bila u kolovozu te je iznosila -179,25 kPa. Srednja vrijednost vodnog potencijala tla na poziciji P3 iznosila je -78,27 kPa. Više vrijednosti vodnog potencijala tla na sve tri pozicije na obronku zabilježene su zimskim i jesenskim mjesecima što je i logično s obzirom da su u tim godišnjim dobima vrijednosti oborina više, a temperature zraka manje. U odnosu na zimske mjesec u ljetnim mjesecima vrijednosti vodnog potencijala tla bile su niže s obzirom da su u tim vremenskim periodima i temperature najviše ali i količine oborina najmanje.

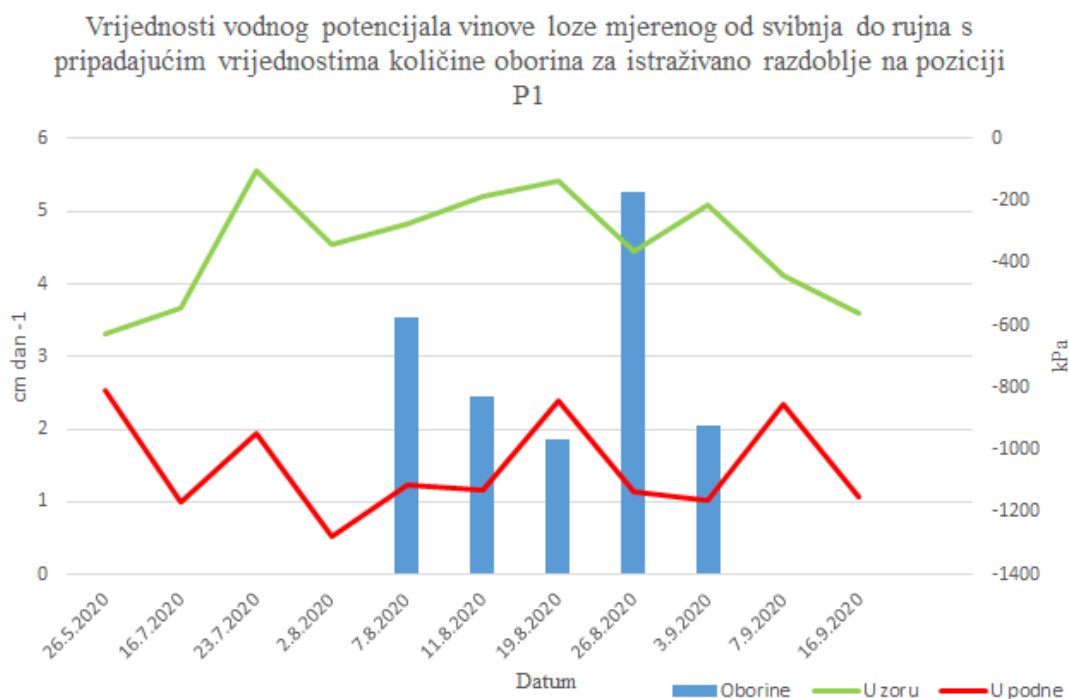


Slika 4.13. Prikaz vrijednosti vodnog potencijala tla i količine oborina na sve tri pozicije na obronku (P1,P2 i P3)

Dobiveni rezultati vodnog potencijala tla u skladu su s navodima Valdez-Gomez i sur. (2009.) koji su proveli istraživanje mjereći vodni potencijal tla kroz 2005. i 2006. godinu na dubini od 50 cm tla te dobili vrijednosti vodnog potencijala tla za 2005 godinu od -0,2 MPa, dok je vrijednost za 2006 godinu iznosila -0,1 MPa. Laker (2004.) proveo je mjerenja na dvije različite lokacije Papegaaiberg i Helshoogte, na svakoj lokaciji mjerio je vodni potencijal tla za dva različita tipa tla. Na lokaciji Papegaaiberg („Tukulu“ i „Hutton“), dok su na lokaciji Helshoogte bili tipovi tla („Tukulu“ i „Avalon“). Sve tipove tla karakterizirala je praškasto glinasta tekstura, a dobivene vrijednosti vodnog potencijala tla iznosile su: na lokaciji Papegaaiberg -0.03 MPa i -0.035 MPa, dok su vrijednosti vodnog potencijala tla na lokaciji Helshoogte iznosile -0.04 MPa i -0.035 MPa. Isti autor na kraju rada navodi važnost vodnog potencijala tla za biljku. Vrijednost vodnog potencijala tla ako se smanji tlo neće moći obavljati funkciju rezervoara vode za biljku te će doći do pojave vodnog stresa u biljci. Markesteijn i sur. (2014.) proučavali su vodni potencijal tla na tri različite pozicije na obronku na vrhu, na sredini i na dnu obronka. Na vrhu obronka vrijednosti vodnog potencijala tla iznosio je -2,7MPa, na sredini obronka vrijednost je bila -1,6 MPa, dok je vodni potencijal tla na dnu obronka iznosio -2,0 MPa. Na temelju dobivenih podataka autor je zaključio da je vrh obronka nešto sušiji u odnosu na samo dno obronka što se može pripisati nakupljanju vode na donjim dijelovima obronka zbog procjeđivanja vode.

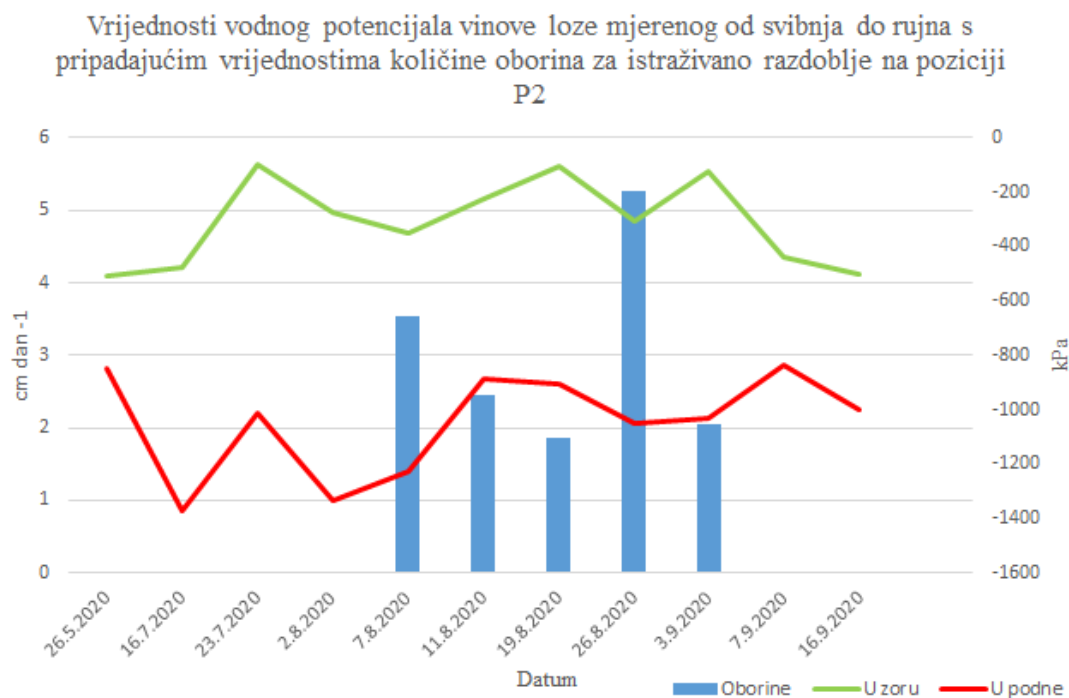
4.2.2. Vodni potencijal vinove loze na pojedinim reljefnim pozicijama (3 pozicije)

Slikom 4.14. prikazane su vrijednosti vodnog potencijala vinove loze izmjerene u zoru i u podne s vrijednostima oborina za 2020. godinu na poziciji P1. Najveća vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjenog u zoru zabilježena je 23.7.2020. kada je vrijednost vodnog potencijala vinove loze iznosila -100 kPa, dok je najmanja vrijednost zabilježena 26.5.2020 kada je iznosila -629 kPa. Najveća vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjenog u podne zabilježena je 26.5.2020 kada je iznosila -808 kPa, dok je najmanja vrijednost vodnog potencijala zabilježena 2.8.2020 kada je iznosila -1277 kPa. Srednja vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjenog u zoru na poziciji P1 iznosila je -344 kPa, dok je srednja vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjenog u podne iznosila -1053 kPa.



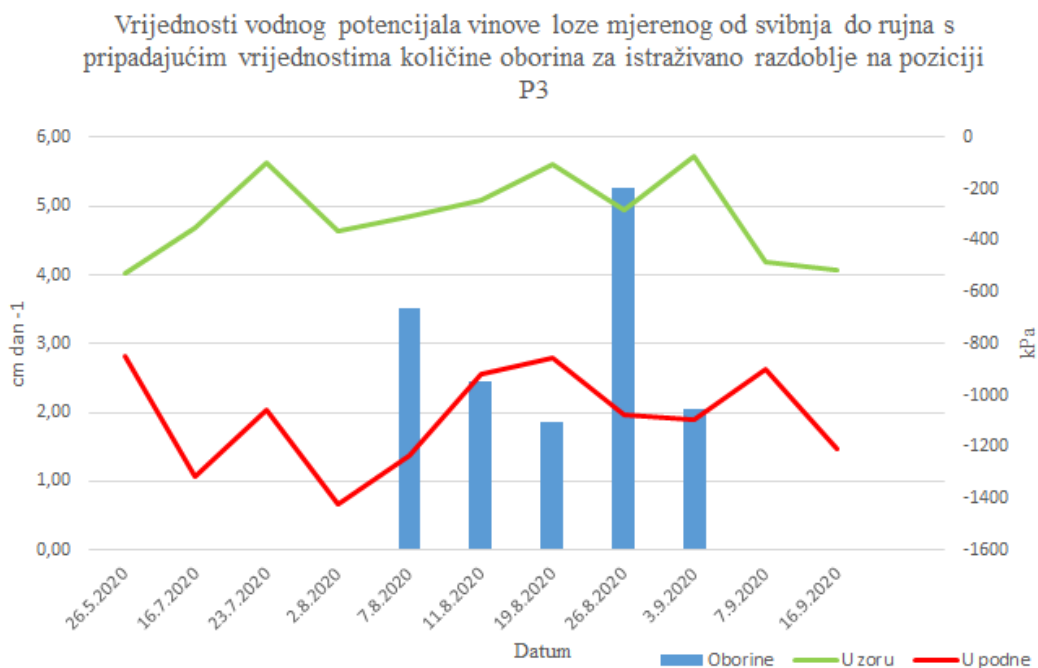
Slika 4.14. Vrijednosti vodnog potencijala vinove loze izmjerene u zoru i u podne na poziciji P1

Slikom 4.15. prikazane su vrijednosti vodnog potencijala vinove loze izmjerene u zoru i u podne s vrijednostima oborina za 2020. godinu na poziciji P2. Na poziciji P2 najveća vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjenog u zoru zabilježena je 23.7.2020 kada je iznosila -100 kPa, dok je najmanja vrijednost vodnog potencijala zabilježena 26.5.2020 kada je iznosila -509 kPa. Najveća vrijednost vodnog potencijala mjenog u podne zabilježena je 7.9.2020 i iznosila je -833 kPa, dok je najmanja vrijednost vodnog potencijala vinove loze zabilježena 16.7.2020 i iznosila je -1373 kPa. Srednja vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjenog u zoru iznosila je -310 kPa, dok je srednja vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjenog u podne iznosila -1046 kPa.



Slika 4.15. Vrijednosti vodnog potencijala vinove loze izmjerene u zoru i u popodne na poziciji P2

Slikom 4.16. prikazane su vrijednosti vodnog potencijala vinove loze mjenog u zoru i u podne s vrijednostima oborina za 2020. godinu na poziciji P3. Najveća vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjenog u zoru na poziciji P3 zabilježena je 3.9.2020 i iznosila je -72 kPa, dok je najmanja vrijednost vodnog potencijala vinove loze izmjerena 26.5.2020 i iznosila je -529 kPa. Najveća vrijednost vodnog potencijala mjenog u podne zabilježena je 26.5.2020 i iznosila je -850 kPa, dok je najmanja vrijednost izmjerena 2.8.2020 i iznosila je -1425 kPa. Srednja vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjenog u zoru iznosila je -305 kPa, dok je srednja vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjenog u podne iznosila -1085 kPa.



Slika 4.16. Vrijednosti vodnog potencijala vinove loze izmjerene u zoru i u podne na poziciji P3

Dobiveni podaci o vodnom potencijalu vinove loze u skladu su s navodima Chone i sur. (2002.) koji su proveli mjerenje vodnog potencijala vinove loze mjenog u zoru i u podne na tri različita vinograda koja su teksturno klasificirana u praškasto glinastu ilovaču (PrGI) u vremenskom periodu od srpnja do listopada. Srednje vrijednosti vodnog potencijala vinove loze na istraživanim parcelama mjenog u zoru iznosile su -0.72 MPa. Za to isto vrijeme vrijednosti vodnog potencijala izmjenog u podne bile su -1.53 MPa. Valdez-Gomez i sur. (2009.) mjerili su vrijednosti vodnog potencijala u zoru koja je iznosila -0.3 MP a što prema klasifikaciji Sibille i sur. (2007.) odgovara vrijednosti umjenog vodnog stresa kod biljke. Williams i Araujo (2002.) proveli su istraživanje na dvije različite lokacije u tri različita dana gdje su srednje vrijednosti vodnog potencijala mjenog u zoru iznosile -0,60 MPa, dok su vrijednosti vodnog potencijala vinove loze mjenog u podne iznosile -1,50 MPa.

Suter i sur. (2019.) proveli su istraživanje mjerenja vodnog potencijala vinove loze mjenog u zoru kroz dvije godine (2015. i 2018.) čije su vrijednosti vodnog potencijala iznosile -0.86 MPa u 2015. godini i -0.90 MPa u 2018. godini. Williams i sur. (2011.) navode vrijednosti vodnog potencijala vinove loze mjenog u zoru od -0.75 MPa, dok su vrijednosti vodnog potencijala mjenog u podne bile -1.28 MPa. Isti autori navode da je vrijednost vodnog potencijala izmjenog u podne odraz količine vode potrebne biljci za rast i razvoj, te pravi pokazatelj razine stresa pod kojim se biljka nalazi. Shultz i Gruber (2005.); Suter i sur. (2019.); Avalos i Araujo (2021.) ne slažu se sa tezom Williamsa i sur. (2011.) te navode da su vrijednosti vodnog potencijala vinove loze izmjenog u zoru pravi pokazatelj količine vode potrebne biljci za normalan rast i razvoj. Isti autori navode da tijekom noćnog perioda dolazi do ravnoteže između stanica korijena sa susjednim slojevima tla te je zato mjerenje vodnog potencijala vinove loze u zoru pravi pokazatelj količine vode u biljci.

4.2.3. Korelacija vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze na pojedinim reljefnim pozicijama

Tablicom 4.2. prikazane su vrijednosti vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze te korelacijski koeficijenti između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze na tri različite pozicije na obronku. Iz tablice 4.2. vidi se da je na poziciji P1 koeficijent korelacije između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze mjerenog u zoru iznosio $r = -0,18$. Vrijednost koeficijenta korelacije između vodnog potencijala vinove loze mjerenog u podne i vodnog potencijala tla na poziciji P1 iznosio je $r = 0,23$.

Na poziciji P2 korelacijski koeficijent između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze izmjerenog u zoru iznosio je $r = 0,16$. Korelacijski koeficijent na poziciji P2 između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze izmjerenog u podne iznosio je $r = 0,63$ te je kod te dvije funkcije dobivena najveća vrijednost korelacije. Na poziciji P3 korelacijski koeficijent između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze mjerenog u zoru iznosio je $r = 0,01$, dok je korelacijski koeficijent između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze izmjerenog u podne na poziciji P3 iznosio je $r = 0,18$.

Tablica 4.2. Prikaz vrijednosti vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze (mjerenog u zoru i u podne) te korelacijski koeficijenti

Datum	P1			P2			P3		
	VP tla [kPa]	VP loze zora [kPa]	VP loze podne [kPa]	VP tla [kPa]	VP loze zora [kPa]	VP loze podne [kPa]	VP tla [kPa]	VP loze zora [kPa]	VP loze podne [kPa]
26.5.2020.	-115	-629	-808	-33	-509	-850	-78	-529	-850
16.7.2020.	-262	-543	-1170	-302	-477	-1373	-167	-353	-1317
23.7.2020.	-262	-100	-947	-139	-100	-1010	-108	-100	-1057
2.8.2020.	-251	-337	-1277	-218	-277	-1337	-162	-360	-1425
7.8.2020.	-142	-273	-1114	-72	-350	-1227	-92	-307	-1236
11.8.2020.	-164	-187	-1127	-125	-221	-887	-131	-244	-920
19.8.2020.	-239	-137	-840	-128	-103	-903	-185	-103	-857
26.8.2020.	-302	-360	-1132	-239	-307	-1050	-267	-283	-1075
3.9.2020.	-53	-215	-1160	-50	-125	-1033	-90	-72	-1093
7.9.2020.	-74	-437	-853	-90	-437	-833	-122	-483	-899
16.9.2020.	-152	-563	-1150	-172	-503	-1000	-180	-517	-1207
r		-0.18	0.23		0.16	0.63		0.01	0.18

r = koeficijent korelacije

Korelacija između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze poklapa se s tezom Williams i Trout. (2005.); Schultz i Gruber. (2005.); Gaudin i sur. (2017) koji navode da je mjerenje vodnog potencijala vinove loze u podne bolji indikator količine vode u tlu. U odnosu

na rezultate istraživanja gore navedenih autora, Markesteijn i sur. (2014.) navode da je vrijednost vodnog potencijala vinove loze izmjeren u zoru pravi pokazatelj sadržaja vode u tlu. Razlog tome leži u činjenici što mjerenje vodnog potencijala vinove loze u zoru pokazuje pravu vrijednost količine vode u datom trenutku u korijenu biljke zbog ravnoteže koja se javlja tijekom noći između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze. Isti autor navodi da vrijednosti vodnog potencijala vinove loze izmjerenog u podne predstavljaju minimalne vrijednosti količine vode koju biljka može tolerirati u datom trenutku.

Rezultati koeficijenta korelacije između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze na istraživanoj lokaciji bili su vrlo niski. Razlog vrlo male korelacije između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze leži u činjenici što tijekom noći puči na površini listova biljaka nisu potpuno zatvorene te se i tijekom noći odvija transpiracija u biljaka što dovodi do razlike između vodnog potencijala vinove loze i vodnog potencijala tla.

Viša vrijednost korelacijskog koeficijenta između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze mjerenog u podne zabilježena je na poziciji P2. Mogući razlog toga je veći sadržaj pijeska na poziciji P2 koji je omogućio da biljka lakše primi vodu iz tla u odnosu na pozicije koje imaju veći sadržaj gline.

4.2.3. Korelacija relativne vlage zraka i vodnog potencijala vinove loze na pojedinim reljefnim pozicijama

Pored korelacije vodnog potencijala tla i vinove loze, a s obzirom da su korelacijski koeficijenti za navedeno bili iznimno niski pristupilo se određivanju koeficijenta korelacije između vodnog potencijala vinove loze (izmjenog u zoru i u podne) sa srednjom dnevnom relativnom vlagom zraka (RVZ). Iz tablice 4.3. vidljivo je da je vrijednost korelacijskog koeficijenta relativne vlage zraka i vodnog potencijala vinove loze izmjerenog u zoru na poziciji P1 iznosila $r = -0,03$, dok je vrijednost korelacijskog koeficijenta između relativne vlage zraka i vodnog potencijala vinove loze izmjerenog u podne na poziciji P1 iznosila $r = 0,56$. Vrijednost korelacijskog koeficijenta između vodnog potencijala vinove loze mjerenog u zoru na poziciji P2 i relativne vlage zraka iznosio je $r = -0,04$, dok je vrijednost korelacijskog koeficijenta između vodnog potencijala vinove loze izmjerenog u podne i relativne vlage zraka iznosila je $r = 0,67$. Na poziciji P3 vrijednost korelacijskog koeficijenta između relativne vlage zraka i vodnog potencijala vinove loze izmjerenog u zoru iznosilo je $r = -0,06$, dok je vrijednost korelacijskog koeficijenta između relativne vlage zraka i vodnog potencijala vinove loze izmjerenog u podne iznosila $r = 0,62$.

Tablica 4.3. Prikaz vrijednosti relativne vlage zraka i vodnog potencijala vinove loze (izmjenjenog u zoru i u podne) te korelacijski koeficijenti

	P1		P2		P3		
Datum	VP loze zora [kPa]	VP loze podne [kPa]	VP loze zora [kPa]	VP loze podne [kPa]	VP loze jutro [kPa]	VP loze podne [kPa]	RVZ (%)
26.5. 2020	-629	-808	-509	-850	-529	-850	80
16.7. 2020	-543	-1170	-477	-1373	-353	-1317	73
23.7. 2020	-100	-947	-100	-1010	-100	-1057	75
2.8. 2020	-337	-1277	-277	-1337	-360	-1425	70
7.8. 2020	-273	-1114	-350	-1227	-307	-1236	76
11.8. 2020	-187	-1127	-221	-887	-244	-920	78
19.8. 2020	-137	-840	-103	-903	-103	-857	78
26.8. 2020	-360	-1132	-307	-1050	-283	-1075	69
3.9. 2020	-215	-1160	-125	-1033	-72	-1093	79
7.9. 2020	-437	-853	-437	-833	-483	-899	78
16.9. 2020	-563	-1150	-503	-1000	-517	-1207	78
r	-0,03	0,56	-0,04	0,67	-0,06	0,62	

r = koeficijent korelacije

Dobiveni rezultati koeficijenta korelacije između vodnog potencijala vinove loze i relativne vlage zraka u skladu su s rezultatima Rodriguesa i sur. (2012.) koji navode vrijednost korelacije između vodnog potencijala vinove loze izmjenjenog u podne i deficita tlaka vodene pare od $r = 0.83$. Isti autori navode negativnu vrijednost korelacija između vodnog potencijala vinove loze mjenjenog u zoru i deficita tlaka vodene pare, te su zaključili da negativna korelacija između vodnog potencijala vinove loze mjenjenog u zoru i deficita tlaka vodene pare ukazuje na povećanje isparavanja u atmosferi. Isti proces se događa i kod biljaka po noći tijekom transpiracije što ometa noćnu rehidraciju biljaka. Upravo transpiracija koja se odvija tijekom noći utječe na razliku između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze što je jedan od dokaza da puči nisu dokraja zatvorene tijekom noći. Isti autori navode da visoka vlažnost zraka također dovodi do niske vrijednosti evaporacije i posljedično tome, niske ili nulte stope transpiracije noću što omogućuje ravnotežu između vodnog potencijala tla i vodnog potencijala vinove loze.

Vesala i sur. (2017.) navode da je brzina transpiracije povezana s relativnom vlagom zraka i vodnim potencijalom vinove loze. Povećanje vrijednosti relativne vlage zraka smanjuje stopu transpiracije. Isti autori navode da u slučaju da dođe do smanjenja vodnog potencijala biljke i povećanja relativne vlage u zraku transpiracija se pretvara u usvajanje vode koja je potrebna biljci za obavljanje fizioloških funkcija.

5. Zaključak

Uvidom u pregled literature i dobivenim rezultatima istraživanja mogu se izvući sljedeći zaključci:

Dubina Ap horizonta raste niz obronak. Rezultati istraživanja ukazuju na izrazitu heterogenost svojstva tla duž istraživanih obronaka. Tako se temeljem rezultata laboratorijskih analiza može zaključiti kako je sadržaj gline najveći na gornjim pozicijama obronaka. Sadržaj praha uglavnom raste niz obronak, dok je sadržaj pijeska najveći na sredini obronaka.

Rezultati analiza ostalih fizikalnih svojstva tla uglavnom su povezana s teksturom tla duž obronaka. Tako je kapacitet tla za vodu odnosno volumni mikropora najveći na višim pozicijama obronaka koja ujedno ima i najveći sadržaj gline. Najmanji kapacitet tla za vodu, a najveći za zrak (volumen makropora) na sredini obronaka (pozicija P2) koja ujedno ima i signifikantno najveći sadržaj pijeska u odnosu na ostale pozicije na istraživanom obronku.

U pogledu sadržaja humusa tlo na istraživanoj poziciji uglavnom ima niski sadržaj humusa uglavnom kao posljedicu mineralizacije i izostanka aplikacije organskih gnojiva u istraživanom vinogradu. pH reakcija tla okarakterizirana je kao jako kisela, što je u skladu s tipom tla koji je bio predmet istraživanja.

Vodni potencijal tla razlikovao se po pozicijama istraživanih obronaka tako je najmanju srednju vrijednost vodnog potencijala tla imala pozicija P1, dok je najveća srednja vrijednost vodnog potencijala tla zabilježena na poziciji P2 koja se nezamjetno razlikuje s pozicijom P3.

Najveća srednja vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjerenog u zoru zabilježena je na poziciji P3, dok je najmanja vrijednost vodnog potencijala vinove loze mjerenog u zoru zabilježena na poziciji P1. Vodni potencijal mjeren u zoru pokazuje veće vrijednosti u odnosu na vodni potencijal mjeren u podne na temelju čega se može zaključiti kako je razina vodnog stresa vinove loze izraženija u podne. Između vodnoga potencijala vinove loze (izmjenjen u zoru) i srednje dnevne RVZ nije utvrđena korelacija ($r = -0,04$ do $-0,06$). Pozitivna i jaka korelacija utvrđena je između vodnog potencijala vinove loze izmjenjenog u podne i RVZ ($r = 0,56$ do $0,67$).

6. Popis literature

1. Balasubramanian A. (2017). Soil Erosion – Causes and Effects, Centre for Advanced Studies in Earth Science, University of Mysore, Mysore.
2. Barbosa Medeiros D., Ciriaco da Silva E., Rafael Bentzen Santos H., Mirella Pacheco C., Dos Santos Musser R., Jurema Mansur Custódio Nogueira R. (2012) Physiological and biochemical responses to drought stress in Barbados cherry, Brazilian society of plant physiology, , 24(3): 181-192
3. Bodhinayake W., Cheng Si B. (2004). Near-saturated surface soil hydraulic properties under different land use in the St Denis National Wildlife Area, Saskatchewan, Canada. Hydrological Processes, 18(15), 2835-2850.
4. Brady N.C., Weil R. R. (2017). The nature and properties of soils, Pearson education limited, UK.
5. Centeno A., Baeza P., Ramo'n Lissarrague P. (2010) Relationship between soil and plant water status in wine grapes under various water deficit regimes, Departamento de Producción Vegetal, Spain, 20 (3)
6. Chone X., Van leeuwen C., Dubourdieu D., Gaudilleáre J. P. (2002) Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status, France, Annals of Botany 87: 477±483
7. Comino J. R., Keesstra S., Cerdà A. (2018), Soil erosion as an environmental concern in vineyards: the case study of celler del roure, eastern Spain, by means of rainfall simulation experiments, Wageningen Environmental Research, Spain, Beverages 2018, 4, 31; doi:10.3390/beverages4020031
8. Cooper J. D. (2016). Soil Water Measurement, John Wiley & Sons, Ltd, UK.
9. E. Williams L., J. Trout T. (2005) Relationships among vine- and soil-based measures of water status in a thompson seedless vineyard in response to high-frequency drip irrigation, Department of Viticulture and Enology, University of California, Am. J. Enol. Vitic. 56:4 (2005)
10. FAO. 2006. Guidelines for soil description. 4th edition. Rome.
11. FAO. 2014. World reference base for soil resources 2014, Rome.
12. Gašpar M., Karačić A. (2011) Podizanje vinograda sa zaštitom vinove loze, Narodna knjižnica HNŽ Mostar, Mostar
13. Gaudin R., Roux S., Tisseyre B. (2017) Linking the transpirable soil water content of a vineyard to predawn leaf water potential measurements. Agricultural Water Management, Elsevier Masson, , 182, pp.13-23.
14. Gruber B.R., Schultz H.R. (2005) Coupling of plant to soil water status at different vineyard sites. Acta Horticulturae 689: 381-390.
15. Guzman J.G., Al-Kaisi M. M. (2011) Landscape position effect on selected soil physical properties of reconstructed prairies in southcentral Iowa, Journal of Soil and Water Conservation, 66(3):183-191
16. Husnjak S. (2014.). Sistematika tala Hrvatske. Hrvatska sveučilišna naklada. Zagreb
17. Imadi S. R., Kazi A. G., Ahanger M. A., Gucel S. and Ahmad P. (2015) Plant transcriptomics and responses to environmental stress: an overview. J. Genet. 94, 525–537
18. Jakšić S., Ninkov J., Milić S., Vasin J., Banjac D., Jakšić D., Živanov M. (2020) The state of soil organic carbon in vineyards as affected by soil types and fertilization strategies (Tri Morave Region, Serbia). Agronomy 2021, 11, 9. agronomy11010009
19. Jenny, H. (1980) The soil resource. Origin and behaviour. Springer, New York.

20. Karaca S., Gülser F., Selcuk R. (2018) Relationship between soil properties, topography and land use in the Van Lake Basin, Turkey, Faculty of Agriculture, Eurasian Journal of Soil Science, 7 (2) 115 - 120
21. Laker S. M. (2004) The effect of atmospheric and soil conditions on the grapevine water status, Agricultural Sciences at Stellenbosch University
22. Lazarević B, Poljak M. (2019). Fiziologija bilja. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb
23. Li S., Li Q., Wang C., Li B., Gao X., Li Y.- Wu D.- (2019). Spatial variability of soil bulk density and its controlling factors in an agricultural intensive area of Chengdu Plain, Southwest China. Journal of Integrative Agriculture, 18(2), 290-300.
24. Liu Y., Gao M., Wu W., Tanveer S.K., Wen X., Liao Y. (2013). The effects of conservation tillage practices on the soil water-holding capacity of a non-irrigated apple orchard in the Loess Plateau, China. Soil and Tillage Research, 130, 7-12
25. Magdić, I. (2021). Modeliranje toka i retencije vode na obronačnom pseudogleju u uvjetima uzgoja vinove loze, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Disertacija.
26. Maletić E., Pejić I., Karoglan Kontić J. (2008.). Vinova loza - Ampelografija, ekologija, oplemenjivanje. Školska knjiga. Zagreb
27. Markesteijn L., Iraipi J., Bongers F., Poorter L. (2010) Seasonal variation in soil and plant water potentials in a Bolivian tropical moist and dry forest, Journal of Tropical Ecology (2010) 26:497–508
28. Mirás-Avalos J.M., Araujo, E.S. (2002) Optimization of vineyard water management: challenges, strategies, and perspectives, Federal University of Paraná, Brazil, Water 2021, 13, 746. <https://doi.org/10.3390/w13060746>
29. Mirás-Avalos J. M., Silva-Araujo E. (2021) Optimization of vineyard water management: challenges, strategies, and perspectives, Water, 13, 746
30. Mirošević, N. (2007) Razmnožavanje loze i lozno rasadničarstvo, Golden marketing-Tehnička knjiga, Zagreb.
31. Obalum, S.E., Buri, M.M., Nwite, J. C., Watanabe, Y., Igwe, C. A., Wakatsuki T. (2012), Soil degradation-induced decline in productivity of Sub-Saharan African soils: The prospects of looking downwards the lowlands with the Sawah ecotechnology, Hindawi Publishing Corporation, doi:10.1155/2012/673926.
32. Ofori, E., Atakora, E.T., Kyei-Baffour, N., Antwi, B.O. (2013) Relationship between landscape positions and selected soil properties at a Sawah site in Ghana, African journal of Agricultural Research, Vol. 8(27), pp. 3646-3652.
33. Patton N.R., Loshe K.A., Seyfried M., Will R., Benner S.G. (2019). Lithology and coarse fraction adjusted bulk density estimates for determining total organic carbon stocks in dryland soils. Geoderma, 337, 844-852.
34. Pepper I., Brusseau M.L. (2019). Physical-Chemical Characteristics of Soils and the Subsurface. Environmental and Pollution Science, Chapter 2, 9-22.
35. Périé C., Ouimet R. (2008). Organic carbon, organic matter and bulk density relationships in boreal forest soils. Canadian Journal of Soil Science, 88(3), 315-325.
36. Rezaei H., Jafarzadeh A. A., Alijanpour A., Shahbazi F., Valizadeh Kamran K. (2015) Effect of slope position on soil properties and types along an elevation gradient of arasbaran forest, Iran, College of Agriculture, University of Tabriz, Iran, Vol.5 (2015) No. 6 ISSN: 2088-5334
37. Ritter J., Eng P. (2012) Soil Erosion — Causes and Effects, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Ontario, Order No. 87-040

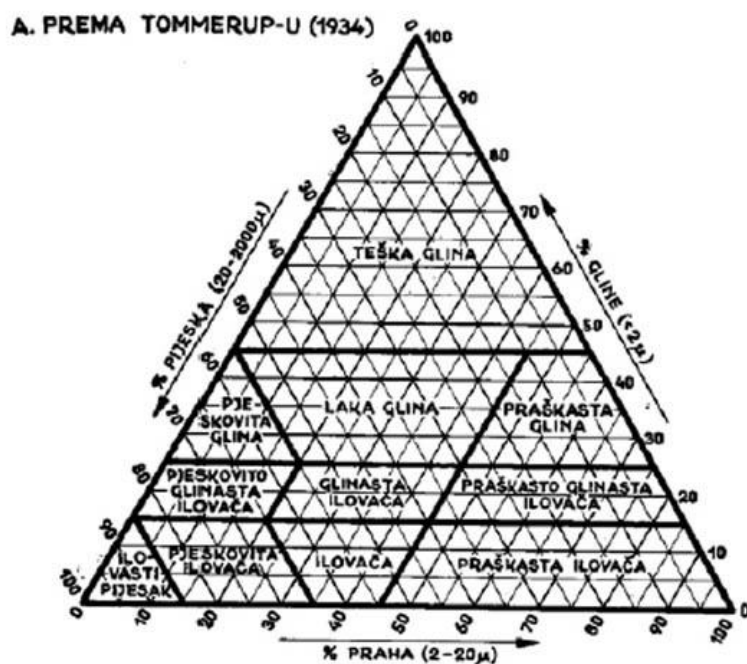
38. Rodrigues P., Pedroso V., Gouveia J.P., Martins S., Lopes C., Alves I. (2012) Influence of soil water content and atmospheric conditions on leaf water potential in cv. "Touriga Nacional" deep-rooted vineyards, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Portugal, *Irrig Sci* 30:407–417
39. Rubinić, V., Šipek, M., Bensa, A., Husnjak, S., Lazarević, B., (2015): Utjecaj načina korištenja zemljišta i nagiba terena na svojstva tla – primjer pseudogleja na obronku u Donjoj Zelini, *Agronomski glasnik*
40. Scholander, P.F., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., Hammel, H.T. (1965) Sap pressure in vascular 780 plants: Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Sci* 148:339–346.
41. Sibille I., Ojeda H., Prieto J., Maldonado S., Lacapere J-N., Carbonneau A. (2007.) Relation between the values of three pressure chamber modalities (midday leaf, midday stem and predawn water potential) of 4 grapevine cultivars in drought situation of the southern of France, *Proceedings of XV International Symposium of GESCO*: 685-695, Porec – Croatia, 20-23 /6/07.
42. Siswanto, S. Y., Sandrawati, A., Sule, M.S. (2020) Steepness and position of slope as important factors in determining soil water content and bulk density at Pasirwangi, Garut, Indonesia, *Soil and Water Conservation Laboratory-Universitas Padjadjaran, Sumedang*, 45363, Indonesia.
43. Sluys S. L. (2006) Climatic influences on the grapevine: a study of viticulture in the Waipara basin, Degree of Master of Science in Geography in the University of Canterbury
44. Sraka M. (2013). *Skripta iz modula Fizika tla*. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
45. Suter B., Triolo R., Pernet D., Dai Z., Van Leeuwen C. (2019) Modeling Stem Water Potential by Separating the Effects of Soil Water Availability and Climatic Conditions on Water Status in Grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Front. Plant Sci.* 10:1485. doi: 10.3389/fpls.2019.01485
46. Škorić, A. (1986) *Postanak, razvoj i sistematika tla*, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb
47. Telak L.J., Dugan I., Bogunović, I. (2021) Soil management and slope impacts on soil properties, hydrological response, and erosion in hazelnut orchard. *Faculty of Agriculture, Soil Syst*, 5, 5. <https://doi.org/10.3390/soilsystems5010005>
48. Valdés-Gómez H., Celette F., García de Cortázar-Atauri I., Jara-Rojas F., Ortega-Farías S., Gary C. (2009). Modelling soil water content and grapevine growth and development with the stics crop-soil model under two different water management strategies, *Universidad de Talca*, 43, n°1, 13-28
49. Van Leeuwen C., Darriet P. (2016) The impact of climate change on viticulture and wine quality, *Journal of Wine Economics*, Volume 11, Number 1, Pages 150–167
50. Vesala T., Sevanto S., Grönholm T., Salmon Y., Nikinmaa E., Hari P., Hölttä T. (2017) Effect of Leaf Water Potential on Internal Humidity and CO₂ Dissolution: Reverse Transpiration and Improved Water Use Efficiency under Negative Pressure. *Front. Plant Sci.* 8:54. doi: 10.3389/fpls.2017.00054
51. Vukadinović V. (2020) *Potreba biljaka za vodom*
52. Vukadinović V., Vukadinović V. (2018), *Zemljišni resursi-Vrednovanje poljoprivrednih zemljišnih resursa*, Osijek
53. Williams L. E., Araujo F. J. (2002) Correlations among predawn leaf, midday leaf and midday stem water potential and their correlation with other measures of soil and plant

- water status in *Vitis Vinifera*, Department of Viticriulture and Enology, California, 127 (3) 448- 454. Gruber R. B., Schultz H. (2005) Coupling of plant to soil water status at different vineyard sites, Acta Hort. 689, ISHS 2005
54. Williams L. E., Baeza P., Vaughn P. (2011) Midday measurements of leaf water potential and stomatal conductance are highly correlated with daily water use of Thompson Seedless grapevines, Irrig Sci (2012) 30:201–212 DOI 10.1007/s00271-011-0276-2
 55. Ziadat F., Oweis T., Al-Wadaey A., Aw Hassan A., Sakai H., Van der Zanden E., Closset M., Pasiecznik B., Al Ahmad K., Hayek P., (2010.), Soil conservation and water harvesting to improve community livelihoods and fight land degradation in the mountains of Syria, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas
 56. Zufferey V., Spring J.L., Verdenal T., Dienes A., Belcher S., Lorenzini F., Koestel C., Rösti J., Gindro K., Spangenberg J., Viret O. (2017) The influence of water stress on plant hydraulics, gas exchange, berry composition and quality of Pinot Noir wines in Switzerland, Vol. 51 No. 1 (2017): OENO One

Internetske stranice :

1. (<https://www.dbges.de/en/system/files/fotogalerie/image16.jpg>), pristupljeno 13.10.2020.
2. (<https://www.dreamstime.com>) pristupljeno 21.10.2021

7. Prilog



Slika 7.1. Klasifikacija tala po mehaničkom sastavu prema trokutu Tommerup –a (1934)

Tablica 7.1. Interpretacijske vrijednosti retencijskog kapaciteta tla za zrak (Gračanin, 1945)

Kapacitet tla za zrak (Kz)	(% vol)
Vrlo mali	< 4 %
Mali	4-8 %
Osrednji	8 -12 %
Velik	12 - 16 %
Vrlo velik	> 16 %

Tablica 7.2. Interpretacijske vrijednosti za udio humusa u tlu (Gračanin, 1945).

w (humusa) %	Vrsta tla
< 1	vrlo slabo humozno
1 – 3	slabo humozno
3 – 5	dosta humozno
5 – 10	jako humozno
> 10	vrlo jako humozno

Tablica 7.3. Granične vrijednosti za reakciju tla (Škorić, 1982).

Reakcija tla	pH-vrijednost (KCl)
Jako kisela	< 4,5
Kisela	4,5 – 5,5
Slabo kisela	5,5 – 6,5
Neutralna	6,5 – 7,2
Alkalna	> 7,2

Tablica 7.4. Granične vrijednosti za procjenu kapaciteta tla za vodu (Gračanin, 1945)

Kapacitet tla za vodu (Kv)	% vol
Vrlo mali	< 25
Mali	25 – 35
Srednji	35 – 45
Veliki	45 – 60
Vrlo veliki	> 60

Tablica 7.5. Granične vrijednosti u određivanju poroziteta tla (Gračanin, 1947).

Ocjena tla	Porozitet tla (% vol)
Vrlo porozna	> 60
Porozna	60 – 45
Malo porozna	45 – 30
Vrlo malo porozna	< 30

Životopis

Daniel Režek rođen je 17.10.1997. u Zagrebu. Nakon završene osnovne škole u Jastrebarskom, upisuje Prirodoslovnu školu Vladimir Prelog koju uspješno završava 2016. godine. Nakon završene srednje škole iste godine upije se na Agronomski fakultet, smjer Agroekologija koji završava 2019. godine obranom završnog rada „Implementacija upravljanja sustavom u obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima“. Zatim u želji da proširi svoje znanje upisuje još dvije godine diplomskog studija istoga smjera Agroekologija, na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Ponosni je član DVD Plešivica, u čijem orkestru svira.