

# Procjena kakvoće vode za navodnjavanje kod krajnjih korisnika u dolini rijeke Neretve

---

**Delija, Adrian**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:214999>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-11**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

Procjena kakvoće vode za navodnjavanje kod  
krajnjih korisnika u dolini rijeke Neretve

DIPLOMSKI RAD

Adrian Delija

Zagreb, rujan, 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Poljoprivredna tehnika - Melioracije

**Procjena kakvoće vode za navodnjavanje kod  
krajnjih korisnika u dolini rijeke Neretve**

**DIPLOMSKI RAD**

**Adrian Delija**

**Mentor: izv. prof. dr. sc. Monika Zovko**

**Zagreb, rujan, 2024.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, Adrian Delija, JMBAG 0178118914, rođen 28.05.1999. u Metkoviću, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

Procjena kakvoće vode za navodnjavanje kod krajnjih korisnika u dolini rijeke Neretve

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 upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

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

\_\_\_\_\_

*Potpis studenta*

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta Adrian Delija, JMBAG 0178118914, naslova

Procjena kakvoće vode za navodnjavanje kod krajnjih korisnika u dolini rijeke Neretve

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

\_\_\_\_\_ .

Povjerenstvo:

potpisi:

1. izv. prof. dr. sc. Monika Zovko mentor

\_\_\_\_\_

2. izv. prof. dr. sc. Ivan Mustać član

\_\_\_\_\_

3. izv. prof. dr. sc. Sanja Fabek član

\_\_\_\_\_

## **Zahvala**

Ovime zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Moniki Zovko na stručnoj pomoći i vodstvu pri pisanju ovoga rada.

Također se zahvaljujem svojoj obitelji na materijalnoj i nematerijalnoj potpori koju su mi pružali tokom studiranja.

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
1.1. Cilj istraživanja .....	2
2. Pregled literature .....	3
2.1. Klimatske promjene i poljoprivredna proizvodnja u riječnim deltama .....	3
2.2. Navodnjavanje kao mjera prilagodbe klimatskim promjenama .....	6
2.3. Utjecaj zaslanjene vode na prinos i kakvoću trajnih nasada i povrća .....	9
2.3.1. Utjecaj na citruse .....	10
2.3.2. Utjecaj na povrće .....	10
2.4. Uloga krajnjih korisnika .....	11
2.5. Osnovni pokazatelji za ocjenu kakvoće vode .....	12
3. Materijali i metode .....	13
3.1. Opis područja .....	13
3.2. Uzorkovanje i ispitivanje vode .....	14
3.3. Osiguranje kvalitete laboratorijskih ispitivanja .....	16
3.4. Statistička obrada .....	16
3.5. Ocjena kakvoće vode za navodnjavanje .....	17
4. Rezultati i rasprava .....	19
4.1. Ocjena kakvoće površinske i podzemne vode za navodnjavanje kod krajnjih korisnika .....	19
4.1.1. Električna vodljivost (EC) .....	19
4.1.2. Zakiseljenost .....	21
4.1.3. Natrij .....	22
4.1.4. Kloridi .....	23
4.1.5. Nitrati .....	24
4.1.6. Sulfati .....	25
4.2. Regresijska analiza .....	26
4.3. Usporedba dobivenih rezultata sa referentnim lokacijama .....	26
5. Zaključak .....	29
6. Popis literature .....	30
Životopis .....	32

## Sažetak

Diplomskog rada studenta Adriana Delije, naslova

Procjena kakvoće vode za navodnjavanje kod krajnjih korisnika u dolini rijeke Neretve

Cilj ovog rada bio je analizirati i odrediti kakvoću površinske i podzemne vode za navodnjavanje kod krajnjih korisnika na području doline rijeke Neretve. Uzorkovanje vode provedeno je tijekom vegetacijske sezone u razdoblju od svibnja do listopada. Uzorkovana je voda na dva različita vodozahvata koju proizvođači koriste za navodnjavanje: površinska voda iz kanala uz parcelu na kojoj se uzgajaju mandarine, a podzemna voda iz bunara za navodnjavanje oranice s rajčicom i kupusom. Analizirani su fizikalno-kemijski pokazatelji: električna vodljivost (EC), pH, koncentracije natrija, klorida, nitrata i sulfata. Rezultati su pokazali da je prosječna električna vodljivost površinske vode iznosila 0,84 dS/m, dok je kod podzemne vode iznosila 2,71 dS/m, što ukazuje na veću zaslanjenost podzemne vode. Koncentracija natrija u podzemnoj vodi bila je značajno viša u usporedbi s površinskom vodom, dok su kloridi također bili viši u podzemnoj vodi. Prema FAO klasifikaciji, podzemna voda pokazuje umjerena do ozbiljna ograničenja za upotrebu zbog povišene koncentracije natrija i klorida, dok površinska voda pokazuje manja ograničenja. Zaključeno je da podzemna voda zbog višeg stupnja zaslanjenosti predstavlja veći rizik za dugoročnu upotrebu u navodnjavanju, osobito za osjetljivije kulture poput rajčice.

**Ključne riječi:** kakvoća vode, kemijska analiza, dolina rijeke Neretve



## Summary

Of the master's thesis - student Adrian Delija, entitled

Assessment of the quality of irrigation water for end users in the Neretva river valley

The objective of this study was to assess the quality of surface and groundwater used for irrigation by end users in the Neretva River Valley. Water samples were collected during the growing season, from May to October, at two different sources: surface water from a canal adjacent to a mandarin orchard and groundwater from a well used to irrigate a field with tomatoes and cabbage. The analysis focused on key physical and chemical parameters, including electrical conductivity (EC), pH, and concentrations of sodium, chloride, nitrate, and sulfate. The results indicated that the average electrical conductivity of the surface water was 0.84 dS/m, while the groundwater had a higher value of 2.71 dS/m, reflecting greater salinity in the groundwater. Sodium concentrations were notably higher in the groundwater compared to the surface water, with chloride levels also significantly elevated. Based on FAO classification, the groundwater presents moderate to severe limitations for irrigation due to its elevated sodium and chloride levels, whereas the surface water exhibits fewer restrictions. The study concluded that the higher salinity of the groundwater poses a greater risk for long-term irrigation, particularly for salt-sensitive crops like tomatoes.

**Keywords:** water quality, chemical analysis, Neretva river valley

## 1. Uvod

Navodnjavanje kao mjera provodi se uglavnom kroz veći dio vegetacijskog razdoblja, u raspoređene obroke navodnjavanja u različitim turnusima ovisno o potrebama biljke, rasporedu oborina i svojstvima. Budući se svojstva vode na vodozahvatu, bilo da se radi o površinskim vodama (rijekama, kanalima...), podzemnim vodama ili akumulacijama mijenja tijekom vremena važno je tijekom cijelog razdoblja navodnjavanja pratiti kakvoću vode kako bi se pravodobno mogle donijeti odluke i mjere kojim bi se spriječile eventualne posljedice uslijed loše kvalitete vode. Ispitivanje vode i laboratorijska ispitivanja uzoraka su vremenski i financijski zahtjevna. Zbog potrebe za učestalim praćenjem kakvoće vode sve se više daje naglasak i istražuje mogućnost primjene in – situ senzora za pojedine pokazatelje kakvoće vode.

Parametri kakvoće vode definirani su velikim brojem pokazatelja koji se svrstavaju u fizikalne, kemijske i biološke pokazatelje kakvoće vode. Fizikalni pokazatelji kakvoće odnose se na raspršene tvari, mutnoću, boja, okus, miris i temperaturu. Kemijski pokazatelji su ukupne soli (elektroprovodljivost), pH reakcija, otopljeni anioni i kationi, metali te razne organske tvari. Još postoje i biološki pokazatelji koji se odnose na stupanj saprobnosti, stupanj biološke proizvodnje, mikrobiološki pokazatelji, stupanj otrovnosti te indeks razlike (Romić 2003.).

Klimatske promjene, koje uzrokuju sve češće i intenzivnije suše, dodatno pogoršavaju problem zaslanjivanja tla i voda, osobito u područjima poput doline rijeke Neretve (Ljubenković i Vranješ 2004.). Suše smanjuju prirodne dotoke slatke vode, čime se povećava prodor slane vode u obalne i podzemne sustave, što negativno utječe na kakvoću vode za navodnjavanje. Krajnji korisnici, poljoprivrednici, suočeni su s izazovom da prilagode svoje prakse kako bi očuvali produktivnost nasada unatoč tim promjenama. Primjena naprednih metoda praćenja i upravljanja vodnim resursima postaje neophodna za prevladavanje utjecaja klimatskih promjena i očuvanje poljoprivredne proizvodnje.

Dolina rijeke Neretve suočava se s problemom zaslanjivanja površinskih i podzemnih voda, što može imati dugoročne negativne posljedice na poljoprivrednu proizvodnju i okoliš (Romić 2014.). Ključnu ulogu u održavanju sustava navodnjavanja imaju poljoprivrednici. Unatoč izazovima poput klimatskih promjena, ekonomskih pritisaka i nedostatka tehnoloških resursa, inovativne prakse, potpore i prilagodbe poljoprivrednih politika mogu pomoći u prevladavanju tih problema.

Nedostatak znanja i resursa za praćenje kvalitete vode može ugroziti produktivnost i održivost poljoprivredne proizvodnje. Edukacija, pristup modernim tehnologijama, ulaganje u infrastrukturu te podrška nadležnih institucija ključni su za rješavanje ovog izazova i osiguranje dugoročne održivosti poljoprivrede u Hrvatskoj.

## **1.1. Cilj istraživanja**

1) Uzorkovanje površinske i podzemne vode na mjestima zahvata kod krajnjih korisnika koji navodnjavaju nasade mandarina i povrća u vegetacijskoj sezoni, radi dobivanja reprezentativnih uzoraka za analizu;

2) Analiza osnovnih parametara kvalitete vode za navodnjavanje, uključujući stupanj zaslanjenosti, pH vrijednost i ionski sastav, kako bi se ocijenila prikladnost vode s obzirom na uzgajane kulture

## 2. Pregled literature

### 2.1. Klimatske promjene i poljoprivredna proizvodnja u riječnim deltamama

Poljoprivredna je proizvodnja izložena raznim vrstama rizika, a posebice onima uzrokovanim klimatskim promjenama i vremenskim nepogodama. Rizici klimatskih promjena obuhvaćaju pojavu ekstremne temperature zraka, nedovoljne količine oborina te pojavu vremenskih nepogoda, kao što su suša, tuča, mraz i oluje. Posljedice rizika klimatskih promjena očituju se u smanjenju prinosa biljne proizvodnje, promjeni kvalitete sirovine, pojavi bolesti i štetnika, promjenama u tlu (erozija ili zaslanjivanje tla), smanjenju stočarske proizvodnje kao i neizvjesnosti u poslovanju (Abid i sur. 2016.).

Poljoprivreda je izravno izložena vremenskim prilikama, odnosno klimatskim promjenama. Intenzitet fizikalnih i (bio)kemijskih procesa koji se odvijaju u tlu, biljkama i domaćim životinjama, uvelike su određeni vlagom/vodom u tlu i temperaturom zraka. Kada je riječ o vodi, na poljoprivredu negativno djeluju i suša i velika količina oborina (koja nerijetko uzrokuje poplave). Manjak vlage u tlu otežava ili posve sprječava nicanje zasijanih poljoprivrednih kultura, odnosno u kasnijim fenološkim fazama, njihov razvoj i dozrijevanje (Strategija prilagodbe klimatskim promjenama 2017.).

Razna istraživanja pokazuju kako je poljoprivreda ranjiva na klimatske promjene te kako su važne prilagodba i ublažavanje posljedica klimatskih promjena s ciljem jačanja otpornosti poljoprivrednih gospodarstava. Prilagodba klimatskim promjenama označava proces suočavanja s neizvjesnim budućim događajima, preuzimanje rizika i adekvatnu primjenu odgovarajućih strategija prilagodbe. S druge strane, ublažavanje se u najvećoj mjeri odnosi na smanjenje količine ispuštenih emisija stakleničkih plinova (Oplanić i sur. 2021.).

Globalni porast potencijala poljoprivredne proizvodnje uzrokovan klimatskim promjenama i povećanom koncentracijom CO<sub>2</sub> u atmosferi mogao bi općenito doprinijeti sigurnosti hrane, no utjecaji na obalna područja mogu varirati ovisno o regiji. Primjerice, u Europi se predviđa povećanje prinosa usjeva u sjevernim dijelovima, dok se najveći padovi očekuju na Mediteranu, jugozapadnom Balkanu i u južnoj Rusiji (Maracchi i sur. 2005.).

Procesi zaslanjivanja voda i tla odnose se na akumulaciju soli u tlu i vodenim resursima do razine koja negativno utječe na poljoprivredu, kvalitetu vode i okoliš. Procesi zaslanjivanja mogu biti prirodni (primarni) i izazvani antropogenim utjecajima (sekundarni). Neadekvatna provedba navodnjavanja bilo da se radi o primjeni vode loše kakvoće (zaslanjena voda, nedovoljno pročišćena otpadna voda) ili kapilarnog dizanja zaslanjene podzemne vode zbog loše drenaže dovest će do akumulacije soli u tlu. Ti procesi se ubrzavaju posljedicama klimatskih promjena – razlikama u obrascima i količini padalina, smanjenju ukupnih količina padalina te povećanju suše. Osim toga mora se računati i na sve veći intenzitet evapotranspiracije što dovodi do povećanja koncentracije soli u tlu, a s druge strane sve manjeg prirodnog ispiranja soli iz tla (Romić i sur. 2020.). Porast razine mora može povećati intruziju odnosno prodor morske vode u obalne podzemne vode, ali i površinske tokove (Ljubenković i Vranješ 2004.).

Projicirano povećanje temperatura zraka za razdoblje do 2070. godine, kao i stagnacija ili minorno iskazani trendovi minimalnih promjena u ukupnim količinama oborina, imat će za posljedicu povećanje evapotranspiracije, smanjenje površinskih i podzemnih otjecanja, a time i još naglašenije smanjenje vodnih zaliha. U takvim uvjetima očekuju se i sinergijski učinci negativnih utjecaja uslijed povećanja antropogenih pritisaka, prije svega iskazanih u porastu potreba za vodom. Od utjecaja negativnih klimatskih promjena posebno će biti ugroženi priobalni krški vodonosnici i ostale vodne pojave u priobalju (jezera, vodotoci, izvori) zato što se kod njih javlja kumulativni efekt mogućih promjena sa smanjenim protocima i razinama podzemnih voda te intenzivnijim prodorima mora u krške priobalne vodonosnike i jezera te rasprostiranje zaslanjenih morskih voda duž korita vodotoka dublje u kopneno zaleđe. Rezultati provedenih modeliranja pokazuju da će se u budućnosti povećati i intenzitet kratkotrajnih jakih oborina, što stvara preduvjete i za učestalije pojave poplava na bujičnim vodotocima, urbanim područjima i riječnim slivovima (UNFCCC 2018.).

Povećanje stupnja ranjivosti morskog okoliša uvjetovano klimatskim promjenama manifestirat će se i rizicima vezanima uz slabljenje termohaline cirkulacije Jadranskog mora, što može značajno utjecati na niz abiotičkih i biotičkih procesa i promjena, posebno vezanih uz ventilaciju mora i promjene koncentracije kisika u dubljim slojevima, povećanje kiselosti mora, kao i niz s time vezanih bioloških procesa i utjecaja na bioraznolikost morskog okoliša i ribarstvo (UNFCCC 2018.).

Posebno negativne posljedice klimatskih promjena očekuju se kod vodotoka u priobalju zbog kumulativnog efekta koincidencija podizanja razine mora i pojava ekstremnih protoka. Uz smanjenje srednjih godišnjih i minimalnih godišnjih protoka te povećanje maksimalnih godišnjih protoka očekuju se i vrlo naglašene promjene temperatura voda, što će se negativno odraziti, kako na akvatičke ekosustave, njihovu raznolikost i prijemni kapacitet, tako i na mogućnosti njihove upotrebe za ostale namjene. U takvim okolnostima nužno je ostvariti cilj – očuvanje dobrog stanja voda u tako izmijenjenim klimatskim prilikama uslijed djelovanja klimatskih promjena, kao i osigurati smanjenje rizika od poplava (UNFCCC 2018.).

Klimatske promjene, u kombinaciji s posljedičnom dezertifikacijom i pretjeranim iskorištavanjem vodnih resursa, zbog prenaseljenosti i intenziviranja poljoprivrede, bit će izazov za opstanak, rast i dovoljan prinos poljoprivrednih proizvoda. Pogotovo kod citrusa, nedostatak vode negativno utječe na rast biljaka i otežava metabolizam stanica, što utječe na ukupni rast stabla i kvalitetu plodova. Stres od suše također utječe na rukovanje agrumima nakon berbe jer značajno smanjuje debljinu kore čineći voće sklonijim oštećenjima tijekom rukovanja i transporta (Ziogas i sur. 2021.).

Većina područja za proizvodnju citrusa izložena je suhom i vrućem ljetnom vremenu, ograničena je dostupnost vodnih resursa uz usporednu nekvalitetnu vodu za navodnjavanje zbog povećane slanosti. Ovi čimbenici negativno utječu na produktivnost stabala citrusa i kvalitetu plodova. Nadalje, negativan učinak klimatskih promjena u područjima proizvodnje citrusa ne smije se zanemariti jer povećava štetan učinak stresa od slanosti i suše (Ziogas i sur. 2021.).

Pokretači slanosti tla na koje utječu klimatske promjene trebaju se proučiti i razumjeti da bi mogli obnoviti zaslanjena tla. Jedan od glavnih je voda za navodnjavanje koje preostaje sve manje. Klimatske promjene, u smislu povišene temperature i različitih količina oborina ugrožava konzistenciju vode za navodnjavanje. Predviđa se da će prekomjerno crpljenje podzemnih voda za navodnjavanje i vode za urbanu primjenu uzrokovati više salinizacije u obalnim dijelovima od očekivanog porasta razine mora. Istraživanja pokazuju da kontinuirano korištenje slane vode za navodnjavanje bez odgovarajuće mjere odvodnje dovode do zaslanjivanja tla (Eswar i sur. 2020.).

Prema nekim predviđanjima poljoprivreda je sektor koji će pretrpjeti najveće štete od posljedica klimatskih promjena. Očekuje se da će se zbog klimatskih promjena do 2050. godine prinos poljoprivrednih kultura u Republici Hrvatskoj smanjiti za 3 do 8 % (UNFCCC 2018.).

Sve dulja i češća sušna razdoblja, kao i sve veća ugroženost poljoprivrednih kultura od toplinskog stresa tijekom posljednjih desetljeća, posebice u Dalmaciji, jasan su signal, prije svega voćarima, maslinarima i vinogradarima, da počnu s provedbom mjera prilagodbe klimatskim promjenama. Suša u ljetnim mjesecima bila je u razdoblju od 1980. – 2014. godine najveći pojedinačni uzrok šteta koje hrvatskoj poljoprivredi nanosi klimatska varijabilnost, dok je u razdoblju od 2013. – 2016. godine prouzrokovala štetu od ukupno 3 milijarde kuna, što je jednako 43 % izravnih potpora isplaćenih za poljoprivredu u istom razdoblju (UNFCCC 2018.).

Kao moguće rješenje problema ugroženosti obalnih područja najčešće se navodi adaptacija, odnosno prilagodba na porast morske razine izgradnjom različitih zaštitnih sustava (Nicholls i sur. 2006., Davidse i sur. 2015.).

Uočeno je da klimatske promjene već utječu na fenološke faze jabuka, vinove loze, masline i kukuruza, tako da vegetacijsko razdoblje počinje ranije, traje kraće, ali u konačnici dolazi do pada prinosa. Manjak vode u tlu (suša) i povišene temperature zraka u nadolazećem vremenskom periodu bit će dva ključna problema u borbi poljoprivrede s klimatskim promjenama. No, u sektoru poljoprivrede klimatske promjene imat će i neke pozitivne učinke poput omogućavanja uzgoja nekih novih kultura i sorti na područjima u kojima to do sada nije bilo moguće (UNFCCC 2018.).

Posebno istraživanje 2008. godine uključivalo je analizu mjerenja razine mora na četiri lokacije na istočnoj Jadranskoj obali u posljednjih 40 godina. Rezultati analize pokazali su, kao rezultat lokalnih dizanja odnosno spuštanja obale uslijed tektonskih poremećaja, porast razine između 0,53 i 0,96 mm/godina, odnosno pad razine između 0,50 i 0,82 mm/godina. Procjena utjecaja pretpostavljenog porasta razine mora od 20 i 86 cm na obalno područje načinjena je metodom ekspertne procjene zbog nedostatka odgovarajućih kvantitativnih podataka. Procijenjeno je da u najvećem dijelu obala nije osjetljiva na pretpostavljene promjene. Međutim, neka značajna mjesta, kao što su povijesna središta nekih gradova, dolina rijeke Neretve i Vransko jezero na otoku Cresu, mogu biti ozbiljno ugrožena. Rad pruža prve vrlo okvirne smjernice za prilagodbu vezano za rast razine mora kao i druge mjere za jačanje kapaciteta za prilagodbu (UNFCCC 2018.).

U riječno-morskim estuarijima izravni prodor morske vode u obliku slanog klina koritom rijeke i njenim pritocima moguć je nekoliko desetaka kilometara uzvodno, ovisno o vodostaju

rijeke (Vranješ 2007). Drugi proces jest prodor morske vode intruzijom kroz porozne krške materijale duboko u zaobalje. Neovisno o tome na koji se način prodor slane morske vode očituje (intruzijom, lateralno, ascedentno), miješajući se s izvorima slatke vode (površinskim i/ili podzemnim) zaslanjuje ih do određenog stupnja i ograničava njihovu daljnju upotrebu u vodoopskrbi ili poljodjelstvu (Odrašek i sur. 2015.).

## **2.2. Navodnjavanje kao mjera prilagodbe klimatskim promjenama**

Navodnjavanje je ključna mjera prilagodbe klimatskim promjenama, posebno u kontekstu poljoprivrede. Kako klimatske promjene donose sve učestalije i intenzivnije suše, nepravilne padavine i ekstremne vremenske uvjete, učinkovito upravljanje vodnim resursima postaje ključno za osiguranje prehrambene sigurnosti i održivog razvoja.

Od samog početka primjene, glavna svrha navodnjavanja bila je osiguranje redovitih i viših prinosa uzgajanih kultura. Reakcije poljoprivrednih kultura na nedostatak vode višestruke su, a redovito se pored redukcije prinosa smanjuje i kakvoća poljoprivrednih proizvoda. Redukcija prinosa u prosječnim agroekološkim uvjetima Hrvatske zbog nedostatka vode može biti zanemariva za određene kulture, ali tijekom ekstremnih suša može se izgubiti cjelokupan urod tih kultura (Ondrašek i sur. 2015.).

Podaci o navodnjavanom poljoprivrednom zemljištu u svijetu prikupljaju se putem različitih međunarodnih institucija periodično i primjenom različitih kriterija. Kvaliteta tih podataka ovisi u velikoj mjeri o stupnju usklađenosti metodologija njihovog prikupljanja te namjeni za koju se prikupljaju, tako da je njihova usporedivost često vrlo upitna. Prema podacima International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), ukupna površina navodnjavanog zemljišta u svijetu u 2018. godini iznosila je gotovo 308 milijuna hektara. Prema podacima FAOSTAT-a za razdoblje 1961.-2017., površine opremljene sustavima za navodnjavanje u svijetu neprestano se povećavaju te se u proteklih nekoliko desetljeća taj broj gotovo udvostručio (NAPNAV 2021.).

Različitost regionalnih klimatskih prilika i vrsta poljoprivredne proizvodnje uzrok su velikim razlikama između država u površini zemljišta koje se može navodnjavati i navodnjavanog. U najvećoj mjeri se navodnjavanje primjenjuje u mediteranskim državama. Najveće površine zemljišta kojeg je moguće navodnjavati imaju Cipar (34,1 %), Malta (32,9 %), Italija (32,6 %) i Grčka (29,7 %), a istovremeno primjenjuju navodnjavanje u proizvodnji na najvećim površinama: 31,4 % na Malti, 23,6 % u Grčkoj, 21 % na Cipru i 20,2 % u Italiji (NAPNAV 2021.).

Bez obzira na prijetnje klimatskih promjena i učestale suše ipak je u EU u razdoblju od 2005. do 2016. godine došlo do smanjenja površina koje se mogu navodnjavati i koje se navodnjavaju. U usporedbi s 2005. godinom površine koje je moguće navodnjavati smanjene su za 3,5 %, a površine koje se navodnjavaju za 6,1 %. Suprotno tome, Nizozemska je u istom razdoblju povećala površine na kojima se primjenjuje navodnjavanje za 8,3 % (NAPNAV 2021.).

Republika Hrvatska se zbog svog geografskog položaja nalazi pod utjecajem različitih klimatskih uvjeta s obilježjima mediteranske i kontinentalne klime. Usporedbom Hrvatske s drugim članicama Europske unije u 2016. godini Hrvatska se s 1,9 % površina koje se mogu

navodnjavati nalazila na 19. mjestu, a po navodnjavanim površinama na 17. mjestu (NAPNAV 2021.).

Na nacionalnoj razini neke od mjera prilagodbe klimatskim promjenama su: edukacija poljoprivrednika o strategijama prilagodbe pod vodstvom savjetodavne službe, osiguranje od vremenskih nepogoda, ulaganje u sustav navodnjavanja, rad na sustavu upravljanja i sprječavanja poplava. Na razini poljoprivrednih gospodarstava strategije prilagodbe su: uvođenje sustava navodnjavanja, precizna poljoprivreda, prijelaz na ekološku poljoprivredu i provedba ekološke poljoprivrede, promjena datuma berbe, sadnja sezonskih usjeva, primjena novih sorti, diversifikacija i rotacija usjeva, osiguranje usjeva, diversifikacija dohotka, ulaganje u stakleničku proizvodnju i slično (European Environment Agency 2019.).

Pouzdana službeni podaci o stanju navodnjavanja u RH još uvijek su vrlo oskudni. Danas se stanje navodnjavanja u RH službeno prati u DZS te u APPRRR. Osim toga, Hrvatske vode (HV) registriraju i vode dokumentaciju o izgrađenim sustavima javnog navodnjavanja (NAPNAV 2021.).

Prema podacima DZS, u 2007. godini procijenjeno je da je od 27 360 ha koji se mogu navodnjavati zaista navodnjavano 8 620 ha ili 31 %. U 2016. godini je procijenjeno da se 29 680 ha poljoprivrednog zemljišta može navodnjavati, a navodnjavano je 16 072 ha ili 54 %. Prema podacima iz 2010. godine kada je proveden popis poljoprivrede, najviše se navodnjavalo povrće, dinja i jagoda na otvorenom polju (3 040 ha) te voće, uključujući i bobičasto (NAPNAV 2021.).

Korisnici koji primjenjuju navodnjavanje kao izvor vode za 30 % površina koriste zdence, za 23 % površina kanale odnosno prirodne vodotoke, a za navodnjavanje 19 % površina koriste javni sustav vodoopskrbe. Prema metodi navodnjavanja poljoprivrednici najviše koriste kišenje i lokalizirano navodnjavanje (NAPNAV 2021.).

Navodnjavanje kao melioracijska mjera kojom se putem instaliranih sustava dovoda i aplikacije vode održava vlažnost tla na razini kojom će se omogućiti optimalan rast i razvoj usjeva odnosno ostvariti zadovoljavajući prinos. Kolika je važnost te mjere danas govori činjenica da je 40 % hrane u svijetu proizvedeno na navodnjavanom zemljištu, a čak se u svijetu 70 % ukupnih utrošenih količina svježje vode koristi za navodnjavanje. Osnovni razlog za primjenu navodnjavanja su nedovoljne količine oborina potrebne za uzgoj bilja. To nije ograničeno samo na aridna i semi-aridna klimatska područja, već i na područja s višim prosječnim godišnjim oborinama, ali nepovoljne sezonske pojavnosti. Najveće ograničenje za primjenu navodnjavanja, osim raspoloživih zaliha vode je njena kvaliteta. Različiti stupanj zasljenosti vode je pri tome najčešće ograničenje (NAPNAV 2021.).

Proširenje navodnjavanja na trenutačno nedovoljno uspješne kišne usjeve je ključno za zadovoljenje buduće globalne potražnje za hranom bez daljnjeg širenja poljoprivrede i povezanog zadiranja u prirodne ekosustave. Uspostavljanje navodnjavanja također je potencijalno rješenje za prilagodbu klimi za ublažavanje toplinskog i vodenog stresa usjeva i smanjenje klimatskih varijabilnosti i ekstrema. Unatoč tome što je navodnjavanje jedna od praksi upravljanja zemljištem s najvećim utjecajem na okoliš i hidroklimu, uloga navodnjavanja



u prilagodbi poljoprivrede klimatskim promjenama i postizanju globalnih ciljeva održivosti tek se počela kvantificirati (Rosa 2022.).

Zaslanjivanje tla prirodni je proces u sušnim područjima s malom količinom oborina, visokim stopama evapotranspiracije i prisutnošću topivih soli u otjecanju. To je proces degradacije tla koji smanjuje plodnost tla i značajna je komponenta procesa dezertifikacije u suhim područjima svijeta. Još jedan pokretač salinizacije tla u svjetskim sušnim područjima je evapotranspiracija vode za navodnjavanje koja nosi otopljene soli, što dovodi do nakupljanja soli u zoni korijena. Ograničavanjem unosa vode biljkama i stoga smanjenjem produktivnosti usjeva, salinizacija tla je globalna prijetnja sigurnosti hrane koja već utječe na 20% globalnih navodnjavanih površina (Rosa 2022.).

Suše se u Hrvatskoj događaju u prosjeku svake treće do pete godine, a ovisno o intenzitetu i trajanju mogu smanjiti prinose poljoprivrednih kultura od 20-92%. Suša je jedan od 11 prioritetnih rizika koje je identificirala Državna uprava za zaštitu i spašavanja u dokumentu „Procjena rizika od katastrofa u Republici Hrvatskoj“ (Vlada RH, 2019.) . U razdoblju od 2005. do 2017. godine prosječni udio prijavljenih šteta od suše u svim prijavljenim elementarnim nepogodama bio je 30 %, a u pojedinim godinama (2007., 2011., 2012., 2015.) bio je viši od 60% (slika 16). U razdoblju od 1980. – 2014. godine, u ljetnim mjesecima suša je bila najveći pojedinačni uzrok šteta koje hrvatskoj poljoprivredi nanosi klimatska varijabilnost, dok je u razdoblju od 2013. – 2016. godine prouzrokovala štetu od ukupno 3 milijarde kuna, što je jednako 43 % izravnih potpora isplaćenih za poljoprivredu u istom razdoblju (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike 2018.).

Evidentno je da su suše učestala pojava u Hrvatskoj, da ukoliko se ne poduzimaju odgovarajuće agrotehničke i druge mjere, između ostalog i navodnjavanje, takva klimatska varijabilnost donosi i značajne gospodarske i ekonomske štete. Zbog toga mjere za ublažavanje posljedica suša treba planirati i provoditi na temelju procjene prostorne i vremenske pojavnosti suša, jer sva područja u Hrvatskoj nisu jednako ugrožena (NAPNAV 2021.).

Navodnjavanje ima važnu ulogu u povećanju prinosa, diversifikaciji biljne proizvodnje s tendencijom uzgoja dohodovnih kultura. Navodnjavanje nadalje osigurava stabilnost prinosa, a time i dobiti od proizvodnje, umanjuje rizike od gubitaka prinosa uslijed suše, te ima i druge izravne i neizravne učinke. U konačnici povećava se proizvodnost poljoprivrede, omogućava razvoj drugih djelatnosti (skladištenje, pakiranje, prerada, transport, trgovina i druge) i zaposlenost u lancu opskrbe hranom, kao i izvoz (NAPNAV 2021.).

Promjene u proizvodnji povrća treba poticati kroz inovacije i ulaganja u nove tehnologije, prijenos znanja i veću razinu poslovnog povezivanja poljoprivrednika jasno u uvjetima navodnjavanja (NAPNAV 2021.).

Navodnjavanje je važna mjera u proizvodnji voća, grožđa i maslina, a to su ujedno proizvodnje za koje imamo dobre uvjete i u kontinentalnom (osim maslina) i u jadranskom dijelu Hrvatske (NAPNAV 2021.).

Navodnjavanje je ključna strategija za prilagodbu klimatskim promjenama, ali zahtijeva integrirani pristup koji uključuje tehnološke inovacije, učinkovito upravljanje resursima i edukaciju korisnika kako bi se osiguralo dugoročno održivo korištenje vode u poljoprivredi.

### 2.3. Utjecaj zaslanjene vode na prinos i kakvoću trajnih nasada i povrća

Salinizacija agroekosustava (semi)aridnih područja predstavlja sve ozbiljniji problem održivoj proizvodnji hrane. Salinitet je jedan od najvažnijih abiotičkih stresova u poljoprivrednoj proizvodnji koji se kratkoročno negativno očituje na prinos i kakvoću uzgajanih kultura (Ondrašek i sur. 2015.).

Tla su nastala kemijskim i fizičkim trošenjem stijena i drugih geoloških i organskih materijala. Stoga uvijek sadrže neke topive anorganske i organske spojeve. Kiša također može dovesti do nakupljanja soli tijekom vremena, iako sadrži samo male količine soli. Materijali koje prenosi vjetar s površine tla ili jezera još su jedan izvor soli. Primjena topivih gnojiva i dopuna tla, loša kvaliteta vode za navodnjavanje i kapilarno podizanje plitke slane podzemne vode mogu doprinijeti zaslanjivanju slojeva tla. Čak i prodor morske vode na kopno, što je sve veći problem kako se razina mora diže u mnogim dijelovima svijeta, može taložiti veliku količinu soli u tlu obalnih područja. Posebni procesi koji doprinose soli, u kombinaciji s utjecajem drugih klimatskih i krajobraznih značajki i učincima ljudskih aktivnosti, određuju gdje se sol nakuplja u krajoliku. Biljke također određuju gdje se soli nakupljaju u vertikalnom horizontu profila tla (Rengasamy 2010.).

Najznačajniji pritisak na području doline Neretve koji može negativno utjecati na održivost poljoprivrednih površina i cijelog ekosustava je zaslanjivanje tala, što je povezano sa stupnjem zaslanjenosti površinske i podzemne vode. Hidrogeološka struktura aluvijalne doline Neretve vrlo je složena te uvjetuje kompleksne procese kretanja vode. Zbog neposredne blizine mora i okršenih vapnenačkih stijena vodonosnika rijeke, prodor morske vode u dolinu Neretve je vrlo izražen i do nekoliko 10-taka km. Posljedica toga su povremeno ili trajno zaslanjeni izvori vode koji se koriste za navodnjavanje, a što može imati brojne negativne posljedice za agrobiocenu delte. Primarno su ugrožena tla u kojima zbog visokih koncentracija klorida i natrija dolazi do strukturnih promjena, a pojava pokorice i alkalizacija tala jedni su od dijagnostičkih znakova koji ukazuju na smanjenje plodnosti i uporabne vrijednosti tla (Romić i sur. 2021.).

Stoljećima se bočata voda, koja je prevladavajući nekonvencionalni vodni resurs, koristila kao održiva alternativa slatkoj vodi za navodnjavanje poljoprivrede, posebno u sušnim i polusušnim regijama. Međutim, nepravilno navodnjavanje slanom vodom može rezultirati nakupljanjem iona soli na površini tla, nepovoljno utječući na rast usjeva, prinos i kvalitetu. Osim toga, navodnjavanje slanom vodom doprinosi sekundarnoj salinizaciji tla. Opsežna nacionalna i međunarodna istraživanja pokazala su relevantnost između kvalitete navodnjavanja slanom vodom i transporta vode i soli u tlu, kao i reakcije usjeva. Izrazite razine slanosti u vodi za navodnjavanje neizbježno rezultiraju različitim stupnjevima interakcije između unesenih iona soli nakon ulaska u tlo i izvornih iona tla, čime se utječe na proces migracije vlage u tlu (Jiaying i sur. 2023.).

### **2.3.1. Utjecaj na citruse**

Citrusi su skupina voćnih kultura od velikog značaja za globalni poljoprivredni sektor. Većina površina pod agrumima nalazi se u suptropskom području, u takozvanom pojasu citrusa, gdje temperatura rijetko pada ispod nule. Većina područja gdje se uzgajaju citrusi izloženi su suhom i vrućem ljetnom vremenu, uz ograničenu dostupnost vode za navodnjavanje, a uz to i zbog zastupljenosti nekvalitetne vode zbog povećane zasoljenosti same vode. Zbog toga se negativno odražava na produktivnost i kvalitetu plodova agruma.

Negativan učinak klimatskih promjena u područjima u kojima se proizvode citrusi ne smije se zanemariti jer se povećava štetni učinak saliniteta i stresa od suše. Klimatske promjene, u kombinaciji s posljedičnom dezertifikacijom i pretjeranim iskorištavanjem vodnih resursa, zbog prenaseljenosti i intenziviranja poljoprivrede, bit će izazov za opstanak i dovoljan prinos poljoprivrednih proizvoda. Nedostatak vode kod uzgoja citrusa negativno utječe na rast biljaka i otežava metabolizam stanica te utječe na rast samog stabla i kvalitetu plodova.

Stres od suše također utječe na rukovanje citrusima nakon berbe jer se značajno smanjuje debljina kore, čineći voće sklonijim tijekom rukovanja i transporta. Pod utjecajem saliniteta i stresa od suše, međusobno povezane molekularne reakcije aktiviraju se kako bi biljci omogućili učinak privikavanja i pokrenuli signalizaciju kako bi se olakšalo ublažavanje nastalih sindroma stresa (Ziogas i sur. 2021.).

Citrusi su usjevi koji su netolerantni na sol, te ako se nasadi citrusa navodnjavaju zaslanjenom vodom, zaustavlja se rast stabla i negativno se odražava na kvalitetu ploda (Romić i sur. 2021.). Kada su biljke izložene slanosti, dolazi do nekoliko promjena potaknutih osmotskim čimbenicima u fiziologiji biljaka. Te su promjene iznenadne i privremeno mijenjaju vodni sastav biljke i postepeno uzrokuju toksične sindrome, zbog nakupljanja iona.

### **2.3.2. Utjecaj na povrće**

Na području Mediterana, gdje dolazi do prodora morske vode kroz porozni krški materijal i zaslanjivanja tala i vodnih resursa, voda koja se koristi za navodnjavanje usjeva često nije odgovarajuće kakvoće. Mjerenje produktivnosti hortikulturnih usjeva u zaslanjenim uvjetima pomaže odrediti može li se navodnjavati zaslanjenom vodom i kada, kako bi se pronašla ravnoteža između vodnog stresa usjeva i stresa soli (Filipović i sur. 2020.).

Utjecaj zaslanjene vode na prinos i kakvoću povrća može biti značajan, osobito u mediteranskim i obalnim područjima Republike Hrvatske gdje je zaslanjenost tla i vode češća pojava. Povišena koncentracija soli u vodi smanjuje sposobnost biljaka da apsorbiraju vodu zbog osmotskog stresa. To može dovesti do dehidracije biljaka i smanjenja prinosa. Visoke razine specifičnih iona poput natrija ( $\text{Na}^+$ ) i klorida ( $\text{Cl}^-$ ) mogu biti toksične za biljke. Ovi ioni mogu ometati apsorpciju drugih esencijalnih hranjivih tvari i uzrokovati simptome toksičnosti kao što su spaljeni rubovi lišća i klorozu. Visoke koncentracije soli mogu ometati ravnotežu hranjivih tvari u tlu, smanjujući dostupnost esencijalnih elemenata poput kalija, kalcija i magnezija, što može utjecati na rast i kvalitetu povrća.

Povrće poput rajčice, paprike i krastavaca vrlo je osjetljivo na zaslanjenost i može pokazati značajno smanjenje prinosa kada je izloženo zaslanjenoj vodi. Zaslanjenost može rezultirati manjim i lakšim plodovima, što izravno utječe na ukupan prinos i ekonomsku isplativost.

Magán i sur. (2008.) otkrili su da se ukupni prinos rajčice postupno smanjuje s povećanjem koncentracije soli iznad praga, uglavnom zbog smanjenja težine ploda. Li i sur. (2022.) otkrili su da se prinos rajčice smanjuje kako se povećava koncentracija soli u vodi za navodnjavanje, osobito kada salinitet prelazi prag tolerancije soli. Nakon što električna vodljivost tla (EC) unutar zone korijena prijeđe 2,5 dS/m, svako inkrementalno povećanje od 1 dS/m u slanosti vode za navodnjavanje dovodi do smanjenja 10 % prinosa rajčice (Jiaying i sur. 2023.).

Zaslanjena voda može utjecati na okus povrća, često ga čineći manje privlačnim zbog nagomilavanja soli. Također, može doći do smanjenja sadržaja vitamina i drugih esencijalnih nutrijenata. Simptomi oštećenja od soli, poput ožegotina i žutih mrlja, mogu smanjiti estetsku vrijednost povrća, čineći ga manje poželjnim za tržište.

Utjecaj zaslanjene vode na prinos i kakvoću povrća u Republici Hrvatskoj može biti značajan, ali uz pravilno upravljanje i primjenu odgovarajućih poljoprivrednih tehnika, moguće je ublažiti negativne učinke i održati visoku razinu proizvodnje i kvalitete povrća.

## **2.4. Uloga krajnjih korisnika**

Sustavi navodnjavanja prvenstveno se grade za potrebe krajnjih korisnika odnosno poljoprivrednih proizvođača te su oni izravno zainteresirani za njegovu korištenje. Sustavi se i ne grade ukoliko krajnji korisnik ne izrazi svoj interes. Poljoprivredna gospodarstva u procesu provođenja projekta navodnjavanja mogu djelovati samostalno, kao obiteljska poljoprivredna gospodarstva ili drugi poslovni subjekti. Nadalje, oni se mogu udruživati u zadruge ili interesne udruge. Krajnji korisnici iniciraju pojedinačne projekte, a ovisno o veličini planiranih sustava to mogu činiti samostalno ili zajednički više OPG i/ili poslovnih subjekata. Kao ključni subjekti, krajnji korisnici pokreću projekte, za njih se projekti izvode i izgrađuje potrebna infrastruktura, oni koriste sustave i sudjeluju u troškovima njihovog održavanja. Kako je krajnji korisnik važna karika u implementaciji NAPNAV-a iz 2005. godine definirana su mu prava i obveze:

- pokretanje i provođenje postupka nominacije sukladno zakonskoj proceduri
- korištenje izgrađenih sustava i preuzimanje dijela upravljačkih odgovornosti nad izgrađenim sustavima
- plaćanje naknade za navodnjavanje (NAPNAV 2021.)

Prava i obveze krajnjih korisnika regulirane su i Pravilnikom o upravljanju i uređenju sustava za navodnjavanje. Krajnji korisnik mora iskazati interes za korištenje sustava. Na području obuhvata za najmanje 70 % površine krajnji korisnici moraju iskazati interes da bi se postupci projektiranja pokrenuli. Međutim, vlasnik sustava javnog navodnjavanja, a to je županija, ima sva upravljačka prava. Krajnji korisnik je isključen iz upravljanja sustavima za navodnjavanje što može biti i jedan od razloga njihovog lošeg korištenja. Naime, već je istaknuto da se izgrađeni sustavi javnog navodnjavanja ne koriste u odgovarajućoj mjeri, a da su neki i izvan funkcije (NAPNAV 2021.).

Hrvatska koristi različite natječaje i mjere kako bi podržala i unaprijedila poljoprivredni sektor, tu razlikujemo EU i nacionalne fondove. Hrvatska koristi EU sredstva kroz Program ruralnog razvoja. Ta sredstva omogućuju poljoprivrednicima pristup financijskim sredstvima za modernizaciju, inovacije i razvoj infrastrukture. Osim EU sredstava, postoje i nacionalni natječaji koji pružaju financijsku podršku za različite poljoprivredne projekte.

Krajnji korisnici razlikuju mjere ruralnog razvoja i mjera za održivu poljoprivredu. Mjere ruralnog razvoja odnose se na ulaganja u fizičku imovinu, potporu mladim poljoprivrednicima, razvoj malih poljoprivrednih gospodarstava i poticanje ekološke poljoprivrede, dok mjere za održivu poljoprivredu uključuju poticaje za korištenje održivih i ekoloških poljoprivrednih praksi, očuvanje prirodnih resursa i smanjenje utjecaja klimatskih promjena.

## 2.5. Osnovni pokazatelji za ocjenu kakvoće vode

Navodnjavanje je, tijekom prakse od više od sedam milenija duge povijesti, polučilo brojne povoljne i nepovoljne učinke. Pogodnost vode za navodnjavanje definirana je njenim fizikalnim, kemijskim i biološkim značajkama. U tablici su prikazani najvažniji fizikalni, kemijski i biološki pokazatelji koje treba razmotriti prilikom ocjenjivanja mogućnosti primjene neke vode za navodnjavanje (Romić 2003.).

Tablica 2.1 Osnovni pokazatelji za ocjenu kakvoće vode (Romić, 2003.)

Fizikalni pokazatelji	Kemijski pokazatelji	Biološki pokazatelji
	Reakcija (pH)	
	Ukupno otopljene soli	
Temperatura	Vrsta i koncentracija aniona	Broj koliformnih organizama
Suspendirane čestice	Vrsta i koncentracija kationa	Broj patogenih klica
Boja/mutnoća	Mikroelementi	Biološka potreba za kisikom
	Toksični ioni	
	Teški metali	

Izvor: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zaštita tla i voda - Pisana predavanja, Prof. dr. sc. Davor Romić

### 3. Materijali i metode

#### 3.1. Opis područja

Rijeka Neretva izvire u Bosni i Hercegovini jugoistočno od planine Zelengore na nadmorskoj visini od 1095 metara. Duljina toka iznosi 225 km pri čemu se samo posljednja 22 km nalaze u Republici Hrvatskoj. U svom gornjem toku Rijeka Neretva ima obilježja tipične planinske rijeke dok u svom donjem toku formira aluvijalnu deltu prije izlivanja u Jadransko more. Originalno se delta rijeke Neretve sastojala od 12 rukavaca od kojih su, uslijed brojnih i intenzivnih melioracijskih zahvata u prošlosti, preostala samo četiri, a močvarno područje delte pretvoreno je u obradive poljoprivredne površine (Kralj i sur. 2015.).

Područje doline rijeke Neretve (DRN) danas je ograničeno na oko 12000 ha od čega oko 5200 ha čine obradive poljoprivredne površine uglavnom polderskog tipa na kojima dominira uzgoj citrusa, posebice mandarina, i povrća. Funkcionalnost stvorenih poldera održava se kompleksom mrežom crpnih stanica, ustava i odvodnih kanala koji sprečavaju poplavljanje ovog područja (Romić i sur. 2020.). DRN je semi-aridno područje s Mediteranskom klimom koju karakteriziraju topla i suha ljeta te vlažne i blage zime.

Zbog neposredne blizine mora i okršenih vapnenačkih stijena vodonosnika rijeke, prodor morske vode u DRN izražen je i do nekoliko desetaka kilometara (Romić i sur. 2014., Ljubenković i Vranješ, 2012.). Posljedica toga su povremeno ili trajno zaslanjeni izvori vode koji se koriste za navodnjavanje poljoprivrednih kultura, a što može imati brojne negativne posljedice na agrobiocenozu delte (Romić i sur. 2019.). Posebno su ugrožena tla u kojima zbog visokih koncentracija natrija i klorida dolazi do strukturnih promjena koje dugoročno mogu dovesti do smanjenja plodnosti i uporabne vrijednosti tla (Zovko i sur. 2015.) što izravno utječe na smanjenje prinosa poljoprivrednih kultura.

Prosječna godišnja temperatura zraka iznosi 15,7 °C, a prosječna godišnja količina oborina iznosi 1230 mm (1980.-2020.) pri čemu glavnina oborina na ovom području padne u razdoblju listopad – travanj (Romić i sur. 2020.).

Tlo u Neretvi je vrlo plodno, zahvaljujući aluvijalnim naslagama koje rijeka Neretva donosi. Plodna aluvijalna tla bogata su hranjivim tvarima, što omogućuje intenzivnu poljoprivredu. Rijeka Neretva i njezini pritoci osiguravaju obilan izvor vode, što je ključno za navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Tlo je često dobro drenirano, ali su problemi s salinitetom prisutni u nižim, močvarnim dijelovima (Erceg 2003.). Dolina Neretve je najpoznatija po uzgoju mandarina. Gotovo 70 % ukupne proizvodnje mandarina u Hrvatskoj dolazi iz ovog područja. Mandarine iz doline Neretve su cijenjene zbog svoje kvalitete i okusa. Uz mandarine, dolina Neretve je također poznata po proizvodnji različitih vrsta povrća kao što su rajčice, paprike, krastavci i kupus. Povrće se uzgaja na otvorenom polju, kao i u plastenicima, što omogućava produženu sezonu rasta i berbe. Uzgoj povrća često koristi sustave navodnjavanja zbog sušnih ljeta.

Zbog blizine mora i specifične hidrologije, problem saliniteta tla je značajan. Visoka koncentracija soli može negativno utjecati na prinos i kvalitetu poljoprivrednih proizvoda.

Klimatske promjene donose nove izazove, uključujući ekstremne vremenske uvjete, suše i poplave. Ove promjene zahtijevaju prilagodbu poljoprivrednih praksi i infrastrukture.

Dolina Neretve je jedno od najplodnijih poljoprivrednih područja u Hrvatskoj, sa značajnim potencijalom za uzgoj raznih kultura. Iako postoje izazovi poput saliniteta tla i klimatskih promjena, napredne poljoprivredne prakse, melioracija i sustavi navodnjavanja omogućuju visokoproduktivnu i održivu poljoprivredu. Raznolikost proizvodnje, uključujući voće, povrće, masline i vinovu lozu, čini dolinu Neretve ključnim poljoprivrednim područjem od nacionalnog značaja.

### 3.2. Uzorkovanje i ispitivanje vode

Za ocjenu kakvoće vode koju koriste poljoprivredni proizvođači, uzorkovala se voda na dvije lokacije u blizini grada Metkovića, uz rijeku Neretvu. Obje lokacije na kojima se uzrokovala voda nalaze se u neposrednoj blizini rijeke Neretve, na desnoj strani obale. Lokacije su označene sa nazivima „OK”, gdje se uzorkovala površinska voda te lokacija „P”, gdje se uzrokovala podzemna voda (slika 3.1.).

Na lokaciji „OK” nalazi se dugogodišnji nasad citrusa, odnosno mandarina. Voda za navodnjavanje je površinska, crpi se iz kanala koji se nalazi oko parcele. Voda se crpi pomoću pumpe za vodu (na slici je označeno mjesto gdje se nalazi pumpa - plava točka) te se prenosi dalje lateralnim cijevima do stabala. Sustav navodnjavanja koji se koristi na lokaciji „OK” je lokalizirani sustav navodnjavanja kapanjem. Parcela je sa tri strane okružena kanalima, u kojima se tijekom cijele godine može crpiti voda. Tijekom godine obavljaju se razne mjere obrade tla, gnojidbe tla, frezanje, malčiranja, uklanjanja vegetacije koja raste uz kanale, zaštita od bolesti i štetnika.

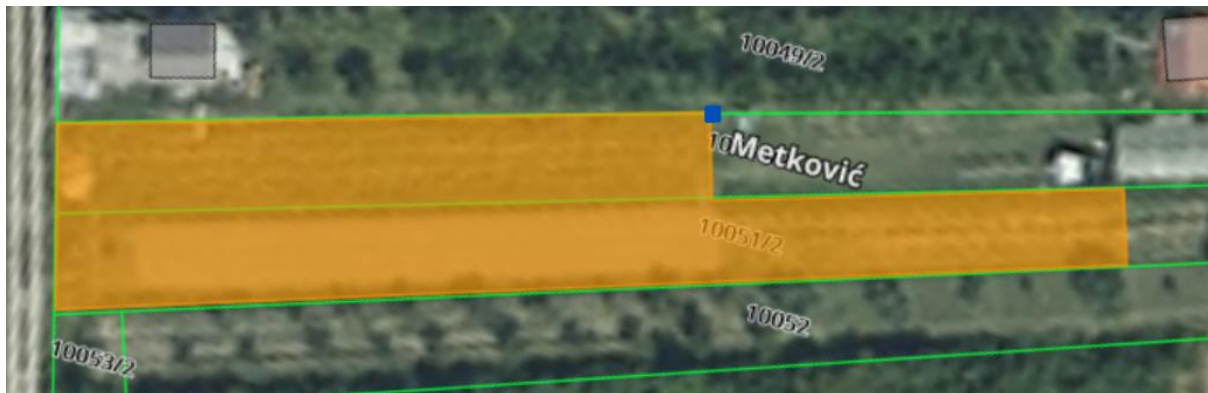


Slika 3.1 Lokacija uzorkovanja površinske vode iz kanala – oznaka lokacije: „OK”.

Lokalizirani sustav kapanja s pomoću emitera (kapaljki) isporučuju vodu u obliku kapljica ili isprekidanog mlaza na površinu tla ili ispod nje u vrlo malim količinama. Glavna i osnovna uloga kapaljke jest snižavanje energije, odnosno radnog tlaka vode u lateralnom cjevovodu uz osiguranje što ujednačenijeg intenziteta kapanja (Ondrašek i sur. 2015.).

Na lokaciji „P” nalazi se sezonsko povrće, na jednom dijelu rajčica, na drugom kupus (slika 3.2). Voda koja se koristi na ovoj lokaciji je podzemna, crpi se pomoću pumpe za vodu (na slici 3.2. je označeno mjesto gdje se nalazi pumpa - plava točka), s dubine od 19 metara. Sustav navodnjavanja koji se koristi na lokaciji „P” također je kapanje. Tijekom godine, odnosno

između kultura koje se sade na ovoj parceli obavljaju se razne mjere obrade tla, prvenstveno primjena plodoreda te gnojidba tla, freziranje, malčiranje, uklanjanja vegetacije koja raste uz kanale, zaštita od bolesti i štetnika.



Slika 3.2 Lokacija „P“. Narančasti poligon predstavlja parcelu – oranicu na kojoj se navodnjavaju rajčica i kupus s vodozahvatom podzemne vode

Uzorkovanje se provodilo jednom mjesečno u vegetacijskom razdoblju gdje je prvo uzorkovanje obavljeno 14. svibnja 2023., a posljednje 23. listopada 2023. godine, odnosno tijekom primjene navodnjavanja. Ukupno je prikupljeno 6 uzoraka površinske i 6 uzoraka podzemne vode tijekom vegetacijske sezone.

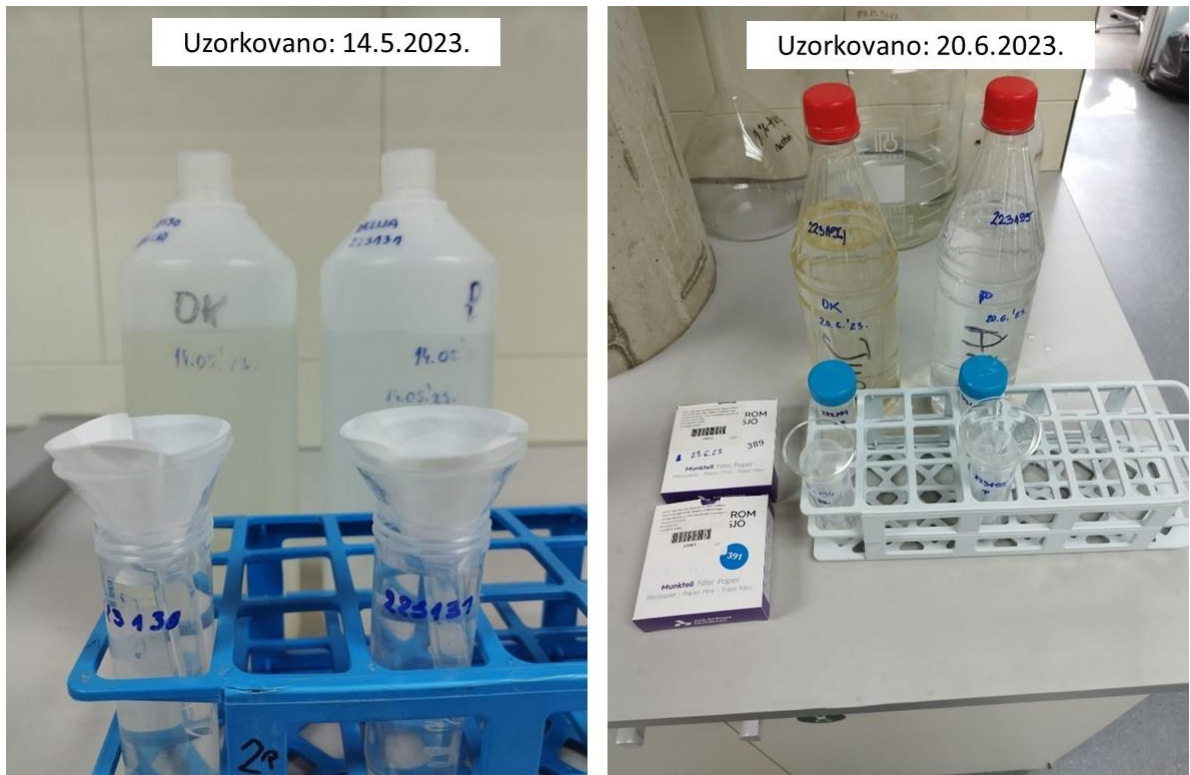
Uzorkovanje na lokaciji „OK“ provodilo se pomoću plastične kante koja je prethodno tri puta isprana kako ne bi došlo do kontaminacije uzorka, te se potom prelila u čistu plastičnu bocu volumena 1 l. Boca je imala oznaku lokacije i datum uzorkovanja.

Uzorkovanje na lokaciji „P“ provodilo se crpljenjem iz pumpe te se pomoću cijevi prebacila u drugu bocu volumena 1 l. Nakon punjenja uzorka, na bocama su označene lokacije uzorka i datum uzorkovanja te su uzorci zaleđeni. Zaleđeni uzorci su nakon toga transportirani u prijenosnom hladnjaku do Analitičkog laboratorij Zavoda za melioracije (MELILAB) Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta gdje su provedena sva ispitivanja u uzorcima vode, a prema slijedećem protokolu:

1. Zaprimanje uzoraka u laboratoriju - dodjeljivanje jedinstvenog analitičkog broja svakom uzorku te zapis uzorka u laboratorijski dnevnik evidencija uzorka vode;
2. Temperiranje uzoraka na sobnu temperaturu;
3. Filtriranje uzoraka za ispitivanje ionskog sastava (slika 3.3);
4. Određivanje pH-vrijednost prema metodi „Kakvoća vode – određivanje pH vrijednosti“ (HRN ISO 10523:2012) na instrumentu pH-metar Lab 870 (SCHOTT Instruments, Njemačka) s člankom (LF413T-ID, SCHOTT Instruments, Njemačka);
5. Određivanje električna vodljivost ( $EC_w$ ) prema metodi „Kakvoća vode-određivanje električne vodljivosti“ (HRN EN 27888:2008) na instrumentu - konduktometar Lab 970 (SCHOTT Instruments, Njemačka) s člankom (LF413T-ID, SCHOTT Instruments, Njemačka);
6. Određivanje  $NO_3-N$  prema metodi „Određivanje nitritnog i nitratnog N i njihove sume s protočnom analizom i spektrofotometrijskom metodom (HRN EN ISO 13395:1998) na instrumentu Ionski analizator vode i ekstrakta tla, Skalar San++Analayzer (Nizozemska);



7. Određivanje Cl prema metodi „Kakvoća vode – Određivanje klorida metodom protočne analize uz fotometrijsku ili potenciometrijsku detekciju (HRN EN ISO 15682:2008) na instrumentu lonski analizator vode i ekstrakta tla, Skalar San++Analyzer (Nizozemska);
8. Određivanje  $SO_4^{2-}$  prema metodi „Kakvoća vode- određivanje sulfata metodom protočne analize (CFA) na instrumentu lonski analizator vode i ekstrakta tla, Skalar San++Analyzer (Nizozemska)
9. Određivanje Na prema metodi „Određivanje natrija metodom atomske apsorpcijske spektrometrije“ (HRN ISO 9964-3:1998) na instrumentu AAS/AES PerkinElmer 3110.



Slika 3.3 Filtriranje uzoraka kroz „plavu“ vrpču filter papira

### 3.3. Osiguranje kvalitete laboratorijskih ispitivanja

MELILAB je akreditiran prema međunarodnoj normi 17025 za uzorkovanje i ispitivanje vode (HRN EN ISO/IEC 17025-1:2017). Mjere kontrole kvalitete u MELILAB provode se na unutarnjoj i vanjskoj razini. Unutrašnja kontrola se ostvaruje korištenjem referentnih materijala, ponavljanjem mjerenja i upotrebom slijepih probi. U području ispitivanja kakvoće vode MELILAB sudjeluje u programu međulaboratorijskih usporedbi koji organizira IFA-Tullin, Center for Analytical Chemistry University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Department for Agrobiotechnology, Beč, Austrija.

### 3.4. Statistička obrada

Statistička obrada podataka provedena je kako bi se dobili deskriptivni statistički pokazatelji koji omogućuju bolje razumijevanje varijabilnosti u vrijednostima različitih pokazatelja između

površinske vode (lokacija „OK“) i podzemne vode (lokacija „P“). Pokazatelji obuhvaćeni analizom uključuju električnu vodljivost (EC), pH, koncentracije nitrata (NO<sub>3</sub>-N), klorida (Cl<sup>-</sup>), sulfata (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) i natrija (Na<sup>+</sup>). Za svaki pokazatelj izračunati su osnovni statistički pokazatelji: prosjek, medijan, minimalne i maksimalne vrijednosti, standardna devijacija (st.dev) i koeficijent varijacije (CV) (tablica 4.1). Korelacijskom analizom procijenjen je stupanj zajedničkog variranja odabranih varijabli: EC, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> i Na<sup>+</sup> (Vasilj, 2000.). Funkcionalna veza između zavisne varijable EC i nezavisnih varijabli koncentracija SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> i Na<sup>+</sup> iona utvrđena je višestrukom linearnom regresijom koja se može opisati modelom:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_mx_m + \varepsilon$$

gdje su:

$y$  – zavisna varijabla

$x_1...x_m$  – nezavisne varijable

$\beta_0... \beta_m$  – regresijski koeficijenti

$\varepsilon$  – rezidualna varijabla (slučajna pogreška).

Pouzdanost modela višestruke linearne regresije ocjenjena je na temelju vrijednosti koeficijenta determinacije ( $R^2$ ), a razvoj i testiranje modela napravljeno je primjenom softwera XLSTAT (Lumivero, 2024.).

### 3.5. Ocjena kakvoće vode za navodnjavanje

Pogodnost vode za navodnjavanje ocjenjena je koristeći referentnu FAO klasifikaciju (Rhoades i sur. 1992.) za vrijednosti električne vodljivosti (tablica 3.1) te FAO klasifikaciju (Ayers i Westcot 1994.) za koncentracije pojedinih iona u vodi (tablica 3.2):

Tablica 3.1 Klase zaslanjenosti vode za navodnjavanje prema FAO klasifikaciji, a na temelju pokazatelja električne vodljivosti (EC)

Klasa	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Klasa vode
Nezaslanjena voda	< 0,7	Voda za piće i navodnjavanje
Malo zaslanjena	0,7 – 2	Voda za navodnjavanje
Srednje zaslanjena	2 – 10	Primarna drenažna voda i podzemna voda
Jako zaslanjena	10 – 25	Sekundarna drenažna voda i podzemna voda
Vrlo jako zaslanjena	25 – 45	Vrlo zaslanjena podzemna voda
Slana voda	> 45	Morska voda

Izvor 1 FAO klasifikaciju (Rhoades i sur., 1992)

Tablica 3.2 Stupnjevi ograničenja vode za navodnjavanje s obzirom na koncentracije Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> i NO<sub>3</sub>-N (Ayers i Westcot, 1994.)

Vrsta iona	Stupanj ograničenja za upotrebu		
	Nema	Slab do srednji	Ozbiljan
Na <sup>+</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	< 70	70 – 200	>200
Cl <sup>-</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	< 140	140 – 350	> 350
NO <sub>3</sub> -N (mg l <sup>-1</sup> )	< 5	5 – 30	> 30
pH	uobičajena vrijednost 6,5-8,4		

Izvor 2 FAO klasifikaciju (Ayers i Westcot, 1994.)

## 4. Rezultati i rasprava

### 4.1. Ocjena kakvoće površinske i podzemne vode za navodnjavanje kod krajnjih korisnika

Tablica 4.1 Deskriptivna statistika EC<sub>w</sub>, pH i ionskog sastava površinskih i podzemnih voda kroz razdoblje svibanj - listopad 2023.

	Parametar	EC (dS/m)	pH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)
Prosjek	OK	0,84	7,4	0,109	91	62	50
	P	2,71	7,25	0,08	698	66	356
Medijan	OK	0,81	7,35	0,08	94	66	52
	P	2,725	7,25	0,08	695	65	357
Minimum	OK	0,757	7,1	0,079	57	26	36
	P	2,53	7	0,79	644	63	324
Maksimum	OK	0,949	7,7	0,26	112	81	57
	P	2,83	7,5	0,08	744	70	383
St.dev	OK	0,075	0,253	0,072	20,5	18,789	8,025
	P	0,103	0,207	0,001	34,4	2,508	19,99
CV	OK	0,09	0,034	0,658	0,227	0,302	0,161
	P	0,038	0,029	0,006	0,049	0,038	0,056

#### 4.1.1. Električna vodljivost (EC)

Električna vodljivost (EC) u poljoprivredi je važan parametar koji mjeri sposobnost otopine (najčešće vode ili tla) da provodi električnu struju. Mjerenje električne vodljivosti može pružiti važne informacije o kvaliteti vode i tlu, što može utjecati na rast i razvoj biljaka.

Visoka električna vodljivost ukazuje na visok sadržaj soli u tlu. Prekomjerna količina soli može negativno utjecati na rast biljaka, uzrokujući osmotski stres i toksičnost. Različite biljke imaju različitu toleranciju na salinitet. Poznavanje EC vrijednosti pomaže poljoprivrednicima da odaberu odgovarajuće kulture za specifična tla. Kod kvalitete vode za navodnjavanje bitno je znati da voda s povišenim EC-om može doprinijeti nakupljanju soli u tlu, dok korištenje vode s optimalnim EC-om pomaže u održavanju ravnoteže hranjivih tvari i soli u tlu. Redovito praćenje EC vode za navodnjavanje pomaže u sprečavanju saliniteta tla.

Električnu vodljivost također može biti pokazatelj koncentracije hranjivih tvari u otopini tla. Previsoka ili preniska koncentracija može uzrokovati nutritivne probleme kod biljaka. Pravilno mjerenje EC omogućava precizno doziranje gnojiva, osiguravajući optimalan rast biljke.

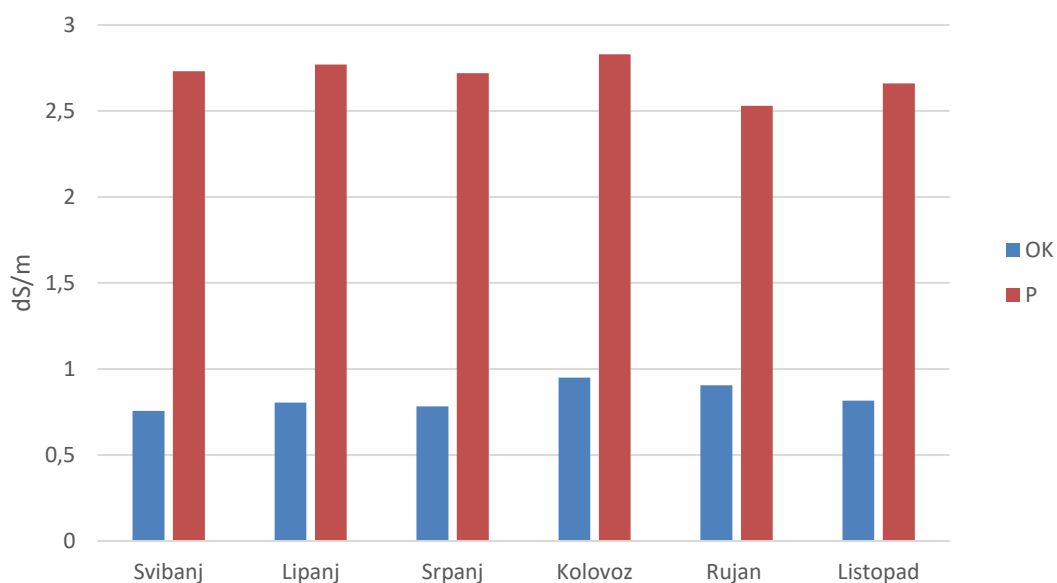
Električnu vodljivost mjerimo i kod tla i kod vode. Kod mjerenja EC u tlu postoje dva načina, ekstrakcija tla gdje uzorke ekstrahiramo vodom i potom mjerimo EC otopine te in situ mjerenja gdje se pomoću sonde direktno mjeri EC u tlu. Kod mjerenja EC u vodi koristi se sonde i mjerači koji mjere EC vode te su korisni za analizu kvalitete vode koja se koristi za navodnjavanje.

Visoka električna vodljivost ukazuje na visok sadržaj soli u tlu, što može uzrokovati osmotski stres i toksičnost kod biljaka. Različite biljke imaju različitu toleranciju na zaslanjenost pa je poznavanje EC vrijednosti ključno za krajnje korisnike kako bi odabrali odgovarajuće kulture/kultivare ili podloge otpornije na povišene koncentracije soli u tlu/vodi za navodnjavanje. Prema Maasovim istraživanjima, različite kulture imaju specifične granice otpornosti na zaslanjenost. Maas i Hoffman (1977.) utvrdili su da se prinos biljaka smanjuje proporcionalno porastu koncentracije soli u tlu nakon što EC vrijednost prijeđe određenu granicu. Prema Maas (1990.), biljke se klasificiraju kao osjetljive, umjereno otporne i otporne na zaslanjenost, ovisno o tome koliko su osjetljive na porast EC u tlu. Maas također ističe da se prinosi smanjuju za približno 10 % sa svakim porastom EC iznad specifične granične vrijednosti za svaku kulturu. Maas (1990.) naglašava važnost razumijevanja interakcije između zaslanjenosti, svojstava tla i navodnjavanja kako bi se održala produktivnost usjeva u uvjetima povećane zaslanjenosti tla.

Prema FAO klasifikaciji (Ayers i Westcot 1994.), voda se svrstava u različite klase ovisno o razini električne vodljivosti (dS/m), od nezaslanjene do jako slane vode (tablica 3.1). Vrijednosti električne vodljivosti (EC) u podzemnoj vodi (P) u usporedbi s površinskom vodom iz kanala (OK) su znatno više tijekom svih promatranih mjeseci. Zabilježena prosječna vrijednost EC na lokaciji „OK“ iznosila je 0,84, a na lokaciji „P“ 2,71 (tablica 4.1). EC u podzemnim vodama kreće se konstantno oko 2,5 do 2,8 dS/m kroz cijelo promatrano razdoblje (svibanj-listopad), dok se EC u površinskim vodama kreće između 0,7 i 1,0 dS/m, ovisno o mjesecu. U prosjeku, EC podzemne vode je između 2,5 i 4,5 puta viša od EC površinskih voda, što ukazuje na značajno veći sadržaj soli u podzemnoj vodi.

Podzemna voda s električnom vodljivošću (EC) od 2,5 do 2,8 dS/m (grafikon 4.1) svrstava se u kategoriju srednje zaslanjene vode prema FAO klasifikaciji (tablica 3.1). Prema Maasovim istraživanjima (1990.), rajčica se ubraja među umjereno otporne biljke na zaslanjenost, s pragom tolerantnosti od 2,5 dS/m. Nakon ove granice, prinos rajčice smanjuje se za oko 10 % pri svakom daljnjem povećanju EC. S obzirom na to da je EC podzemne vode na lokaciji „P“ na gornjoj granici tolerantnosti, može se očekivati smanjenje prinosa rajčice. Zbog toga je preporučljivo provoditi mjere kojima bi se smanjila akumulacija soli u tlu. Kupus, s druge strane, spada u osjetljive biljke na zaslanjenost. Granica tolerantnosti za kupus je oko 1,8 dS/m, što znači da su razine EC podzemne vode na lokaciji „P“ iznad ove granice. To može rezultirati značajnim smanjenjem prinosa kupusa u uvjetima gdje se koristi podzemna voda za navodnjavanje.

Na lokaciji „OK“, gdje se mandarine navodnjavaju vodom iz kanala, vrijednosti EC se kreću između 0,7 do 1,0 dS/m. Prema Maasovim podacima, mandarina spada u umjereno osjetljive kulture na zaslanjenost, s pragom tolerantnosti od 1,3 dS/m. To znači da je voda iz kanala tijekom cijele vegetacijske sezone ispod granice tolerantnosti za mandarine, čak i kada EC doseže maksimalnu vrijednost od 1,0 dS/m. U tom kontekstu, nema značajnog rizika od zaslanjivanja tla niti negativnog utjecaja na prinos mandarina na lokaciji „OK“. Ova voda ostaje prikladna za navodnjavanje, a sustav lokaliziranog navodnjavanja kapanjem dodatno osigurava preciznu primjenu vode uz minimalno rizik od nakupljanja soli.

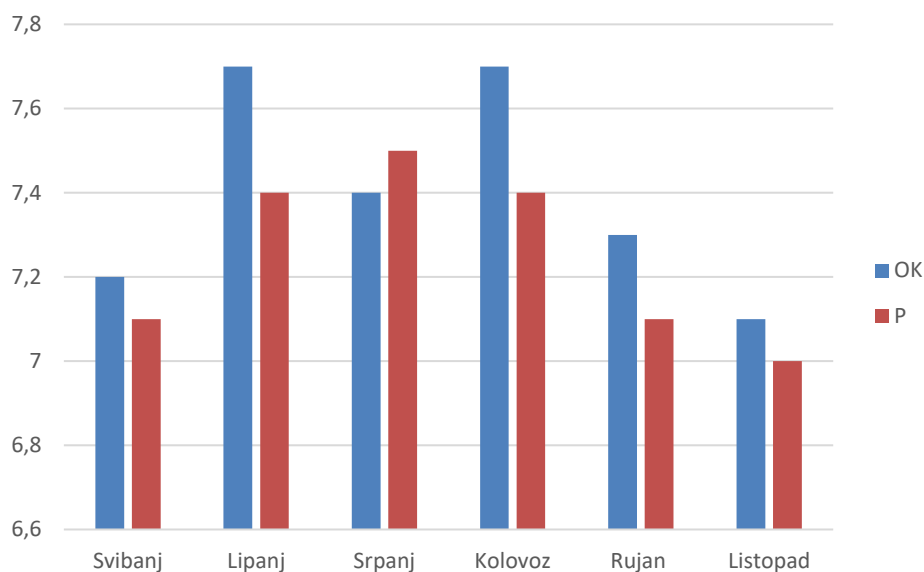


Grafikon 4.1. Vrijednosti električne vodljivosti (EC) u uzorcima površinske i podzemne vode uzorkovane u razdoblju svibanj-listopad 2023.

#### 4.1.2. Zakiseljenost

Zakiseljenost ili pH predstavlja reakciju vode koja ovisi o odnosu koncentracija  $H^+$  i  $OH^-$  iona. pH je važan pokazatelj kakvoće vode jer upravo mnogi postupci čišćenja vode ovise u njegovoj vrijednosti. Voda koja ima nizak pH je korozivna te takva voda može izazivati oštećenja u raznim sustavima poput vodoopskrbe, sustava i opreme za navodnjavanje. Vrijednost pH danas je važna u mnogim područjima poput kemije, biologije, medicine, industrije te poljoprivrede.

Zabilježena prosječna vrijednost pH na lokaciji „OK“ iznosila je 7,4, a na lokaciji „P“ 7,25 (tablica 4.1). Vrijednost pH i za vodu iz kanala (lokacija „OK“) i za podzemnu vodu (lokacija „P“) kretala se u rasponu od 6,9 do 7,7. Voda iz kanala imala je pH između 7,0 i 7,7, dok se pH podzemne vode kretao između 6,9 i 7,4 (grafikon 4.2). Voda iz kanala (lokacija OK) imala je nešto viši pH tijekom većine promatranog razdoblja u usporedbi s podzemnom vodom (lokacija „P“), s izuzetkom srpnja kada su pH vrijednosti bile vrlo bliske ili gotovo jednake. Obje vode, i iz kanala (lokacija „OK“) i podzemna voda (lokacija P), imaju pH unutar uobičajenih vrijednosti za navodnjavanje, koje su između 6,5 i 8,4 (tablica 3.2). Dakle, s obzirom na pH, nema ograničenja za njihovu upotrebu u navodnjavanju.

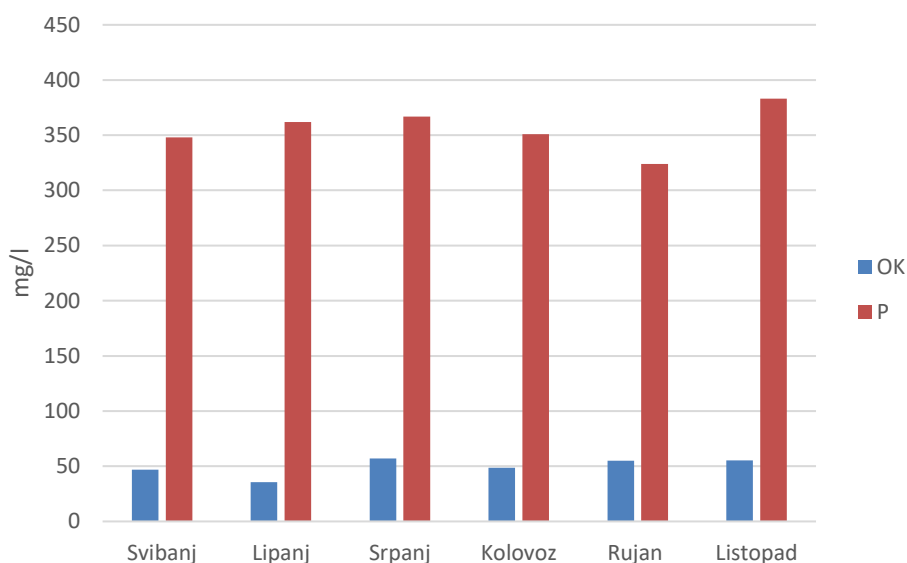


Grafikon 4.2. Vrijednosti pH u uzorcima površinske i podzemne vode uzorkovane u razdoblju svibanj-listopad 2023.

#### 4.1.3. Natrij

Zabilježena prosječna vrijednost natrija ( $\text{Na}^+$ ) na lokaciji „OK“ iznosila je 50 mg/l, a na lokaciji „P“ 356 mg/l (tablica 4.1). Koncentracija natrija ( $\text{Na}^+$ ) kod površinske vode (lokacija OK) u vrijeme vegetacijske sezone kretala se između 36 do 55 mg/l, te kao takva nije imala ograničenja za upotrebu, te se takva voda smatra idealnom za navodnjavanje kultura. Za razliku od površinske vode, podzemna voda (lokacija P) imala je izmjerene visoke vrijednosti, od 324 do 383 mg/l (grafikon 4.3), te kao takva ima ozbiljan stupanj ograničenja za upotrebu (tablica 3.3). Visoka koncentracija natrija u tlu često je povezan s salinitetom koji može dovesti do smanjenja kapaciteta biljaka da apsorbuju vodu, jer se osmotski pritisak povećava.

Kemijska disperzija, kao posljedica upotrebe vode za navodnjavanje, može se predviđati izračunavanjem SAR vrijednosti. SAR vrijednost predstavlja odnos između natrija prema kalciju i magneziju u njihovim zamjenjivim reakcijama u tlu. Povećanjem SAR vrijednosti povećava se opasnost smanjenja infiltracijske sposobnosti, ukoliko to povećanje ne prati i povećanje ukupne koncentracije soli. Općenito uzevši, brzina infiltracije povećava se s povećanjem  $E_{cw}$ , a smanjuje se ili sa smanjenjem  $E_{cw}$  ili s povećanjem vrijednosti SAR (Romić 2003.).



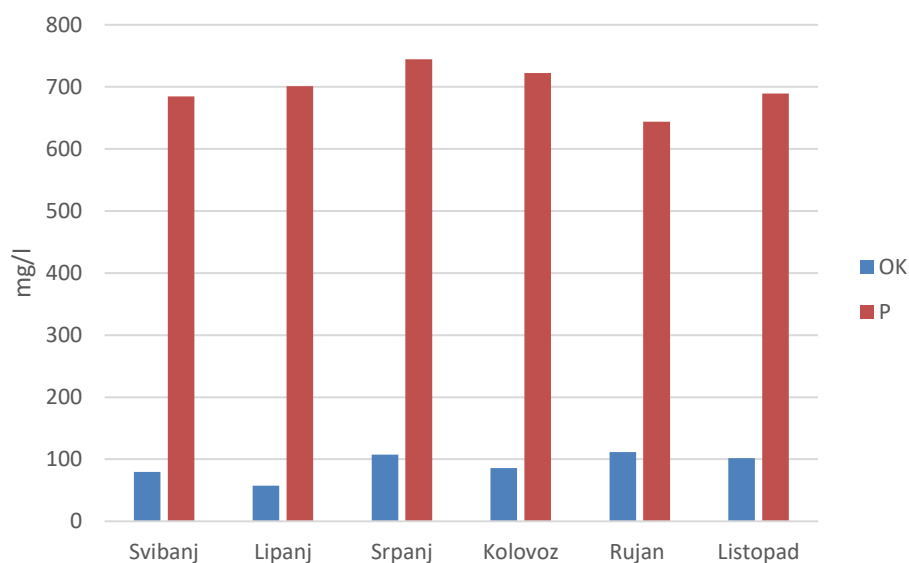
Grafikon 4.3. Koncentracije Na<sup>+</sup> u uzorcima površinske i podzemne vode uzorkovane u razdoblju svibanj-listopad 2023.

#### 4.1.4. Kloridi

Prosječna vrijednost koncentracije klorida (Cl<sup>-</sup>) kod površinske vode (lokacija OK) iznosila je 91 mg/l, dok je kod podzemne vode (lokacija P) iznosila 698 mg/l (tablica 4.1). Koncentracija klorida (Cl<sup>-</sup>) kod površinske vode (lokacija OK) u vrijeme vegetacijske sezone kretala se između 57 do 112 mg/l, što znači da nema ograničenja za upotrebu, iako vrijednost od 112 mg/l izmjerena u rujnu je blizu rubne granice od 140 mg/l (tablica 3.3). Kao i kod natrija, kod podzemne vode (lokacija P) izmjerene su visoke vrijednosti, od 644 do 744 mg/l (grafikon 4.4) te zbog toga imaju ozbiljan stupanj ograničenja za upotrebu.

Takve visoke koncentracije klora mogu izazvati toksičnost i probleme sa zaslanjenošću. Prema referencama iz Maas i Grattan (1999.) i Maas i Hoffman (1977.), koncentracija klorida u vodi može imati značajan utjecaj na uzgoj poljoprivrednih kultura. Za citrusne, uključujući mandarine, granična koncentracija klorida koja može uzrokovati oštećenja iznosi približno 350 mg/l, iznad čega dolazi do smanjenja prinosa zbog toksičnosti klorida. Mandarine su osjetljive na visoke razine klorida, te prekomjerno nakupljanje soli može negativno utjecati na prinos. S obzirom na koncentracije klorida prikazane na grafikonu, podzemna voda (P) pokazuje značajno više koncentracije klorida, koje se kreću oko 700 mg/l, što je dvostruko više od preporučenih graničnih vrijednosti za citrusne. S druge strane, površinska voda (OK) ima značajno niže koncentracije klorida, koje su ispod 100 mg/l, što je unutar sigurnih granica za navodnjavanje citrusa. Za rajčicu, prema Maas (1990.), kritična koncentracija klorida iznosi oko 350 mg/l, dok kupus, kao osjetljivija kultura, također pokazuje smanjenje prinosa pri koncentracijama klorida iznad ove granice.



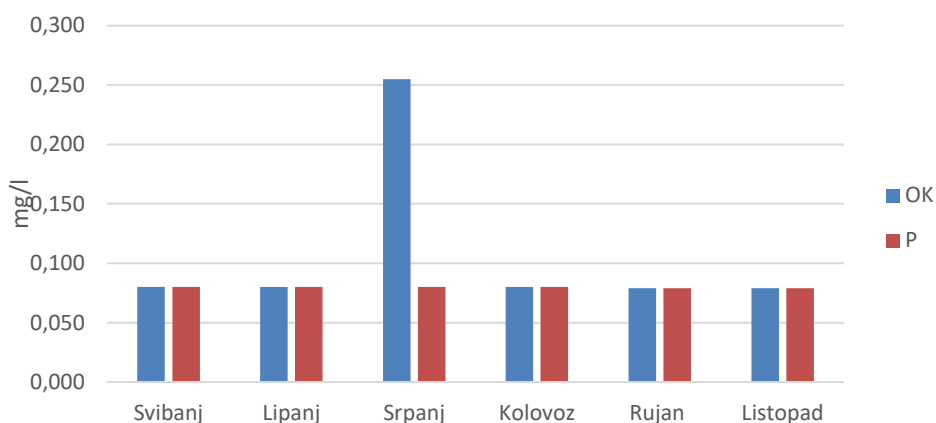


Grafikon 4.4. Koncentracije Cl<sup>-</sup> u uzorcima površinske i podzemne vode uzorkovane u razdoblju svibanj-listopad 2023.

#### 4.1.5. Nitrati

Prosječna vrijednost koncentracije nitrata (NO<sub>3</sub>-N) kod površinske vode (lokacija OK) iznosila je 0,109 mg/l, dok je kod podzemne vode (lokacija P) iznosila 0,08 mg/l (tablica 4.1). Grafikon 4.5 prikazuje koncentracije nitrata (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>N) u uzorcima površinske vode (OK) i podzemne vode (P) tijekom promatranog razdoblja od svibnja do listopada 2023. godine. Koncentracije nitrata u površinskoj vodi tijekom većine promatranog razdoblja kreću se između 0,05 mg/l i 0,10 mg/l (grafikon 4.5), osim u srpnju, kada se bilježi nagli porast koncentracije nitrata na vrijednost od približno 0,26 mg/l. Ova viša koncentracija u srpnju može biti posljedica specifičnih uvjeta kao što su ispiranje tla nakon oborina ili gnojidba na parceli. Koncentracije nitrata u podzemnoj vodi su relativno stabilne i konzistentne tijekom cijelog razdoblja. Kreću se između 0,05 mg/l i 0,08 mg/l.

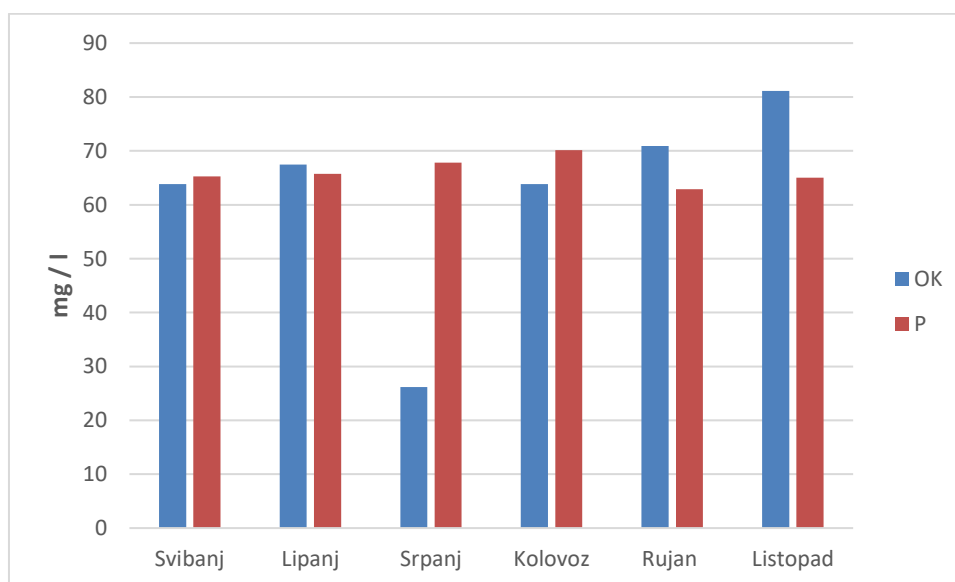
Zaključno površinska voda (lokacija „OK“) pokazuje veće varijacije u koncentraciji nitrata, osobito u srpnju, dok podzemna voda (lokacija „P“) ima stabilnije i konzistentnije vrijednosti tijekom cijelog promatranog razdoblja. S obzirom na niske koncentracije nitrata u obje vode, ne očekuju se negativni utjecaji na poljoprivrednu proizvodnju s obzirom na standardne granične vrijednosti za navodnjavanje.



Grafikon 4.5. Koncentracije  $\text{NO}_3^-$  u uzorcima površinske i podzemne vode uzorkovane u razdoblju svibanj-listopad 2023.

#### 4.1.6. Sulfati

Prosječna vrijednost koncentracije sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) kod lokacije „OK“ iznosila je 62 mg/l, dok je kod lokacije „P“ iznosila 66 mg/l (tablica 4.1) Koncentracije sulfata kod površinske vode (lokacija „OK“) kretale su se od 26 do 81 mg/l, dok su kod podzemne vode (lokacija „P“) iznosile od 63 do 70 mg/l (grafikon 4.6).



Grafikon 4.6. Koncentracije  $\text{SO}_4^{2-}$  u uzorcima površinske i podzemne vode uzorkovane u razdoblju svibanj-listopad 2023.

## 4.2. Regresijska analiza

Korelacijskom analizom varijabli EC,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  i  $Na^+$  u površinskoj vodi utvrđena je vrlo slaba do slaba korelacijska veza (koeficijent korelacije  $r < 0,4$ ) između EC koja je u regresijskom modelu odabrana kao zavisna varijabla i prediktora  $SO_4^{2-}$  ( $r=0,29$ ),  $Cl^-$  ( $r=0,22$ ) i  $Na^+$  ( $r=0,13$ ) (tablica 4.2).

Tablica 4.2 Korelacijska matrica OK

	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	$Na^+$	E.C./ 25°C
$Cl^-$	1	-0,213	0,977	0,220
$SO_4^{2-}$	-0,213	1	-0,255	0,290
$Na^+$	0,977	-0,255	1	0,132
E.C./ 25°C	0,220	0,290	0,132	1

Koeficijent determinacije razvijenog regresijskog modela iznosio je 0,274 što znači da je 27,4 % varijabilnosti zavisne varijable EC objašnjeno odabranim nezavisnim varijablama. Jednadžba razvijenog modela glasi:

$$EC = 89,84 + 0,67Cl^- + 0,11SO_4^{2-} - 1,48Na^+$$

Na lokaciji uzorkovanja podzemnih voda korelacijskom analizom utvrđena je slaba korelacijska veza između EC i  $Na^+$  te vrlo jaka korelacijska veza ( $r > 0,75$ ) između EC i  $SO_4^{2-}$  te  $Cl^-$  (tablica 4.3).

Tablica 4.3. Korelacijska matrica P

	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	$Na^+$	E.C./ 25°C
$Cl^-$	1	0,860	0,586	0,758
$SO_4^{2-}$	0,860	1	0,310	0,845
$Na^+$	0,586	0,310	1	0,399
E.C./ 25°C	0,758	0,845	0,399	1

Razvijeni model višestruke linearne regresije bio je pouzdaniji od modela razvijenog za površinske vode s vrijednošću  $R^2=0,74$  čime je 74 % varijabilnosti vrijednosti EC objašnjeno nezavisnim varijablama  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  i  $Na^+$ . Jednadžba razvijenog modela glasi:

$$EC = 18,41 - 3,51Cl^- + 3,65SO_4^{2-} + 9,94Na^+$$

## 4.3. Usporedba dobivenih rezultata sa referentnim lokacijama

U tablici 4.6 prikazani su laboratorijski rezultati dvaju površinskih voda, lokacije „OK“ koja je obrađena u radu te lokacije „Vrbovci – lateralni kanal (LK)“ čiji su podaci izvučeni iz rada „Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve, Projektno

izvješće za 2023., Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet“. Lokacija „Vrbovci – lanetalni kanal“ nalazi se u Metkoviću, u blizini lokacije „OK“.

Tablica 4.6 Laboratorijski rezultati između lokacija Metković - OK i Vrbovci – lateralni kanal

	<b>pH</b>	<b>ECw</b>	<b>NO<sub>3</sub> - N</b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>Na<sup>+</sup></b>
Metković - OK	25°C	dS / m		mg/l		
svibanj	7,2	0,76	0,08	79,6	63,84	46,8
lipanj	7,7	0,81	0,08	57,25	67,48	35,7
srpanj	7,4	0,78	0,26	107,24	26,17	57,1
kolovoz	7,7	0,95	0,08	85,67	63,82	48,6
rujan	7,3	0,91	0,08	111,75	70,93	55,1
listopad	7,1	0,82	0,08	101,53	81,11	55,4
	<b>pH</b>	<b>ECw</b>	<b>NO<sub>3</sub> - N</b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>Na<sup>+</sup></b>
Vrbovci - LK	25°C	dS/m		mg/l		
svibanj	7,5	0,86	0,25	134	29	70
lipanj	7,7	1,00	0,04	195	28	91
srpanj	7,3	0,60	0,28	68	13	26
kolovoz	7,4	0,59	0,04	62	11	25
rujan	7,4	0,61	0,04	60	14	29
listopad	7,4	0,55	0,42	49	15	23

Kod lokacije „OK“ Ecw je varirao od 0,7 do 1 dS/m, što spada u kategoriju malo zaslanjenje vode (tablica 3.1), dok kod lokacije „Vrbovci – LK“ u periodu srpanj – kolovoz Ecw je varirao od 0,55 do 0,6 dS/m (tablica 4.6), te voda uzrokovana u tom periodu spada u klasu nezaslanjene vode (tablica 3.1).

U periodu svibanj – lipanj na lokaciji „Vrbovci - LK“ izmjerene su povišene koncentracije klorida, u svibnju 134mg/l i u lipnju 195 mg/l te natrija, u svibnju 70mg/l i u lipnju 91 mg/l (tablica 4.6), koje kao takve imaju slab do srednji stupanj ograničenja za upotrebu (tablica 3.2), kod ostalih mjeseci je zabilježen pad koncentracije klorida i natrija.

Kod lokacije „OK“ izmjerene su tri do četiri puta veće koncentracije sulfata u odnosu na lokaciju „Vrbovci - LK“, izuzevši mjesec srpanj (tablica 4.6).

Koncentracije nitrata kod obe lokacije su izrazito niske te kao takve nemaju nikakvih ograničenja za upotrebu (tablica 3.2)

U tablici 4.7 prikazani su laboratorijski rezultati dvaju podzemnih voda, lokacije „P“ koja je obrađena u radu te lokacije „Vrbovci – piezometar (PZ)“ čiji su podaci izvučeni iz „Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve, Projektno izvješće za 2023., Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet“. Lokacija „Vrbovci - piezometar“ nalazi se u Metkoviću, u blizini lokacije „OK“.

Tablica 4.7. Laboratorijski rezultati između lokacija Metković - P i Vrbovci – piezometar (PZ)

	<b>pH</b>	<b>EC</b>	<b>NO<sub>3</sub> - N</b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>Na<sup>+</sup></b>
Metković - P	25°C	dS/m		mg / l		
svibanj	7,1	2,73	0,08	684,8	65,27	348
lipanj	7,4	2,77	0,08	701	65,72	362
srpanj	7,5	2,72	0,08	744,25	67,82	367
kolovoz	7,4	2,83	0,08	722,25	70,11	351
rujan	7,1	2,53	0,079	643,8	62,87	324
listopad	7	2,66	0,079	689,5	65,03	383
	<b>pH</b>	<b>EC</b>	<b>NO<sub>3</sub> - N</b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>Na<sup>+</sup></b>
Vrbovci - PZ	25°C	dS/m		mg / l		
svibanj	7,1	1,6	22	165	198	95
lipanj	7,3	1,8	15	191	216	106
srpanj	7,1	1,7	13	236	183	122
kolovoz	6,9	2,2	1,9	365	233	148
rujan	6,9	2	0,04	257	285	131
listopad	7	2	0,17	276	305	131

Za razliku od površinskih voda, gdje nije bilo puno razlika između izmjerenih parametara, kod podzemnih voda postoje značajnije razlike.

EC je kod lokacije „P“ u prosjeku bio veći za 0,6-1 dS/m u odnosu na Lokaciju „Vrbovci - Pz“. Sve izmjerene koncentracije EC spadaju u klasu srednje zaslanjenje vode, izuzev period od svibnja do srpnja na lokaciji „Vrbovci - Pz“ gdje je EC iznosio od 1,6 do 1,8 dS/m, što spada u klasu malo zaslanjene vode (tablica 3.1).

Koncentracije nitrata izmjerne u periodu od svibnja do srpnja kod lokacije „Vrbovci - Pz“ bili su povišeni i iznosili su od 13 do 22 mg/l (tablica 4.7). Takve povišene koncentracije imaju slab do srednji stupanj ograničenja za upotrebu (tablica 3.2). Ostale izmjerene koncentracije nisu imale ograničenja. Takvi povišeni rezultati mogu biti posljedica prekomjernog korištenja dušičnih gnojiva.

Koncentracije klorida kod lokacije „P“ bile su tri do četiri puta veće u odnosu na lokaciju „Vrbovci - PZ“. Koncentracija klorida kod lokacije „P“ kretala se od 643 do 744 mg/l, a tako visoke koncentracije imaju ozbiljan stupanj upotrebe za navodnjavanje (tablica 3.2). Kloridi izmjereni kod lokacije „Vrbovci - Pz“ iznosili su od 165 do 365 mg/l (tablica 4.7), a takve koncentracije imaju slab do srednji stupanj ograničenja, izuzev kolovoza gdje je koncentracija klorida iznosila 365 mg/l, što je već ozbiljno ograničenje (tablica 3.2).

Koncentracije sulfata kod lokacije „Vrbovci - Pz“ bili su veći 3-4 puta u odnosu na lokaciju „P“.

Koncentracije natrija kod lokacije „P“ bile su dva do tri puta veće u odnosu na lokaciju „Vrbovci - PZ“. Kao i kod prethodno objašnjenih klorida, natrij također ima ozbiljan stupanj ograničenja za upotrebu (tablica 3.2), gdje se koncentracija natrija kretala od 324 do 383 mg/l. Kod lokacije „Vrbovci - PZ“ koncentracija natrija kretala se od 95 do 148 mg/l (tablica 4.7), te takve koncentracije imaju slab do srednji stupanj ograničenja za upotrebu (tablica 3.2).

## 5. Zaključak

Klimatske promjene sve su izraženije, a jedna od najznačajnijih posljedica klimatskih promjena je podizanje srednje razine mora. Iako se problem prodora morske vode i zaslanjivanja površinskih i podzemnih voda javlja u cijelom obalnom području, ti su procesi posebno izraženi u dolini rijeke Neretve koja se koristi za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju. Zaslanjene vode koje se koriste za navodnjavanje poljoprivrednih kultura izravno ugrožavaju poljoprivredna tla u kojima dolazi do akumulacije soli, a trajne posljedice mogu biti degradacija i u konačnici dezertifikacija.

Istraživanjem su prikazane dvije lokacije kod krajnjeg korisnika u dolini rijeke Neretve, koje se razlikuju po načinu na koji se koriste, od kojih je na jednoj lokaciji uzrokovana površinska, a na drugoj podzemna voda. Istraživanje se provodilo kroz vegetacijsku sezonu, u vremenu navodnjavanja kultura te se kroz šest uzoraka prikazao stupanj zaslanjenosti, pH vrijednost i ionski sastav. Utvrđene su značajne razlike u vrijednosti EC.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  kod podzemne vode u odnosu na površinsku vodu.

Istraživanja koja su provedena u Analitičkom laboratoriju Zavoda za melioracije (MELILAB) Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta prikazala su поближе probleme sa kojim se susreću krajnji korisnici u dolini rijeke Neretve gdje dolazi do akumulacije soli zbog povećanih vrijednosti elektrovodljivosti te ionskog sastava, kako na dvjema obrađenim lokacijama tako i kroz cijelu dolinu Neretve.

Pomoću analiza parametara kvalitete vode za navodnjavanje dobiva se uvid u kakvoću vode te se pomoću toga pravovremeno može djelovati i reagirati u daljnjoj proizvodnji, kod odabira kultura koje će se saditi ili sijati te ukoliko je potrebno provesti prilagodbu kod odabira sustava navodnjavanja.

## 6. Popis literature

1. Davidse B. J., Othengrafen M., Deppisch S. (2015). Spatial planning practices of adapting to climate change". European Journal of Spatial Development, Refereed Article, No. 57
2. Erceg, J., (2003). Stanje hidromelioracijskih sustava na slivnom području Neretve-Donja Neretva, stručno-znanstveni skup- "Stanje i održivi razvoj hidromelioracijskih sustava u Hrvatskoj-Preduvjet razvoja poljoprivrede
3. Eswar D., Karuppusamy R., Chellamuthu S. (2021). Drivers of soil salinity and their correlation with climate change. Current Opinion in Environmental Sustainability. 50:310-318
4. European Environment Agency (2019). Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. EEA Report, No 04/2019. <https://www.eea.europa.eu/publications/ccadaptation-agriculture>
5. Filipović L., Romić D., Ondrašek G., Mustać I., Filipović V. (2020). The effects of irrigation water salinity level on faba bean (*Vicia faba* L.) productivity
6. Grieve C.M., Grattan S.R., Maas E.V. (2012). Plant salt tolerance. In: W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.) ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No. 71 Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA. Chapter 13 pp:405-459.
7. Landau S., Trumbić I., Ćorić J., (2017). Izvještaj o procijenjenim utjecajima i ranjivosti na klimatske promjene po pojedinim sektorima
8. Jiaying M., Zhaoyang L., Wenge J., Jiangfan L. (2023). Effects of Different Salinity Levels in Drip Irrigation with Brackish Water on Soil Water-Salt Transport and Yield of Protected Tomato (*Solanum lycopersicum*)
9. Kralj D., Romić D., Romić M., Cukrov N., Mlakar M., Kontrec J., Barišić D., Sirač S. (2015). Geochemistry of stream sediments within the reclaimed coastal floodplain as indicator of anthropogenic impact (River Neretva, Croatia). Journal of Soils and Sediments. 16:4. 1150-1167
10. Lumivero (2024). XLSTAT statistical and data analysis solution. New York, USA. <https://www.xlstat.com/en>.
11. Ljubenković I., Vranješ M., (2004). Numerical model of stratified flow – case study of the Neretva riverbed salination
12. Maas, E.V. (1990). Crop salt tolerance. In: K.K. Tanji (ed.), Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71, American Society of Civil Engineers, New York, pp. 262-304.
13. Maas, E.V., & Hoffman, G.J. (1977). Crop salt tolerance—Current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, 103(2), 115-134.
14. Maracchi, G., O. Sirotenko and M. Bindi, (2005). Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. Climate Change, 70, 117-135.
15. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (2018). SEDMO NACIONALNO IZVJEŠĆE I TREĆE DVOGODIŠNJE IZVJEŠĆE REPUBLIKE HRVATSKE PREMA OKVIRNOJ KONVENCIJI UJEDINJENIH NARODA O PROMJENI KLIME (UNFCCC)
16. Nicholls R. J., Tol R. S. J., (2006). Impacts and responses to sea-level rise: a global analysis of the SRES scenarios over the twenty-first century". Philosophical Transactions of the Royal Society A, Vol. 364, pp. 1073-1095. <https://doi.org/10.1098/rsta.2006.1754>

17. Ondrašek G., Petošić D., Tomić F., Mustać I., Filipović V., Petek M., Lazarević B. Bubalo M. (2015). Voda u agroekosustavima
18. Oplanić M., Čop T., Njavro M., Begić M., Goreta Ban S., Čehić A. (2021). Ograničavajući čimbenici prilagodbe poljoprivrednih gospodarstava klimatskim promjenama
19. Rengasamy, P. (2010). Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*, 37(7): 613-620.
20. Romić D. (2003). Zaštita tla i voda – pisana predavanja
21. Romić D., Castrignano A., Romić M., Buttafuoco G., Bubalo Kovačić M., Ondrašek G., Zovko M., (2020). Modelling spatial and temporal variability of water quality from different monitoring stations using mixed effects model theory. *Science of The Total Environment*. 704; 1-10
22. Romić D., Jemrić T., Zovko M., Ondrašek G., Fabek Uher S., Filipović L, Reljić M. (2021). Napredni sustav motrenja agroekosustava u riziku od zaslanjivanja i onečišćenja (DELTASAL) - AGRUMI U DOLINI RIJEKE NERETVE I ZASLANJENOST: PROBLEMI I RJEŠENJA
23. Romić D., Romić M., Ondrašek G., Zovko M., Bubalo Kovačić M., Bakić Begić H., Reljić M., Husnjak S., Sraka M., Njavro M., Kuspilić N., Ocvirk E., Gilja G., Potočki K., Cikojević A., Nakić Z., Kovač Z., Rastija D., Tadić L., Brleković T., Josipović M., (2021). Novelacija nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama (NAPNAV)
24. Romić D., Romić M., Zovko M., Bubalo M., Ondrašek G., Husnjak S., Stričević I., Maurović N., Bakić H., Matijević L., Vranješ M., (2014). Petogodišnje izvješće (2009-2013) monitoringa zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve
25. Romić D., Zovko M., Bubalo Kovačić M., Ondrašek G., Bakić Begić H., Romić M., (2019). PROCESI, DINAMIKA I TREND ZASLANJIVANJA VODA I TLA U POLJOPRIVREDNOM PODRUČJU DOLINE RIJEKE NERETVE. 7. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA. HRVATSKE VODE U ZAŠTITI OKOLIŠA I PRIRODE. 30.5.-1.6.2019., Opatija, str. 783-791
26. Romić D., Zovko M., Romić M., Bubalo Kovačić M., Reljić M, Ondrašek G., Kranjčec F., Maurović N., Igrc M. D., Atlija B. (2022). Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve: izvješće za 2021. godinu (CROSBI ID 791131)
27. Romić, D., Zovko, M., Romić, M., Reljić, M., Bubalo Kovačić, M., Ondrašek, G., Maurović, N., Pišk, M.D., Brnadić Cestar, Ž. (2023). Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve, Projektno izvješće za 2023., Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
28. Rosa L. (2022). Adapting agriculture to climate change via sustainable irrigation: biophysical potentials and feedbacks, *Environmental Research Letters*, Volume 17, Number 6
29. SEDMO NACIONALNO IZVJEŠĆE I TREĆE DVOGODIŠNJE IZVJEŠĆE REPUBLIKE HRVATSKE PREMA OKVIRNOJ KONVENCIJI UJEDINJENIH NARODA O PROMJENI KLIME (UNFCCC) (2017).
30. Vasilj Đ., (2000). Biometrika i eksperimentiranje u bilinogojstvu. Hrvatsko agronomsko društvo
31. Vranješ M., (2007). Brana u rijeci Neretvi, ispitivanje na fizikalnom modelu
32. Ziogas V., Tanou G., Morianou G., Kourgialas N. (2021.) Drought and Salinity in Citriculture: Optimal Practices to Alleviate Salinity and Water Stress
33. Zovko M. (2015). Procjena rizika zaslanjivanja i mobilnosti metala u poljoprivrednim tlima priobalnih riječnih dolina. Doktorska disertacija



## Životopis

Adrian Delija rođen je 28.05.1999. godine u Metkoviću. Osnovnu školu pohađao je u Metkoviću (2007. - 2014.). Srednjoškolsko obrazovanje nastavio je u Gimnaziji Metković, koju je pohađao od 2014. do 2018 godine.

Nakon završetka srednje škole 2018. upisuje se na Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet na preddiplomski smjer Biljne znanosti koje završava 2022. godine. Iste godine upisuje diplomski studij Poljoprivredna tehnika - Melioracije.

Od stranih jezika razumije i govori engleski jezik, također dobro poznaje rad na računalu, odnosno rad u Microsoft Office paketu. Poznaje osnovni rad u AutoCAD-u i CropWat-u.