

Upravljanje intruzijom soli u poljoprivrednim poljima doline rijeke Neretve

Gverović, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:068221>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Matej Gverović

**Upravljanje intruzijom soli u poljoprivrednim
poljima doline rijeke Neretve**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024. godina



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Matej Gverović

**Upravljanje intruzijom soli u poljoprivrednim
poljima doline rijeke Neretve**

DIPLOMSKI RAD

Prof. dr. sc. Eva Ocvirk

Zagreb, 2024. godina



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Matej Gverović

**Managing salt intrusion in agricultural fields of
the Neretva river valley**

MASTER THESIS

Prof. dr. sc. Eva Ocvirk

Zagreb, 2024. year



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Student/ica :

(Ime i prezime)

(JMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu diplomskog rada pod naslovom:

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

(Naslov teme diplomskog rada na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

Mentor:

Potpis mentora:

Eva Ocvirk

Digitally signed by Eva Ocvirk
Date: 2024.09.17 11:45:24
+02'00'

Komentor:



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja:

Matej Gverović, 0083215149

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio diplomskog rada pod naslovom:

Upravljanje intruzijom soli u poljoprivrednim poljima doline rijeke Neretve

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

18.09.2024.

Potpis:

Matej G



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Ja :

Matej Gverović, 87150496443

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela diplomskog rada i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela diplomskog rada pod naslovom:

Upravljanje intruzijom soli u poljoprivrednim poljima doline rijeke Neretve

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom diplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

Eva Ocvirk

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

26.09.2024.

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio diplomskog rada u cijelosti bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

18. 09. 2024.

Potpis:

Matej G

Zahvale

Prije svega, želim izraziti svoju duboku zahvalnost mentorici, Evi Ocvirk, na neizmjernom strpljenju, podršci i savjetima, koji su bili ključni za uspješan završetak ovog rada. Njena pomoć omogućila mi je da se s izazovima koje je ovaj rad donio suočim s pouzdanjem i sigurnošću.

Također, iskreno zahvaljujem gospodinu Jošku Ercegu iz podružnice Opuzen Hrvatskih voda, čija su me stručnost i bogato iskustvo uveli u složenu problematiku rijeke Neretve. Njegovi vrijedni uvidi o vanjskim utjecajima na područje Neretve, kao i materijali koje je nesebično podijelio, neizmjereno su mi pomogli u analizi jednog od ključnih razloga degradacije plodnih polja Donje Neretve.

Posebnu zahvalnost dugujem svojim roditeljima, bez čije bezuvjetne podrške ništa ne bi bilo moguće. Njihova vjera u mene bila je moj oslonac kroz cijeli proces studiranja. Također, veliko hvala mojoj supruzi, koja me strpljivo pratila u obilasku problematičnih područja i bila tu uz mene tijekom pisanja rada.

Sažetak

Donja Neretva suočava se s problemom zaslanjenosti zbog prodora morske vode u riječni tok što negativno utječe na poljoprivredna zemljišta i bioraznolikost regije. U ovom radu sumirana su znanja o postojećem stanju sustava navodnjavanja, količini zaslanjenosti pojedinih područja, uzrocima i posljedicama intruzije soli, te planiranim mjerama za poboljšanje sustava navodnjavanja. Napravljena je hidrološka analiza koristeći se podacima s mjerne postaje Opuzen. Vidljivo je kako razina vode u ljetnim mjesecima opada te samim time omogućava lakšu intruziju soli koritom rijeke Neretve u trenucima kada je razina mora veća od razine vodostaja rijeke Neretve.

Prikazan je projekt izgradnje pokretne brane s prevodnicom i sifona ispod Male Neretve, predviđaju se kao ključne mjere za suzbijanje intruzije soli. Brana će zaustaviti prodor morske vode, dok će prevodnica osigurati prolaz plovila i migraciju ribe. Izgradnjom sifona ispod Male Neretve bi se omogućila evakuacija viška unutarnjih zaslanjenih voda iz melioracijskog sustava Vidrice tijekom ljetnog razdoblja (u sezoni navodnjavanja), koristeći postojeću crpnu stanicu Prag.

Nakon provedbe spomenutih projekata očekuje se značajno poboljšanje uvjeta za poljoprivrednu proizvodnju u Donjoj Neretvi. Održavanje optimalne razine saliniteta omogućit će stabilan prinos, očuvanje ekosustava, a time i financijsku stabilnost lokalnog stanovništva koje se većinski bavi poljoprivredom.

Ključne riječi: Donja Neretva, zaslanjenost, navodnjavanje, pokretna brana, prevodnica, sifon

Summary

The Lower Neretva is facing the problem of salinity due to the intrusion of seawater into the river flow, which has a negative impact on agricultural land and the biodiversity of the region. This paper summarizes knowledge about the current state of the irrigation system, the amount of salinity in certain areas, the causes and consequences of salt intrusion, and planned measures to improve the irrigation system. A hydrological analysis was made using data from the measuring station Opuzen. It can be seen that the water level drops in the summer months, thus enabling easier intrusion of salt through the Neretva River bed at times when the sea level is higher than the Neretva River water level.

The project for the construction of a movable dam with a lock and a siphon under the Mala Neretva is presented, they are envisaged as key measures to combat salt intrusion. The dam will stop the intrusion of seawater, while the lock will ensure the passage of vessels and the migration of fish. The construction of a siphon under the Mala Neretva would enable the evacuation of excess internal saline waters from the Vidrica amelioration system during the summer period (in the irrigation season), using the existing Prag pumping station.

After the implementation of the mentioned projects, a significant improvement in the conditions for agricultural production in the Lower Neretva is expected. Maintaining an optimal level of salinity will enable a stable yield, the preservation of the ecosystem, and thus the financial stability of the local population, which is mostly engaged in agriculture.

Key words: Lower Neretva, salinity, irrigation, movable dam, lock, siphon

Sadržaj

Zahvale	i
Sažetak	ii
Sadržaj	iv
1 Donja Neretva i njena problematika	1
2 Metode i tehnike utvrđivanja razine zaslanjenosti	6
2.1 Općenito o zaslanjivanju tla i utjecaju mora na donji tok rijeke Neretve	6
2.2 Hidrološka analiza podataka postaje Opuzen u razdoblju 1991.-2021.	10
2.3 Monitoring zaslanjivanja vode i tla Donje Neretve	15
3 Postojeće stanje Donje Neretve	29
3.1 Ustave na Maloj Neretvi	29
3.2 Nasip Diga	36
4 Planirane hidrotehičke građevine u području Donje Neretve	38
4.1 Pokretna brana i brodska prevodnica na Neretvi.....	38
4.2 Sustav odvodnje područja Vidrice - izgradnja sifona ispod Male Neretve.....	47
5 Zaključak	54
Popis literature	55
Popis slika	56
Popis tablica	60
Prilozi	61

1 Donja Neretva i njena problematika

Donja Neretva predstavlja ravničarsko područje koje počinje nizvodno od Počitelja u Bosni i Hercegovini, a gdje rijeka Neretva izlazi iz kanjonskoga dijela i prelazi u nizinski tok. Ovdje rijeka gubi svoj brzi planinski karakter i postaje mirnija, što omogućuje stvaranje široke i plodne aluvijalne doline. Nizvodno od Gabele, Neretva dodatno usporava i smiruje se, čime omogućuje formiranje brojnih meandara koji su nekada bili posebno izraženi u ovom području. Iako kroz Hrvatsku protječe samo 22 km od svojih ukupno 225 km, Neretva ima veliki utjecaj na gospodarstvo i ekosustav cijele regije. Tla u delti Neretve nastala su taloženjem riječnog nanosa i materijala ispiranoga s brdovitih krških područja u slivu rijeke, što čini ovu dolinu jednom od najplodnijih u regiji. Rijeka Neretva, sa svojim specifičnim hidrografskim karakteristikama, igra ključnu ulogu u oblikovanju prirodnog krajolika i podržavanju gospodarskog razvoja ovoga područja.

U donjem toku, unutar Hrvatske, rijeka se Neretva razdvaja na nekoliko manjih tokova stvarajući deltu koja obuhvaća oko 12.000 hektara (120 kvadratnih kilometara). Tijekom stoljeća, brojni su naponi uloženi kako bi se močvarna dolina pretvorila u plodno poljoprivredno zemljište; npr. melioracijski i hidrotehnički zahvati. Ovi zahvati značajno su smanjili broj nekadašnjih tokova rijeke: sa 12 na samo tri glavna. Unatoč ovim promjenama, dijelovi mediteranske močvare sačuvani su i danas zaštićeni kao ornitološki i ihtiološki rezervati, kao i prirodni krajolici, predstavljajući jedan od posljednjih takvih ekosustava u Europi.

Prvotnih 12 tokova bili su: Jasenica, Matica, Vranjak, Vidra, Stara Neretva, Mlinište, Čemernica, Dračevac, Modrič, Slivno, Norin i Opuzen. Nakon provedenih melioracijskih i hidrotehničkih zahvata preostala su tri glavna toka: Neretva, Mala Neretva i Norin. Ovi preostali vodotoci i dalje igraju ključnu ulogu u održavanju ekološke ravnoteže delte Neretve podržavajući bogatu bioraznolikost i omogućujući opstanak rijetkih i ugroženih vrsta. Ostatak delte intenzivno se koristi za poljoprivrednu proizvodnju.

Jedni od svjedoka teškog života nekadašnjih stanovnika doline Neretve poljoprivredne su površine ispresijecane kanalima, poznatima kao jendeci (slika 1). Jendeci su rezultat procesa zvanog jendečenje u kojem se ručno, uz korištenje posebnih motika s dugim drškama i velikih lopata zvanih badilji, pretvaralo do tada neupotrebljivo močvarno tlo u obradivo zemljište. Ovaj proces može se smatrati oblikom primitivne melioracije. Jendečenje se obično obavljalo u jesen ili rano proljeće kada je vegetacija bila u mirovanju. Kopanjem močvarnog tla iz vode nastajali bi kanali koji su se protezali okomito na tok rijeke. Obično su imali dubinu od 1,5 do 2 metra, širinu od 2 do 6 metara i dužinu oko 200 metara. Rezultat ovog procesa bio je uzdizanje površine između dva jendeka za oko 80 centimetara što je omogućavalo zaštitu usjeva od plime i oseke dok je zemljište ostajalo bogato vodom. Time su se, osim uz neposredni rub doline, obradive površine proširile i dublje u nekadašnju močvaru, što je potaknulo daljnji razvoj poljoprivrede i poboljšanje životnih uvjeta tadašnjih Neretvana. Nakon Drugog svjetskog rata,

u procesu jendečenja ljudsku radnu snagu zamijenila je mehanizacija koja je odigrala ključnu ulogu u melioraciji velikih močvarnih površina, osobito na području nizvodno od Metkovića. Prvi zapisi o sustavnom melioracijskom uređenju delte Neretve potječu s kraja 17. stoljeća. Od tada su provedeni mnogi hidrotehnički zahvati stvarajući krajolik nalik polderskim područjima u Europi. Ove promjene, zajedno s modernizacijom poljoprivrede i uvođenjem novih kultura, dovele su do brzih društveno-ekonomskih promjena i povećanja životnoga standarda stanovništva.



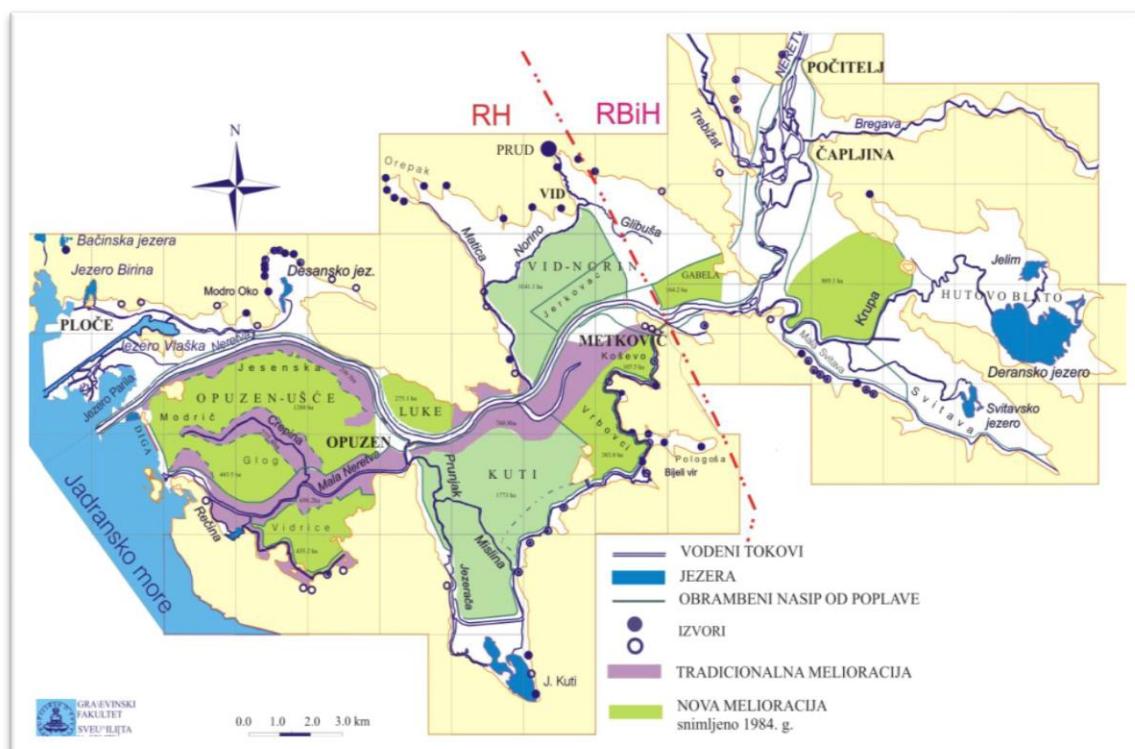
Slika 1: Primjer jendeka

Donja Neretva obuhvaća slivno područje rijeke Neretve od državne granice uzvodno od Metkovića do mora, površine oko 11.000 ha. Odvodnja unutrašnjih voda se provodi kontinuiranim crpljenjem, a navodnjavanje je samo djelomično riješeno. Na području Donje Neretve izgrađeno je šest melioracijskih sustava sa uređenim sustavima unutarnje odvodnje. Ukupna meliorirana bruto površina iznosi 3.605 ha, sa uključenim površinama i vodnih građevina za zaštitu od vanjskih voda, kanalskom mrežom I. - IV. reda, a neto obradive meliorirane površine iznose 2.794 ha. Poljoprivreda je sada ključna gospodarska grana ovoga područja osiguravajući egzistenciju za više od 30 tisuća ljudi.

Dolina se sastoji od nekoliko melioracijskih područja s različitim karakteristikama i statusom (slika 2):

- **Vid – Norin:** Bruto površine od oko 1.970 ha, od čega je 1.300 ha za poljoprivrednu proizvodnju. Prema trenutnim prostornim planovima, melioracija u ovom području nije predviđena.

-
- **Koševo – Vrbovci:** Ovaj sustav, jedan od prvih izgrađenih za melioraciju, obuhvaća oko 1.290 ha. Ima izgrađen sustav obrane od poplava i sustav odvodnje za 616 ha bruto, odnosno 405 ha neto. Ostale su površine indirektno uključene u sustav odvodnje.
 - **Kuti:** Bruto površina iznosi oko 2.600 ha od kojih je planirano meliorirati oko 1.800 ha. Time bi se dobilo oko 1.250 ha neto površine za poljoprivredni uzgoj. Predviđena je i značajna površina za ptičji i riblji rezervat. Izgradnja je započela 1978. godine, prekinuta 1980., nastavljena 1986., i ponovo prekinuta 1990. godine. Dovršena je prva faza izgradnje glavnih kanala za odvodnju. Prema važećim prostornim planovima, melioracija nije predviđena.
 - **Luke:** Bruto površina iznosi oko 300 ha, od čega je 270 ha u državnom vlasništvu, dok je 210 ha u sustavu obrane od poplava i odvodnje. Građevinski radovi na izgradnji melioracijskih objekata trajali su 1948.-1953. Područje je trenutno u prilično zapuštenom stanju.
 - **Opuzen – Ušće:** Bruto površine od oko 3.100 ha, od čega je 2.100 ha u državnom vlasništvu, dok je neto površina 1.720 ha. Ovo područje je zahtjevalo primjenjivanje najsloženijih hidrotehničkih i melioracijskih zahvata. Odmah nakon što je završen projekt melioracija 1963. godine krenulo se u realizaciju zahvata za zaštitu od poplava, navodnjavanje i odvodnju. Uz ustavu na ušću Male Neretve ključni objekt zaštite lijevog zaobalja rijeke Neretve od prodora mora je morski nasip - Diga. Radovi na njegovoj izgradnji započeli su 1966. godine, a završeni su 1969. godine. Po dovršetku izgradnje nasipa počelo se s isušivanjem područja Opuzen - Ušće te izgradnjom mreže odvodnih kanala s crpnim stanicama. Na kruni nasipa izgrađena je asfaltirana prometnica, a na strani nasipa koja je pod direktnim utjecajem morskih valova postavljeni su krupniji kameni blokovi radi njegove zaštite.
 - **Vidrice:** Bruto površina iznosi oko 500 ha od kojih je 384 ha u državnom vlasništvu. Privedeno je kulturi u razdoblju od 1974. do 1980. godine kada je provedena etapna gradnja objekata obrane od poplava i objekata odvodnje.
 - **Parila, Rogotin i Desne:** Područja obuhvaćaju 1.700 ha istočno od luke Ploče, a za njih još nije određena namjena. Mnogi dijelovi, uključujući Desne (koje je zaštićeno), i dalje su netaknuta priroda.



Slika 2: Podjela područja Donje Neretve na melioracijske zone (Izvor: [6] Mijo Vranješ: Održivo gospodarenje vodama u slivu Neretve i Trebišnjice, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije - FGAG, 2017.)

Prirodne vrijednosti i raznovrsnost staništa u delti Neretve, kao i uporaba zemljišta za poljoprivredne svrhe, uvelike ovise o vodnom režimu toga područja koji je pod snažnim utjecajem rijeke Neretve. Mnogi krški vodeni tokovi unutar sliva donose znatne količine svježe vode u dolinu puneći vodonosnike, ponajviše tijekom zimskih mjeseci. Osim rijeke, na deltu značajan utjecaj ima i more. Zbog specifične hidrogeologije morska voda prodire u površinske i podzemne tokove, a posebno u samu rijeku Neretvu. U manje vodotoke slanost dolazi iz slanih izvora smještenih na rubu doline, kao i iz vodonosnika u kojem je voda slana, osobito u dubljim slojevima.

Hidrološko stanje na području delte Neretve dodatno se zakompliciralo brojnim hidrotehničkim zahvatima i objektima (poput hidroelektrana i akumulacijskih jezera) u gornjem toku rijeke, tj. u Bosni i Hercegovini. Ovi zahvati značajno utječu na vodni režim doline pridonoseći povećanom prodoru morske vode u unutrašnjost i posljedičnom zaslanjivanju podzemnih voda. Akumulacijska jezera, koja zadržavaju velike količine slatke vode u gornjem toku rijeke, smanjuju prirodni protok vode prema nizvodnim dijelovima. Time se smanjuje i pritisak koji slatka voda stvara prema moru. To smanjenje protoka omogućuje morskoj vodi da lakše prodire uzvodno, čak i u podzemne slojeve tla.

Dodatni problem nastaje kada hidroelektrane privremeno zadržavaju vodu, primjerice za punjenje akumulacije ili prilagodbu proizvodnje električne energije. Taj postupak uzrokuje pad vodostaja nizvodno, što omogućuje morskoj vodi da prodre dublje u riječni tok i podzemne vode. Ove oscilacije u vodostaju često rezultiraju češćim i dubljim prodorima morske vode, što dodatno pogoršava stanje podzemnih i površinskih voda u delti.

Navodnjavanje, koje je ključno za poljoprivrednu proizvodnju u ovom području, također igra ulogu u ovom procesu. Kada se zaslanjena voda koristi za navodnjavanje, dolazi do tzv. "sekundarnog zaslanjivanja" tj. zaslanjivanja uzrokovanog ljudskim aktivnostima, što postupno degradira kvalitetu tla. To ne samo da negativno utječe na ekološku ravnotežu područja, već ima i ozbiljne ekonomske posljedice za poljoprivrednike jer smanjena plodnost tla smanjuje prinos usjeva i povećava troškove proizvodnje.

Dugoročne posljedice ovakvih promjena u hidrologiji mogu se odraziti na cijeli ekosustav delte Neretve narušavajući bioraznolikost i uvjete za opstanak brojnih vrsta koje ovise o specifičnim uvjetima slatkovodnih staništa. Osim toga, sve izraženije promjene u vodnom režimu mogu dodatno povećati rizik od poplava, što dodatno ugrožava lokalnu zajednicu i poljoprivrednu proizvodnju. Uzimajući u obzir sve ove čimbenike, jasno je da je održivo upravljanje vodnim resursima ključno za očuvanje ekološke stabilnosti i dugoročnu održivost poljoprivrede u delti Neretve.

U posljednjih nekoliko godina na tom su području provedena opsežna istraživanja s ciljem agro-ekološke procjene stanja uključujući detaljno pedološko kartiranje, praćenje zaslanjivanja vode i tla te utvrđivanje razine onečišćenosti tla i recentnih nanosa teškim metalima. Istraživanja su pokazala da zaslanjivanje tla u Donjoj Neretvi nastaje na tri glavna načina: iznošenjem dubokih zaslanjenih sedimenata na površinu tijekom formiranja poljoprivrednih parcela, kapilarnim podizanjem slane vode unutar tla te navodnjavanjem zaslanjenom vodom.

2 Metode i tehnike utvrđivanja razine zaslanjenosti

2.1 Općenito o zaslanjivanju tla i utjecaju mora na donji tok rijeke Neretve

Zaslanjivanje tla proces je u kojem u određenim dijelovima tla dolazi do nakupljanja lako topljivih soli, poput klorida, sulfata, karbonata i bikarbonata kalcija, magnezija, natrija i kalija. Ovaj proces postaje problematičan kada koncentracija soli u zoni korijena biljaka postane dovoljno visoka da ometa apsorpciju vode, što rezultira smanjenjem prinosa. Dugoročno, zaslanjivanje dovodi do degradacije produktivnih poljoprivrednih površina.

Zbog složenosti problema zaslanjivanja, procjena rizika od degradacije tla zahtjeva uzimanje u obzir mnogih pokazatelja koji uključuju promjene fizikalnih i kemijskih svojstava tla: vodni stres kod biljaka, potencijalno toksične učinke soli te moguće povećanje dostupnosti teških metala.

Kako bi se standardiziralo mjerenje zaslanjenosti tla i uspostavile referentne vrijednosti, zaslanjenost se obično izražava kao elektrolitička vodljivost saturacijskoga vodnog ekstrakta tla (ECe) u decisiemensima po metru (dS/m). Ovaj pokazatelj temelji se na pretpostavci da biljke reagiraju primarno na ukupnu koncentraciju soli, a ne na specifične ione. Prema kriterijima U.S. Salinity Laboratory, tlo se smatra zaslanjenim kada ECe prelazi vrijednost od 4 dS/m.

Važno je napomenuti da je zaslanjenost tla linearno povezana s prinosom poljoprivrednih kultura pa se procjena zaslanjenosti tla često temelji na njenom utjecaju na prinose različitih kultura.

Zaslanjivanje tla povezano je s različitim prostornim karakteristikama kao što su nadmorska visina, razina podzemne vode, tekstura tla, sastav matičnoga supstrata i geološka struktura. Sustavna istraživanja problema zaslanjivanja tla i voda u Donjoj Neretvi provode se već dugi niz godina.

Zaslanjivanje površinskoga sloja tla pokazuje veliku prostornu varijabilnost, kao i izraženi sezonski karakter s pojavom visokih razina zaslanjenosti tla u relativno kratkim periodima. Istraživanja uključuju terenske analize te primjenu naprednih tehnika poput daljinskoga snimanja i geostatističke obrade. Također su provedena istraživanja utjecaja soli na uzgajane kulture u rizosferi. Na temelju ovih istraživanja, postavljeni su kriteriji za maksimalne koncentracije soli u tlu za uspješan uzgoj poljoprivrednih kultura u Donjoj Neretvi.

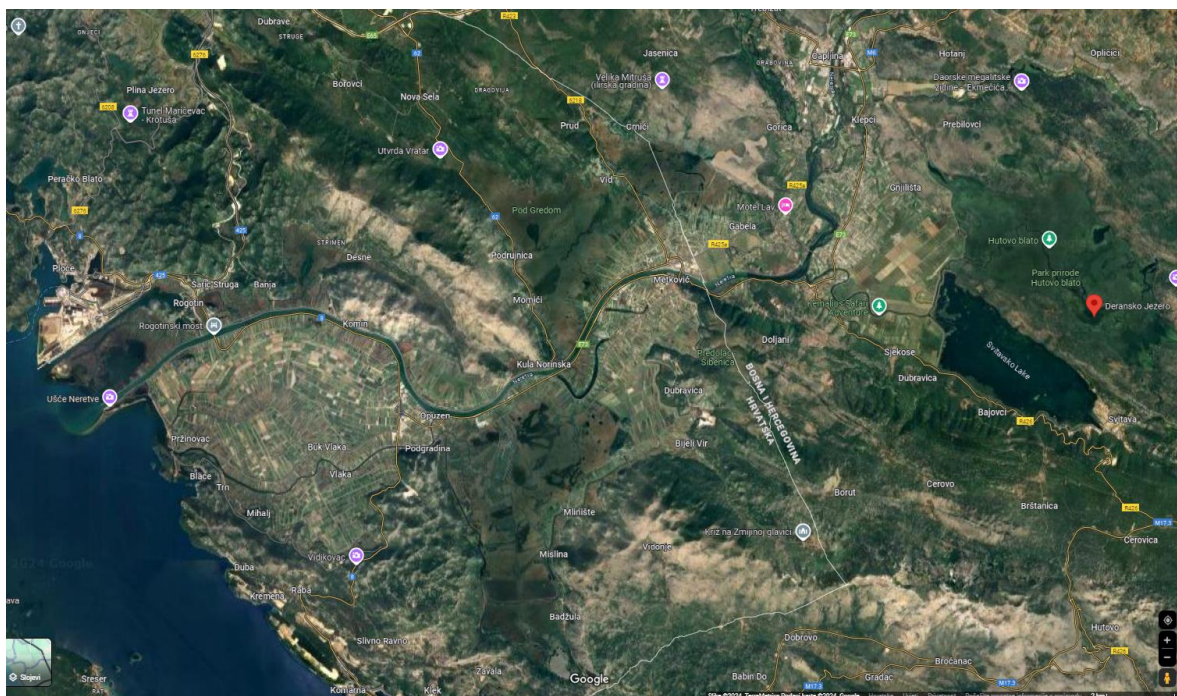
Preporučena granica osjetljivosti kultura na stres soli postavljena je na 2 dS/m, iako neki izvori navode višu granicu od 4 dS/m.

Prve veće promjene u donjoj Neretvi nastale su regulacijskim zahvatima izvedenim krajem prošlog stoljeća u svrhu osiguranja brodske plovidbe rijekom Neretvom od mora do luke Metković. Regulacijom rijeke Neretve, produbljenjem njenog korita pojačan je ulazak mora duboko u kopno.

U području gdje rijeka Neretva utječe u more, morske mijene i valovi imaju značajan utjecaj na tok rijeke. Promjene u razini mora direktno utječu na vodostaj u rijeci, što dovodi do promjena u protoku vode unutar rijeke zbog promjenjivih uvjeta na mjestu gdje se rijeka spaja s morem.

Jedna od važnih posljedica ovog fenomena je pojava stratifikacije vode u donjem toku Neretve. Zbog razlike u gustoći između slatke riječne vode i slane morske vode, često dolazi do situacije u kojoj se slana voda nalazi u donjem sloju, dok slatka voda teče iznad nje. Ova stratifikacija može biti posebno izražena ljeti kada je stabilna i može dovesti do formiranja haloklina, sloja u kojem se koncentracija soli brzo mijenja s dubinom.

Utjecaj mora na rijeku Neretvu osjeća se daleko uzvodno, sve do grada Metkovića. U slučaju visokih plima i kada rijeka Neretva ima smanjeni dotok vode iz svog gornjeg toka, utjecaj mora može se proširiti još dalje, do mjesta Gabela u Bosni i Hercegovini. U takvim uvjetima, zna doći do povremenog prodora morske vode u unutrašnje močvare poput Svitavskog-Deranskog Blata (slika 3) kroz ušće rijeke Krupe.



Slika 3: Lokacija Svitavsko-Deranskog Blata (Izvor: [Google maps])

Zimi, kada je protok vode u rijeci Neretvi velik zbog povećanih dotoka iz uzvodnih dijelova sliva, slana voda biva gotovo potpuno istisnuta iz korita rijeke. Promjene razine mora, koje su uzrokovane plimom i osekom, kao i vjetrom koji podiže razinu mora uz obalu, zajedno s morskim valovima, mogu stvoriti vrlo teške uvjete za tečenje rijeke na ušću.

Trajanje plime i oseke u Jadranskom moru varira između 10 i 15 sati, s prosječnim trajanjem od oko 12 sati. Ove promjene razine mora uzrokuju promjene vodostaja u rijeci, pri čemu se ove oscilacije šire koritom Neretve brzinom od oko 8 metara u sekundi, bilo uzvodno ili

nizvodno, ovisno o tome je li plima ili oseka. Najveći utjecaj vjetra na razinu mora doseže amplitudu od oko 0,5 metara, dok razlika između maksimalne i minimalne razine mora može doseći 1,9 metara.

Za vrijeme plime pri malim protocima osjeća se lagano tečenje vode od mora uzvodno. U ranijim razdobljima tijekom i prije sredine prošlog stoljeća dok se nije korito Neretve zapunilo nanosom oko Metkovića na vodomjeru Metković, pri malim protocima i za vrijeme plime, je bila niža razina vode nego li u moru. Korito rijeke dosta je duboko, naročito u blizini ušća (9 do 10 m). U takvim prilikama teža morska voda se uvlači u unutrašnjost korita ispod lakše vode rijeke Neretve. Ovo je naročito snažno u fazi nadolaska plime. U prirodnom stanju prije melioracija područja Ušće-Opuzen more je prodiralo i kroz ogranke delte Neretve čime je zaslanjivano tlo i podzemna voda na tom području. U sadašnjem stanju, nakon melioracije i zatvaranja Male Neretve ustavama, u površinske tokove morska voda prodire samo kroz korito Neretve i širi se, ovisno o dotoku s uzvodnog dijela sliva sve do Metkovića i Gabele. Cikličke izmjene razine na ušću u koritu rijeke uzrokuju neprekidne promjene vodostaja i, u superpoziciji s nestacionarnim tokom koji dolazi s uzvodnoga kraja, predstavljaju veliku opasnost po stabilnost obala i samoga korita.

Intenzivna poljoprivredna proizvodnja zahtjeva velike količine vode za zalijevanje i navodnjavanje koje su u sadašnjim uvjetima ograničene. Kako je rijeka Neretva zaslanjena iznad dozvoljenih vrijednosti, voda iz njezinoga toka ne može se uzimati. Tek negdje uzvodnije od Metkovića moguće je koristiti se vodom za vrijeme kad je protok rijeke uzvodnog područja nešto veći i suzbija klin slane vode prema ušću. Međutim, u ljetnim mjesecima kada je i najveća potreba za navodnjavanjem, sama je rijeka više zaslanjena zbog slabijeg dotoka s uzvodnoga dijela (smanjena količina padalina, visoke temperature i isparavanje, zadržavanje vode u akumulacijama). Iz toga se razloga već ranije spomenuta Mala Neretva, uz Crepinu (slika 4), sa svojom kanalskom mrežom uzima kao slatkovodni bazen.



Slika 4: Lokacija Crepine sa svojom kanalskom mrežom (Izvor: [Google maps])

Za vrijeme jače kiše osim efektivne oborine u kanale dotječe i dio vode iz dubokih aluvijalnih slojeva. To je posebice bitno u sušnom razdoblju ljetnih mjeseci kada nije u pitanju odvodnja oborinske vode, već je potrebno održavati odgovarajuće vodostaje u kanalima kako bi se spriječilo pretvaranje niskih dijelova terena u močvaru i prodor izuzetno mineralizirane vode u površinski obradivi sloj tla. Pri tome je nužno provoditi osvježavanje slatkom vodom, koja nije zaslanjena, površinskoga sloja tla na širokom području melioriranih površina. U ljetnom razdoblju treba osigurati vertikalno kretanje vlage i vode prema dolje u gornjem sloju tla. Prodor morske vode seže duboko u područje kroz rijeku Neretvu i kroz duboke aluvijalne slojeve što potvrđuju i zaslanjeni izvori po rubu doline udaljenom od morske obale i do 25 kilometara.

Geomorfologija delte rijeke Neretve također igra ključnu ulogu u procesu zaslanjivanja. Delta Neretve nizinski je teren s mnogo kanala, jezera i močvara, koji omogućuju lako prodiranje morske vode u unutrašnjost. Također, zbog maloga pada terena u delti, rijeka ima manju brzinu toka, što olakšava miješanje slatke i slane vode. Prisutnost mnogih rukavaca i kanala dodatno povećava mogućnost infiltracije morske vode.

Kao što je ranije spomenuto, tijekom ljeta rijeka Neretva prolazi kroz period smanjenoga protoka, tj. razine vodostaja, zbog manjka padalina i povećanoga isparavanja. U takvim uvjetima prirodni protok rijeke postaje preslab da bi se učinkovito suprotstavio prodoru morske vode koja prodire uzvodno zbog plimnih ciklusa. Kada morska voda uđe u riječna korita, povećava koncentraciju soli čineći vodu neprikladnom za poljoprivredu i piće.

2.2 Hidrološka analiza podataka postaje Opuzen u razdoblju 1991.-2021.

Postaja Opuzen smještena je na strateškoj poziciji u blizini grada Opuzena (slika 5, slika 6) te kontinuirano bilježi podatke o vodostaju što omogućuje pravovremeno praćenje sezonskih i vremenskih fluktuacija, kao i utjecaja plime i oseke. U funkciji je od 1887. iako zabilježena mjerenja postoje od 1936. do danas izuzev 1944. godinu.



Slika 5: Lokacija mjerne postaje Opuzen (žuta oznaka) (Izvor: DHMZ)

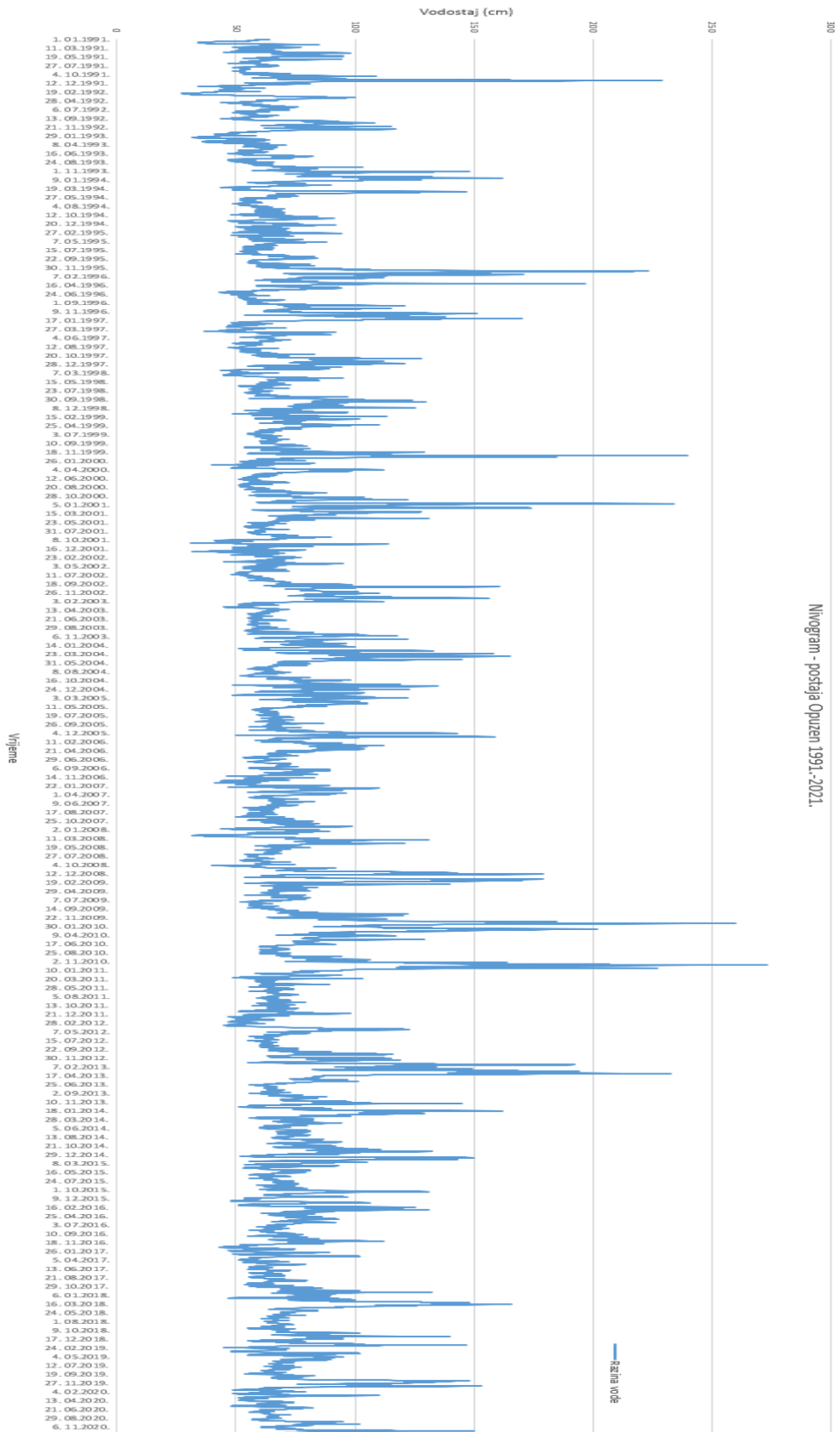
Korištenjem podataka dnevnog vodostaja sa stranica sektora za hidrologiju Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) odrađena je detaljna analiza fluktuacija razine vode rijeke Neretve na mornoj postaji Opuzen. Analizirane su ekstremne vrijednosti mjerodavnog raspona od 30 godina kako bi se stekao dojam trenutnog stanja vodostaja rijeke Neretve i mogućeg utjecaja na dolinu Donje Neretve. Podaci protoka nisu dostupni za preuzimanje zbog blizine ušća od 11,75km gdje dolazi do protoka u oba smjera ovisno o vodostaju. Točni protoci se dobivaju veoma kompleksnim postupkom interpolacije, uzimanjem u obzir svih poznatih mjerenja i podataka, ali to nije predmet analize ovog rada.



Slika 6: Mjerna postaja Opuzen (Izvor: DHMZ)

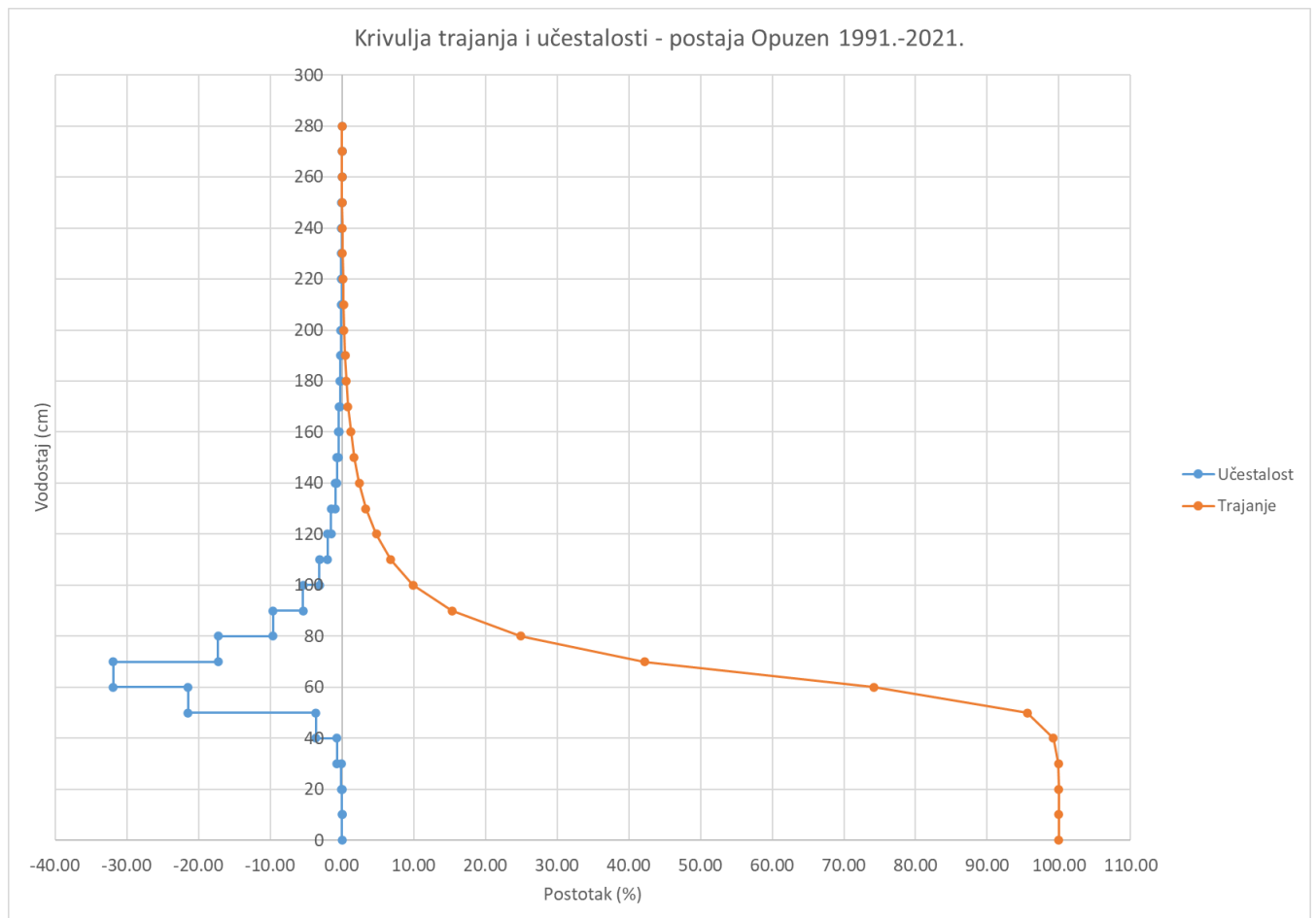
U poglavlju „Prilozi“ na kraju teksta prikazani su nivogrami (s izraženim ekstremnim vrijednostima) s postaje Opuzen iz razdoblja 1991. – 2021. (slike 44-73) koji jasno pokazuju kako u ljetnim mjesecima vodostaj rijeke Neretve opada, a samim time raste potreba za kvalitetnim rješenjem za sprječavanje intruzije morske vode. Upravo opisana sezonalnost se ne može utvrditi sa stopostotnom točnošću jer ovisi o puno faktora kao što su temperatura, količina padalina, ljudski utjecaj na vodnim objektima, ali u većini godina prati prethodno navedenu strukturu.

Na slici broj 7 prikazan je cjelokupni nivogram s podacima za tridesetogodišnji period 1991.-2021. gdje je vidljivo relativno „pravilno“ ponašanje razine vodostaja osim kod ekstremnih vrijednosti, maksimuma, koji se ističu.



Slika 7: Nivoogram mjerne postaje Opuzen za period 1991.-2021.

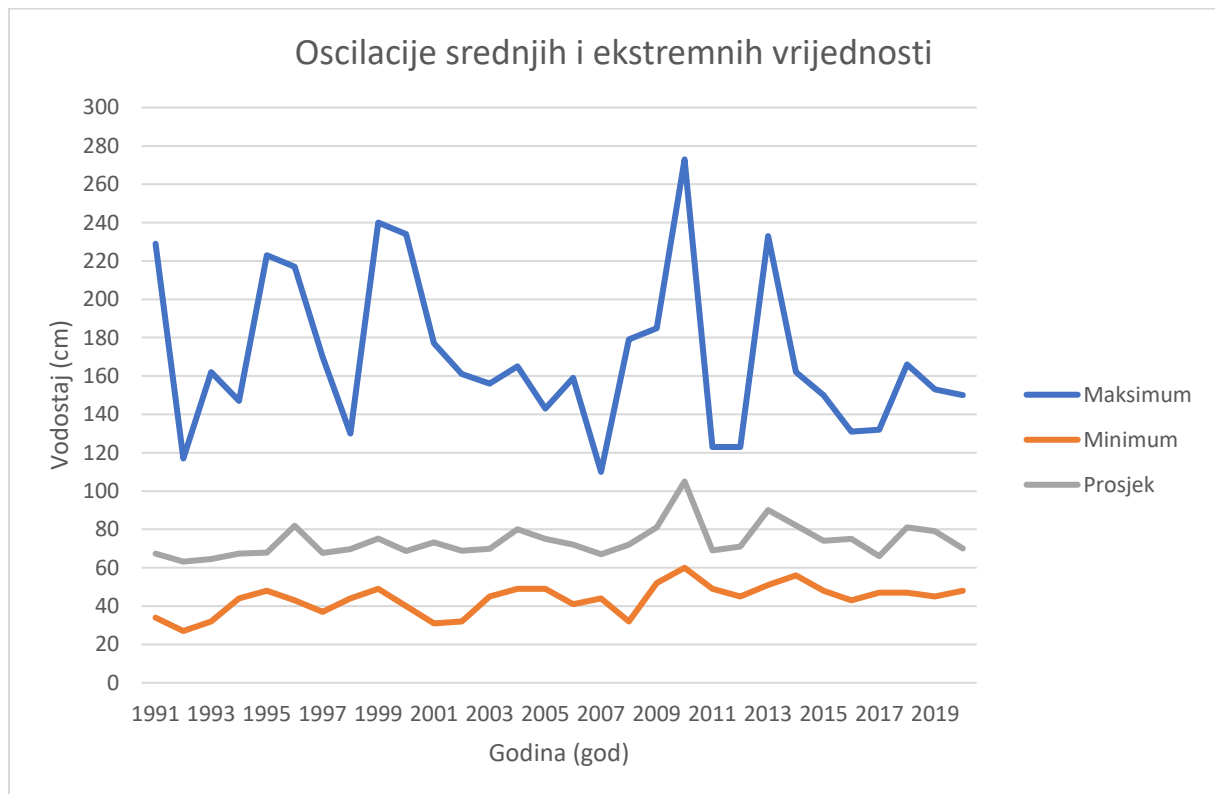
Kota nule vodomjera nalazi se na -0,180 metara nad morem, a u nastavku su prikazane krivulja učestalosti i trajanja analiziranog perioda (slika 8).



Slika 8: Krivulja učestalosti i trajanja za mjernu postaju Opuzen u periodu 1991.-2021.

Razredi su podijeljeni u intervale od 10cm do maksimalne zabilježene vrijednosti, u analiziranih 30 godina od 273cm kako bi se što točnije prikazala raspodjela mjerenih vrijednosti. Vidljivo je da većina zabilježenih vodostaja spada u kategoriju od 50cm do 100cm prema mjerenjima, preko 90% zabilježenih vrijednosti. Mali vodostaji (0cm-40cm) zabilježeni su u 0,78% mjerenih razina dok su veliki vodostaju (100+cm) zabilježeni u 9,93% slučajeva. Krenemo li malo detaljnije analizirati „ekstremne“ maksimalne vrijednosti, može se primjetiti da su one iznad 140cm zabilježene u 2,39%, a iznad 180cm u samo 0,63% mjerenja. Male vrijednosti u intervalu od 0cm-20cm nisu zabilježene nijednom u predmetnom periodu, ali je minimalna vrijednost ikad izmjerena na ovoj postaji iznosila 4cm dana 15.12.1973. godine dok je najveća vrijednost ikad izmjerena baš u ovom periodu, 273cm dana 2.12.2010. godine.

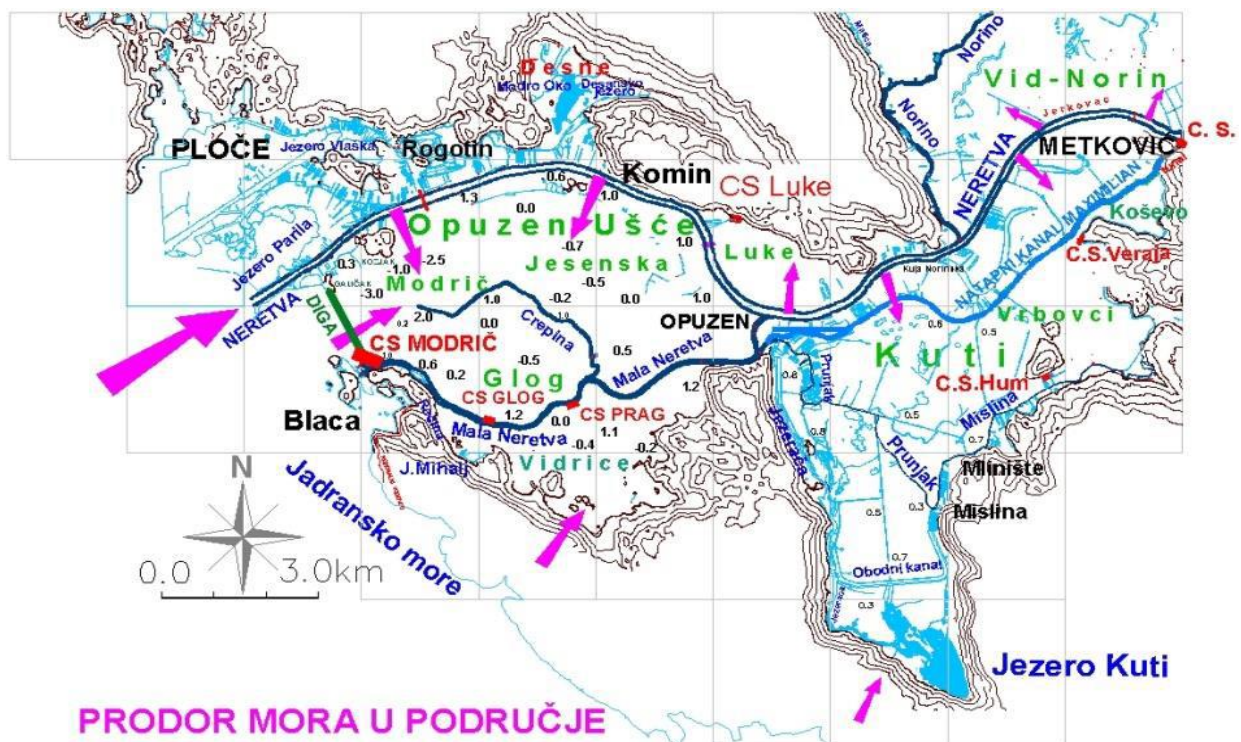
Dalje je prikazan graf (slika 9) koji pokazuje oscilacije ekstremnih vrijednosti - maksimuma u odnosu na srednje vrijednosti i ekstremne vrijednosti - minimuma. Grafički prikaz ukazuje na male oscilacije kod minimuma i srednje vrijednosti koje se kreću unutar prethodno određena četiri razreda (40cm) dok maksimumi znatno variraju od najmanjeg 2007. godine - 110cm do najvećeg ikad zabilježenog 273cm samo par godine kasnije, 2012.



Slika 9: Oscilacije srednjih i ekstremnih vrijednosti zabilježenih na mjernejoj postaji Opuzen u periodu 1991.-2021.

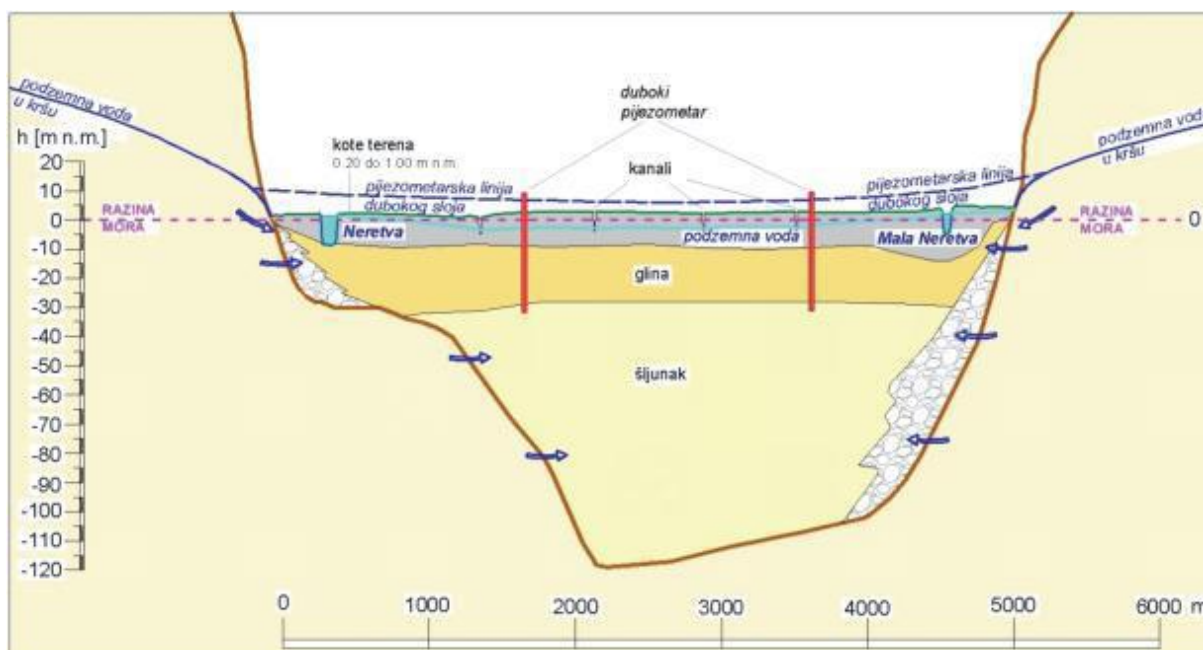
2.3 Monitoring zaslanjivanja vode i tla Donje Neretve

Proces zaslanjivanja područja donje Neretve odvija se na više načina i iz različitih smjerova (Slika 10). Glavni uzrok ulaska soli je prodor slanog klina uzvodno rijekom, koji se događa kada protok Neretve u Metkoviću padne ispod $350 \text{ m}^3/\text{s}$ tijekom razdoblja od 3 do 4 dana. U takvim uvjetima smanjenog protoka, morska voda se podiže uzvodno i miješa se sa slatkom vodom, što rezultira zaslanjenjem rijeke i okolnog tla. Međutim, tijekom razdoblja visokih vodostaja, poput srednjih ili poplavnih voda, slani klin biva potisnut nizvodno iz rijeke, čime se privremeno smanjuje zaslanjenost.



Slika 10: Proces zaslanjivanja u donjoj Neretvi (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)

Slane vode uzduž korita Neretve stvaraju bočni pritisak na podzemne vode (slika 11). Taj negativan utjecaj je posebno izražen na lijevoj obali Neretve, gdje se nalazi većina obradivog poljoprivrednog zemljišta. Na melioriranim površinama, kontinuirano crpljenje podzemnih voda snižava razine vodnog lica u kanalima za odvodnju na vrijednosti između $-1,60$ i $-2,80$ m.n.m. Ovaj pad razine stvara protok vode iz dubljih, zaslanjenih slojeva prema površini. Kao rezultat, voda u odvodnim kanalima postaje zaslanjena, a njeno korištenje za navodnjavanje dodatno doprinosi zaslanjivanju poljoprivrednih tla, što negativno utječe na njihovu plodnost.



Slika 38

Slika 11: Zaslanjivanje područja iz podzemlja (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)

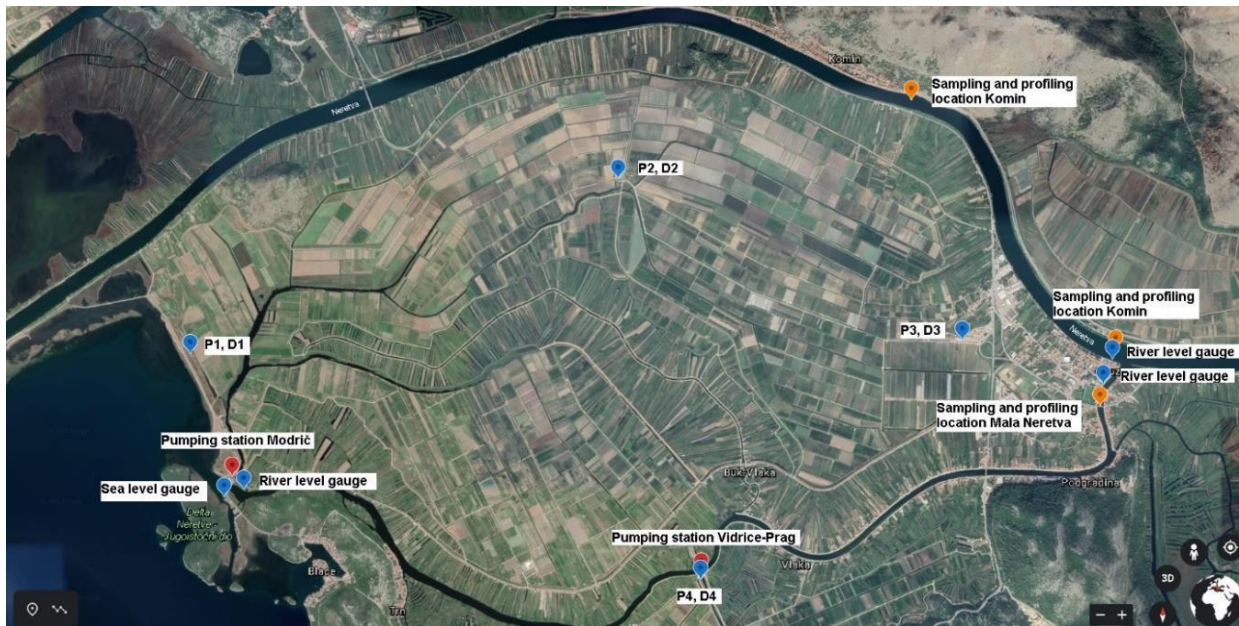
Istraživanje kakvoće vode u dolini Neretve započelo je 1938. godine, s posebnim fokusom tijekom priprema FAO projekta melioracija neretvanskih blatija 60-ih godina prošlog stoljeća. Iako su tada prepoznati problemi zaslanjenja, procesi prodora mora i zaslanjenja područja nisu bili potpuno razjašnjeni.

Problematika zaslanjenja površinskih i podzemnih voda te tla dovela je do pokretanja programa istraživanja kakvoće vode i tla. Sustavna mjerenja započela su 1996./1997. godine kroz istraživački projekt Zavoda za melioracije Agronomskog fakulteta iz Zagreba. Iako su rezultati prvotnih jednokratnih uzorkovanja bili ograničeni, usmjerili su razvoj monitoringa kakav imamo danas, uz stalna poboljšanja i nadogradnje. Od 2001. godine, istraživanje je prošireno na 20 lokacija s mjesečnim uzorkovanjem vode i tla. Monitoring je proveden u sljedećim razdobljima: 1998. – 2003., 2001. – 2004., 2005. – 2009., 2009. – 2013., 2014. – 2018. i 2019. – 2023., te će se nastaviti od 2024. do 2028. godine.

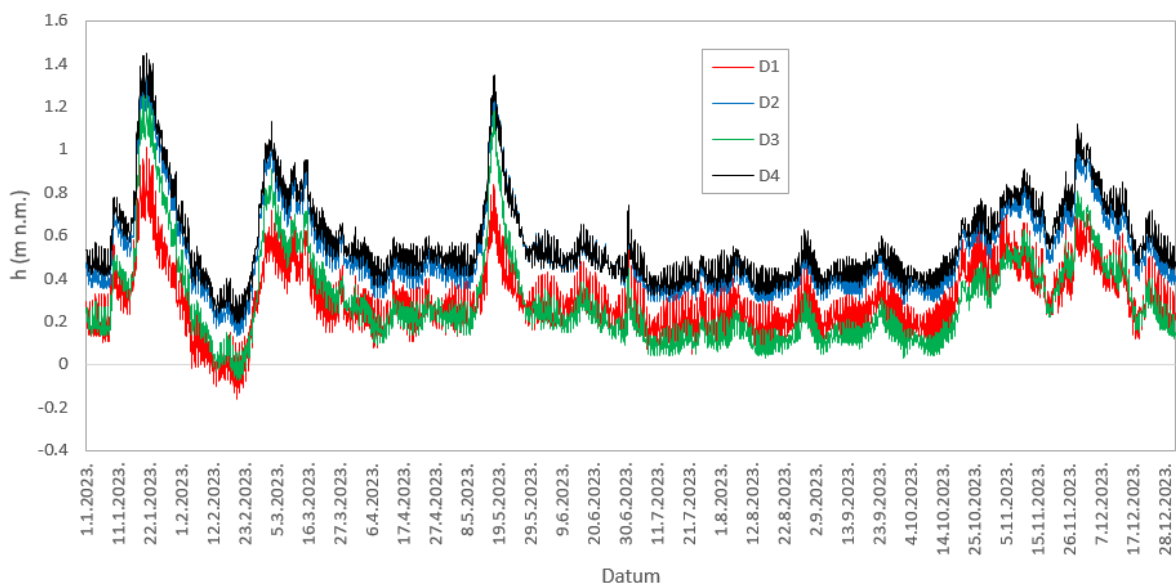
Za razdoblje 2019. – 2023., monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala u dolini Neretve (slika 12) provodili su Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu, prema ugovoru s Hrvatskim vodama. Ciljevi monitoringa uključuju uspostavu sustavnog rasporeda uzorkovanja tla, podzemnih voda iz piezometara, površinskih voda iz glavnih i lateralnih kanala, te rijeke Neretve i njezinog rukavca Male Neretve. Praćenje odabranih kemijskih i fizikalnih pokazatelja omogućuje utvrđivanje trenutnog stanja i indikatora zaslanjivanja u tlu i vodi.

Tijekom razdoblja 2019. – 2023. godine dio monitoringa stanja površinskih i podzemnih voda proveden je od strane djelatnika Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije (Izv. prof. dr. sc. Veljko Srzić , prof. dr. sc. Mijo Vranješ i suradnici), prema sljedećem:

- Na sondama postavljenim unutar plitkih (oznake P1, P2, P3 i P4) i dubokih piezometara (D1, D2, D3 i D4) kontinuirano je mjeren vremenski niz pijezometarskih stanja u piezometrima čime je dobiven uvid u vremenske oscilacije vodnog lica na satnoj skali (*Slika 13*).
- Unutar tijela novih plitkih (P1, P2, P3 i P4) i dubokih piezometara (D1, D2, D3 i D4), šest puta za vrijeme svake od pet ugovornih godina vršeno je uzorkovanje vode za potrebe laboratorijske analize izuzetih uzoraka.
- Unutar tijela novih plitkih i dubokih piezometara, šest puta tijekom svake od pet ugovornih godina obavljano je profiliranje parametara temperature, elektrovodljivosti i pH vrijednosti po dubini stupca vode, u vrijeme kada su izuzimani uzorci za potrebe provedbe laboratorijskih analiza.
- Na površinskim tokovima Neretva (profili Opuzen i Komin) i Mala Neretva (profil most Podgradina), šest puta tijekom svake od pet projektnih godina obavljano je profiliranje parametara temperature, elektrovodljivosti i pH vrijednosti po dubini stupca vode;
- Na spomenutim profilima izuzeti su uzorci površinskih voda po dubini s ciljem laboratorijske obrade istih;
- Nizvodno od nizvodne ustave na Maloj Neretvi na mareografu je obavljano bilježenje morske razine na satnoj skali;
- Na Neretvi na profilu Opuzen obavljano je bilježenje razine vodnoga lica vodotoka Neretva na satnoj skali.



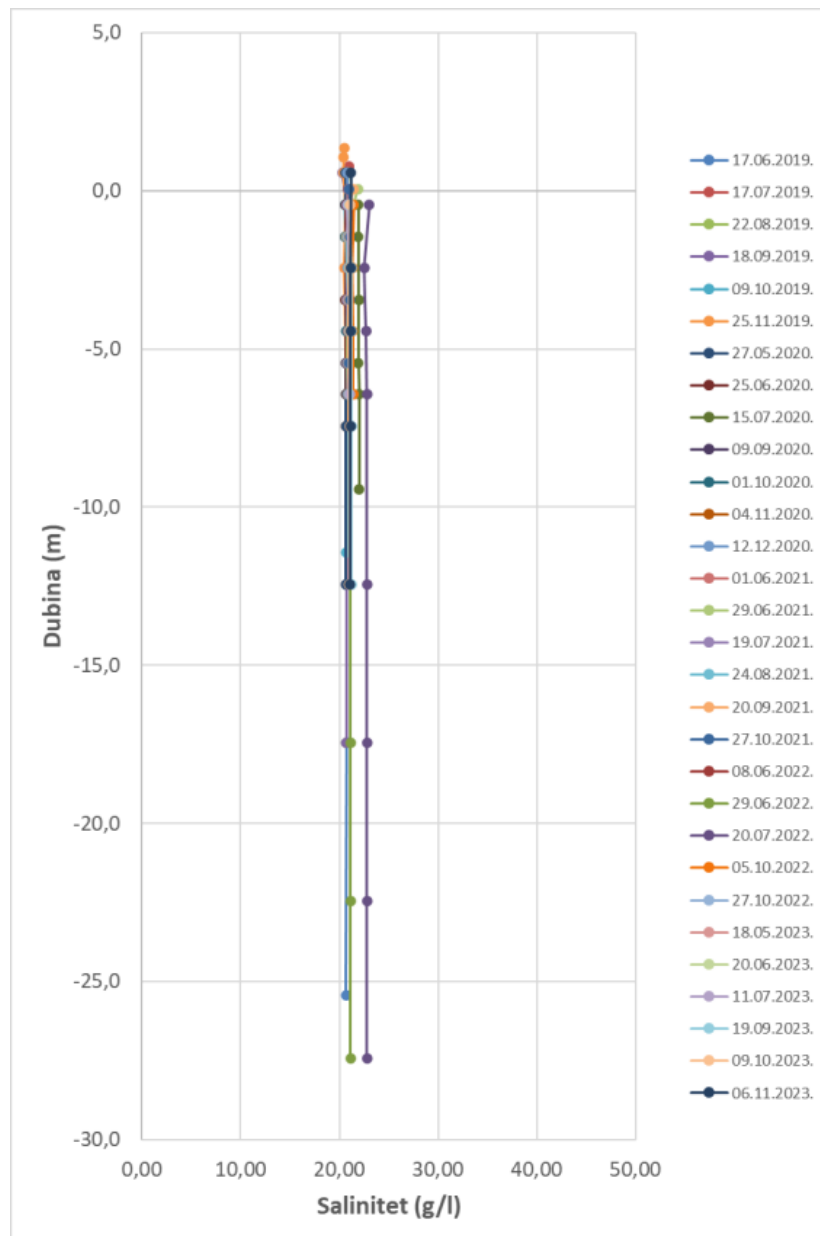
Slika 12: Situacijski prikaz lokacija monitoringa površinskih i podzemnih voda u obuhvatu donja Neretva korištenih tijekom izvještajnog razdoblja 2019.-2023. godine (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)



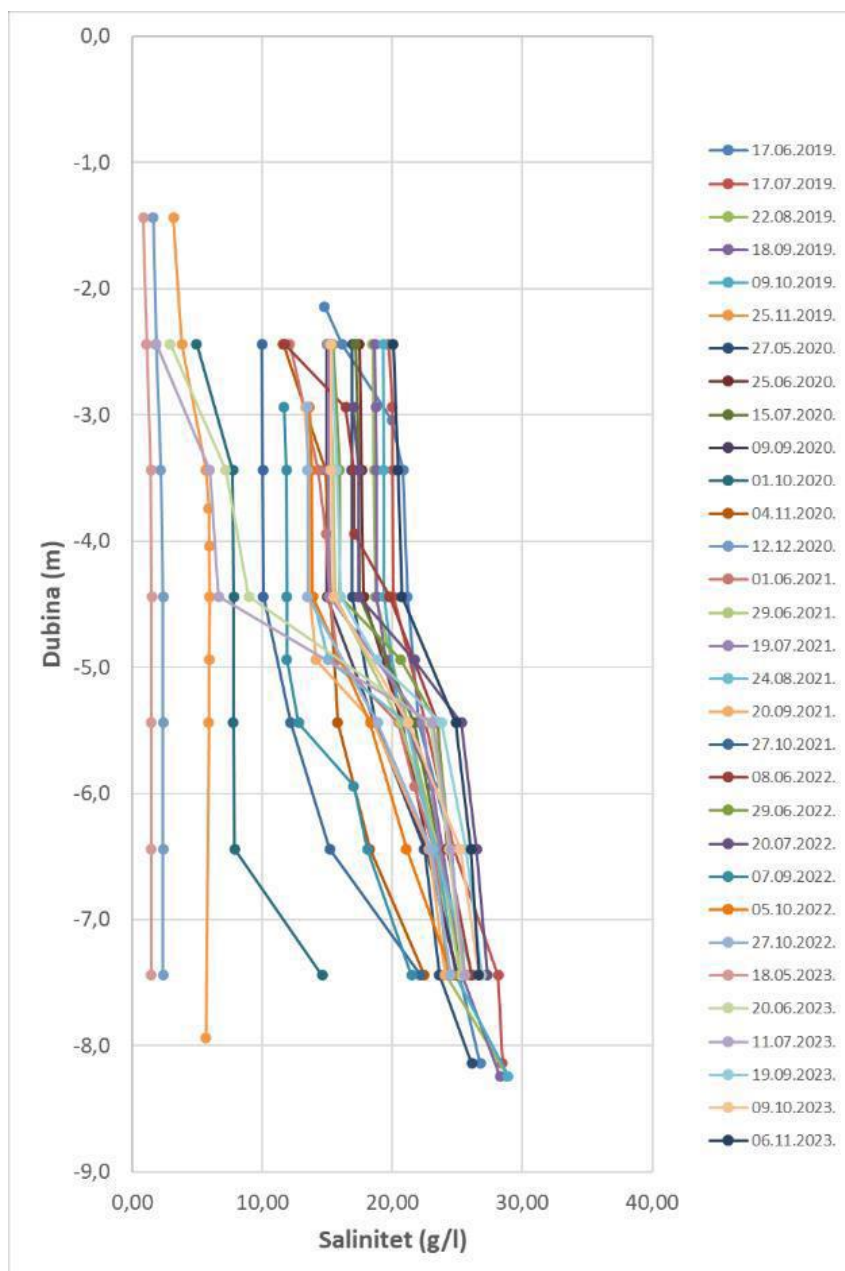
Slika 13: Prikaz pijezometrijskih stanja zabilježenih na sondama unutar dubokih novih pijezometara D1, D2, D3 i D4 za 2023. Godinu (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)

Profiliranje podzemnih voda za razdoblje 2019. – 2023. godine provedeno je u šest termina između svibnja i studenoga svake godine, koristeći mjernu sondu SEBA KLL Q-2. Gustoća uzorkovanja po dubini prilagođava se na terenu prema utvrđenoj stratifikaciji varijabli.

Primjer rezultata profila slanosti podzemnih voda, prikupljenih iz dubokih i plitkih piezometara na lokaciji D2, P2 (Monitoring postaja Meteorološka postaja Jasenska) tijekom petogodišnjeg razdoblja, prikazan je na slikama 14 i 15.



Slika 14: Profil slanosti podzemne vode u tijelu piezometra oznake D2 za razdoblje 2019. – 2023. (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)



Slika 15: Profil slanosti podzemne vode u tijelu piezometra oznake P2 za razdoblje 2019. – 2023. (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)

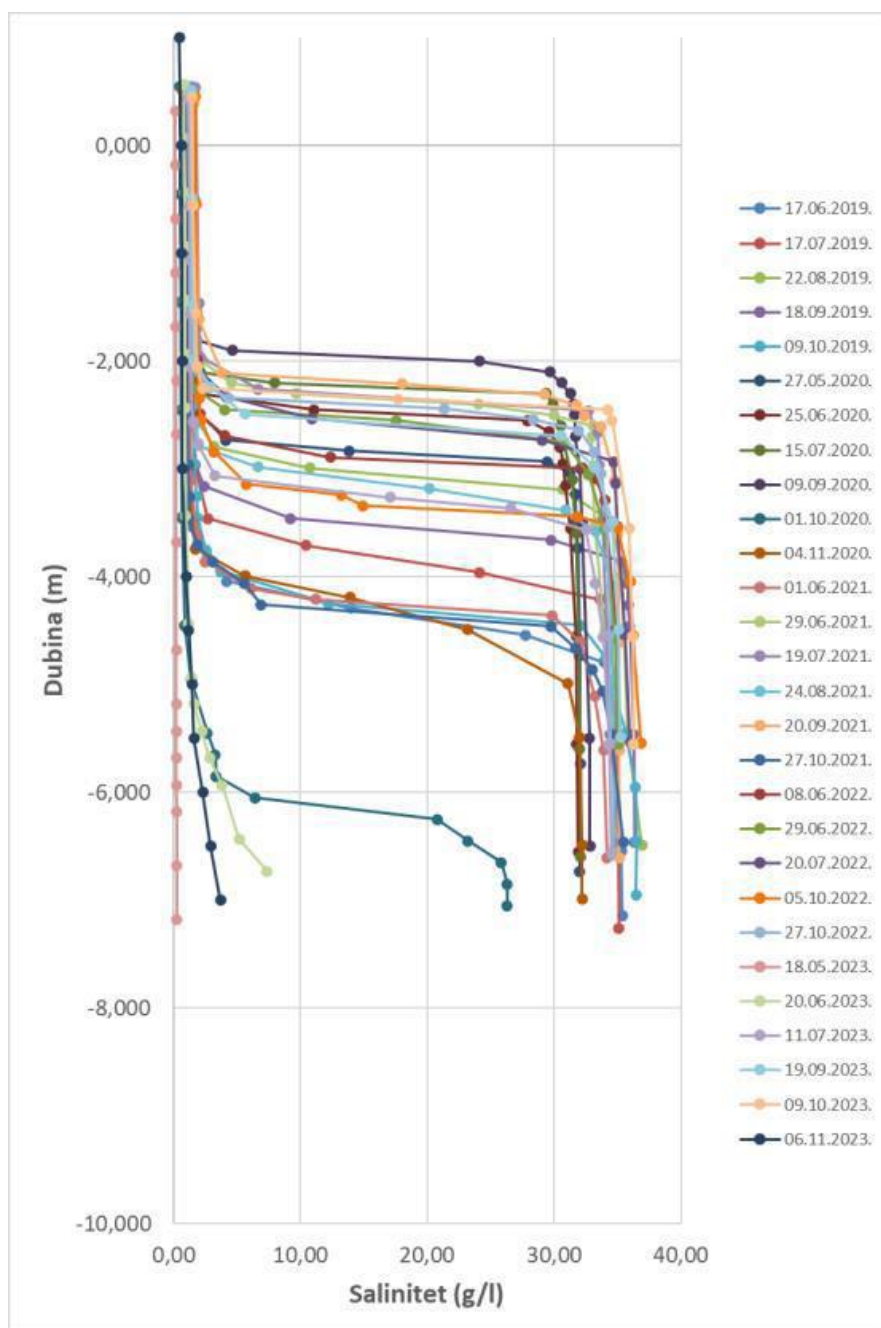


Slika 16: Piezometri P2, D2, automatska meteorološka postaja Jasenska (Izvor: DHMZ)

Profiliranja podzemnih voda za razdoblje 2019. – 2023. godine provedena su u šest termina između svibnja i studenoga svake godine, koristeći mjerna sonda SEBA KLL Q-2. Kod površinskih voda, stratifikacija gustoće (slanosti) u stupcu vode evidentirana je tijekom svih šest profiliranja unutar godine. Na profilu Opuzen (slika 17), prijelaz iz slatke u slanu vodu detektiran je na dubini između 2,00 i 6,00 m.

Rezultati prikazuju da su dva glavna faktora odgovorna za zapažene promjene:

- Prirodni režim protoka rijeke Neretve s kojim Kada protok rijeke raste, slani klin unutar korita rijeke postaje manje izražen.;
- Utjecaj plimnih ciklusa: promjene između plime i oseke, utječu na pomak slanog klina prema moru i njegovu dublju penetraciju uzvodno.



Slika 17: Profili slanosti stupca vode na profilu Neretva-Opuzen 2019.-2023. (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)

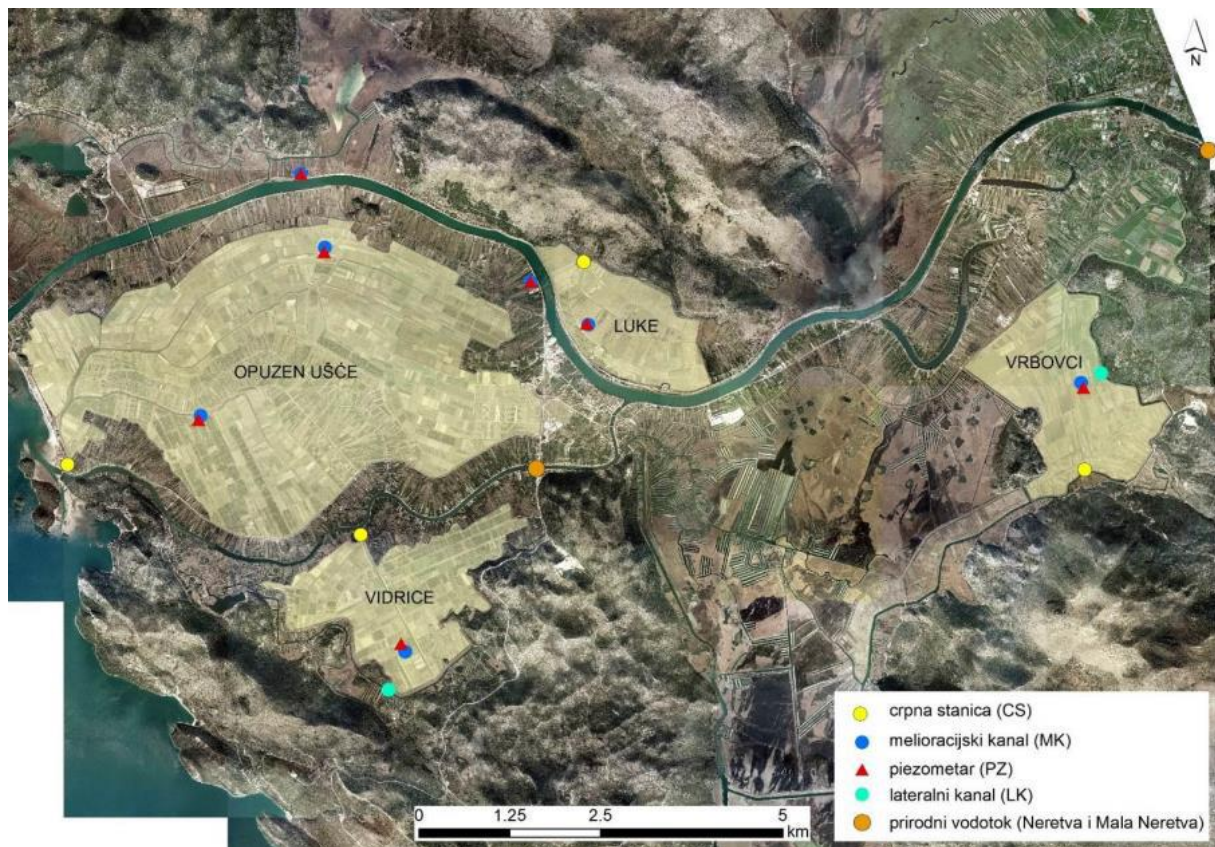
Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala u dolini Neretve za razdoblje 2019. – 2023. godine provodio je Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Davora Romića, izv. prof. dr. sc. Monike Zovko, dr. sc. Marka Reljića, doc. dr. sc. Marine Bubalo Kovačić i suradnika. Obuhvaćena su šest melioracijskih područja (slika 18) u donjem toku Neretve, koja su identificirana kao područja najvećeg rizika od zaslanjivanja na temelju prethodnih istraživanja.

Monitoring je uspostavljen na melioracijskim područjima Vrbovci, Luke, Vidrice, Opuzen ušće i Komin, s fokusom na rijeku Neretvu i Malu Neretvu za praćenje kvalitete površinskih voda. Plan monitoringa uključivao je:

- Mjesečno uzorkovanje i ispitivanje površinskih voda na 15 lokacija.
- Mjesečno uzorkovanje i ispitivanje podzemnih voda na sedam lokacija (plitki piezometri Pz-1 do Pz-7, do dubine od 4 m), smještenih u blizini postaja monitoringa tla.

Parametri koji se ispituju uključuju:

- Površinske i podzemne vode: pH, salinitet (EC_w), hranjive tvari (NO₃, NO₂, NH₄, ortofosfati, K, HCO₃), specifične tvari za identifikaciju slane vode (Ca, Mg, Cl, SO₄, Na), te ukupni organski ugljik (TOC).
- Tlo: Električna vodljivost vodenog ekstrakta tla (EC_e) kao ključni pokazatelj. Tla se klasificiraju prema EC_e vrijednostima: EC_e < 2 dS/m (nezaslanjena), 2 do 8 dS/m (zaslanjena), > 8 dS/m (slana).



Slika 18: mjerne postaje (salinitet i hranjive tvari) površinskih voda, podzemnih voda (iz plitkih piezometara) i tla istraživačkog monitoringa zaslanjivanja vode i tla u dolini Neretve 2019.-2023. (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)



Slika 19: Monitoring tla i plitki piezometar ,P3/Pz3 (Izvor: DHMZ)



Slika 20: Monitoring tla i plitki piezometar ,P3/Pz3 (Izvor: DHMZ)

Podaci sa postaje monitoringa P-3, smještene na parceli za intenzivan uzgoj mandarina u melioracijskom području Vidrice, prikazani su na slikama 19 i 20. Praćeni parametri uključuju ECw za površinske i podzemne vode te ECe za tlo.

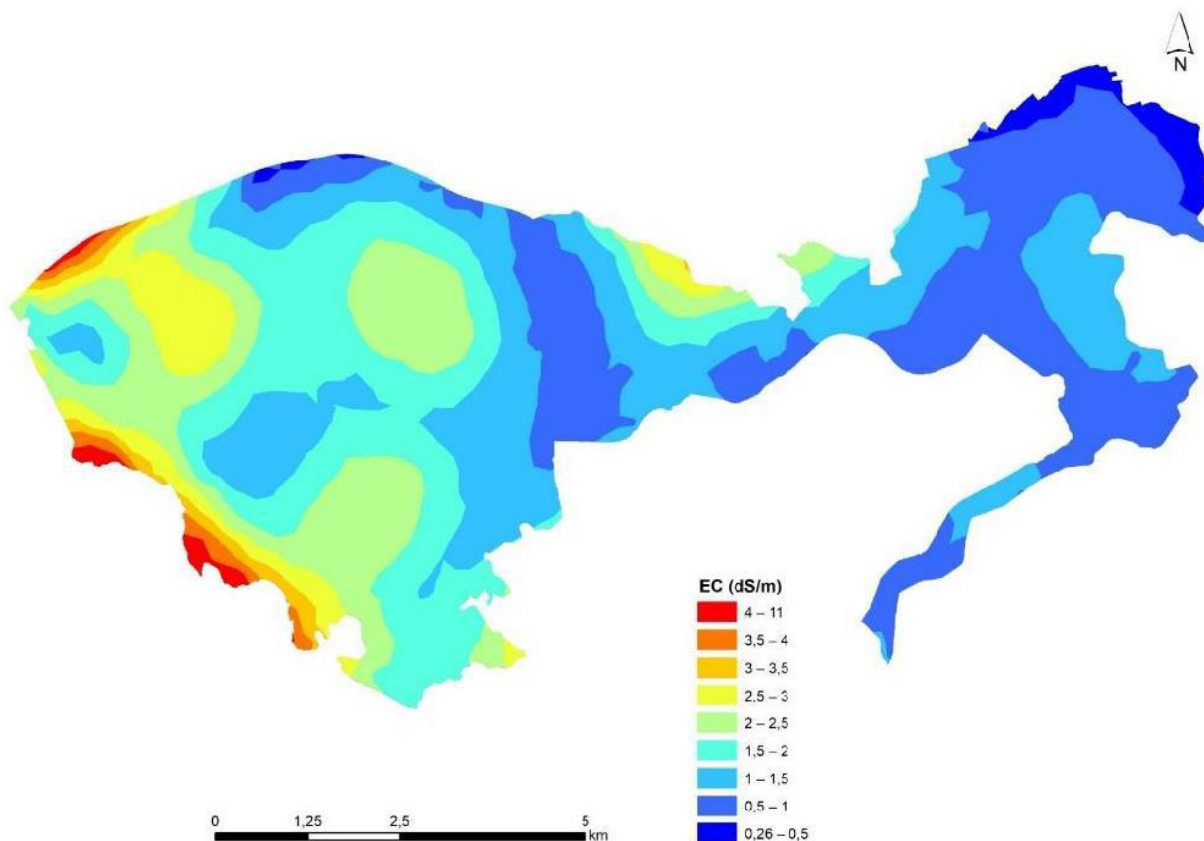
Prema prosječnim vrijednostima ECe u petogodišnjem razdoblju, tlo na postaji P-3 pokazuje zaslanjenje s prosječnom vrijednošću od 3,7 dS/m. Vrijednosti ECe su se kretale od 1,3 dS/m do 6,1 dS/m.

U melioracijskom području Vidrice, kvaliteta površinske vode mjerena je na dvjema lokacijama: crpnoj stanici Vidrice i melioracijskom kanalu Vidrice, s ukupno 60 uzoraka sa svake lokacije. U melioracijskom kanalu, minimalna vrijednost ECw bila je 0,84 dS/m, dok je maksimalna vrijednost u crpnoj stanici iznosila 7,3 dS/m. Prema klasifikaciji Rhoadesa i suradnika (1992), voda u obje lokacije može se klasificirati kao srednje zaslanjena.

Piezometar Pz3, instaliran na parceli s mandarinama u Vidricama, pružio je prosječnu vrijednost ECw od 10 dS/m, s rasponom od 4,7 dS/m do 21 dS/m. Prema istoj klasifikaciji, voda u ovom piezometru može se klasificirati kao srednje do jako zaslanjena.

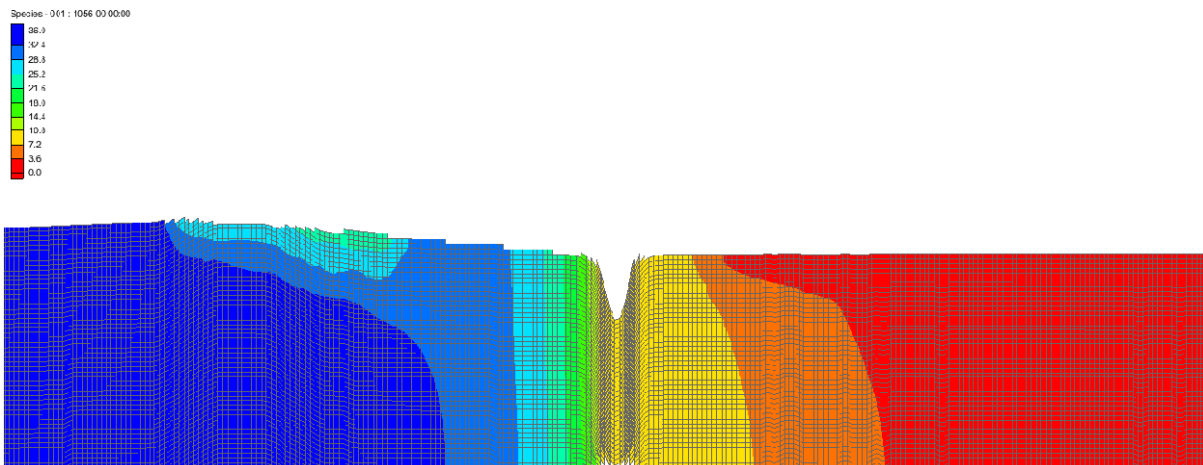
Rezultati monitoringa upućuju na potrebu za kontinuiranim praćenjem kvalitete podzemnih i površinskih voda. Na temelju podataka iz trenutnog ciklusa monitoringa, izrađen je novi, dopunjeni plan monitoringa za razdoblje 2024. – 2028. godine.

Višegodišnji monitoring pokazuje da se zaslanjivanje prostora donje Neretve pogoršava, a rizik od povećanja saliniteta dodatno se povećava zbog predviđenih klimatskih promjena, porasta razine mora, smanjenja oborina i sve učestalijih sušnih godina s povišenim temperaturama zraka.



Slika 21: Karta zaslanjivanja zemljišta u donjoj Neretvi (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)

Područje donje Neretve poznato je po prisustvu aktivne intruzije mora pri čemu glavninu režima podzemnih voda definiraju plima i oseka. Izražene razlike u toku podzemnih voda definirane su periodičnim izmjenama oseke i plime što za posljedicu ima i varijabilan maseni protok soli koji se intruzijom unosi u plitki vodonosni sloj (Slika 22).



Slika 22: Polje prostorne raspodjele koncentracije soli kroz Digu u stacionarnom stanju (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)

Monitoring postaja Meteorološka postaja Jasenska, zajedno s mjernom postajom na Digi, čini ključni dio sustava za praćenje podzemnih voda u gornjem vodonosnom sloju na području Opuzen Ušće. Lijeva obala rijeke Neretve nizvodno od Opuzena predstavlja jedinstvenu lokaciju za istraživanje fenomena intruzije morske vode.

Duboki piezometri jasno pokazuju dominantan utjecaj mora na stanje podzemnih voda. Pijezometarska očitavanja na svim dubokim piezometrima odražavaju signal morske razine, uz prisutnost smanjenja amplitude i kašnjenja signala koje je u skladu s udaljenošću od mora.

3 Postojeće stanje Donje Neretve

3.1 Ustave na Maloj Neretvi

Kako bi se pokušao smanjiti negativan utjecaj soli na ranije spomenute poljoprivredne površine, izgrađen je sustav ustava i brodskih prevodnica koji omogućuje stvaranje i održavanje slatkovodnoga bazena u Maloj Neretvi osiguravajući stabilan izvor slatke vode za navodnjavanje. Objekti su građeni tijekom 60-ih i 70-ih godina prošloga stoljeća. Ustave su strateški postavljene (slika 23) na Maloj Neretvi na ušću (slika 24, slika 25) i u blizini Opuzena (slika 26, slika 27). Njihova je primarna funkcija stvaranje barijere između slane morske vode i slatkovodnih tokova, čime se omogućava formiranje slatkovodnoga bazena u Maloj Neretvi.



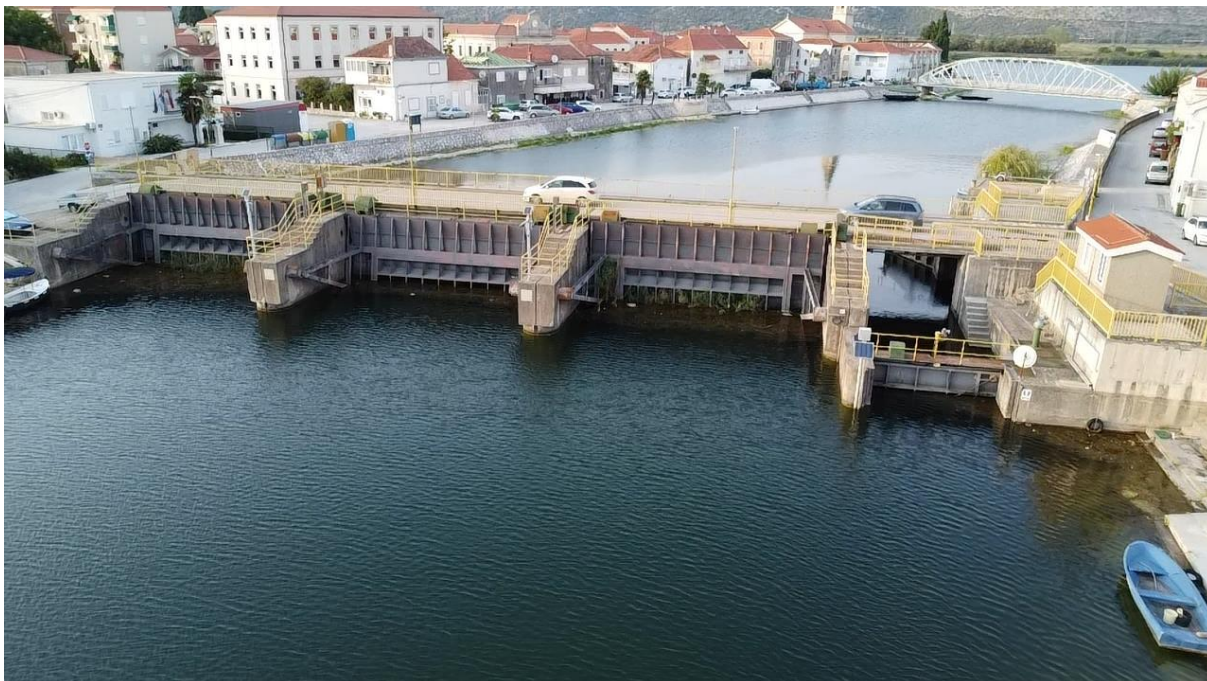
Slika 23: Lokacije ustava na Maloj Neretvi (Izvor: Google maps)



Slika 24: Ustave na ušću Male Neretve



Slika 25: Ustave na ušću Male Neretve



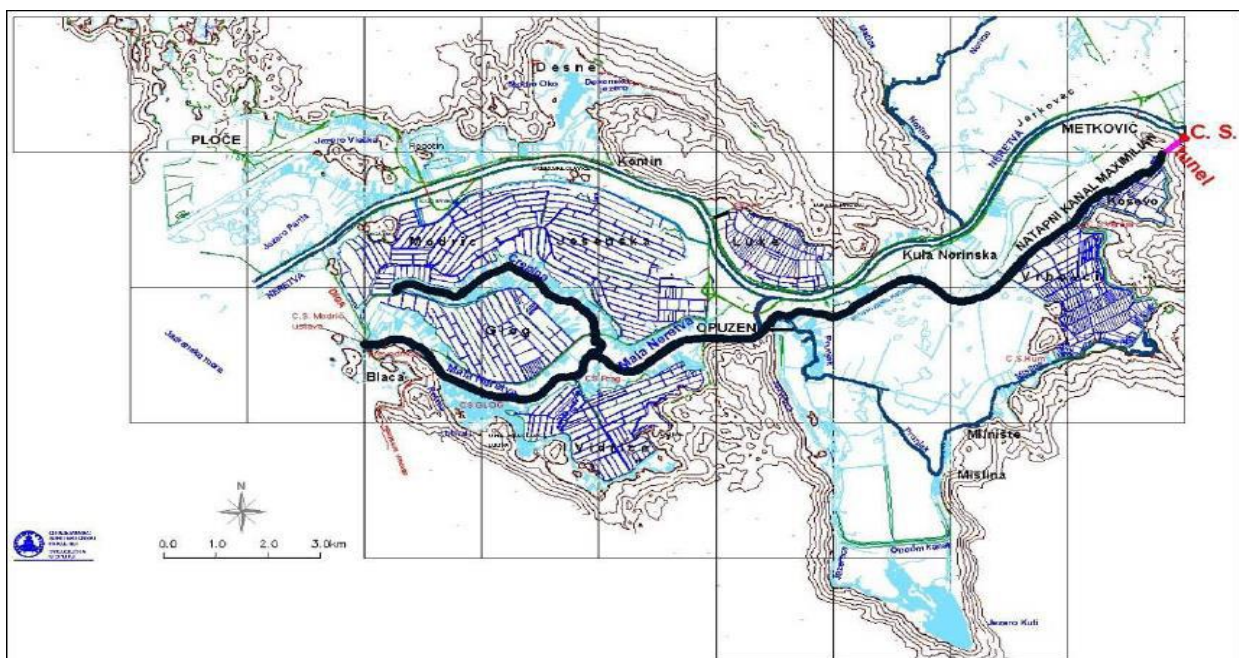
Slika 26: Ustave (s brodskom prevodnicom) na Maloj Neretvi kod Opuzena



Slika 27: Ustave (s brodskom prevodnicom) na Maloj Neretvi kod Opuzena

Postojeći sustav navodnjavanja predviđa dovođenje kvalitetne vode iz rijeke Neretve, uzvodno od Metkovića, do Male Neretve u Opuzenu kako bi se održao slatkovodni bazen površine oko 2.500 hektara i omogućilo navodnjavanje oko 3.600 hektara poljoprivrednih zemljišta putem tlačnih cjevovoda. Međutim, u praksi se pokazalo da koncept ispuštanja cjelokupne zahvaćene količine vode u korito Male Neretve nije efikasan i ima visoke operativne troškove, zadovoljavajući potrebe samo dijela poljoprivrednih površina. Od ukupno zahvaćenih 7,50 m³/s vode, samo manji dio, koji se usput i zaslani, dospije do Male Neretve. Voda koja je dopremljena dostupna je svima i može se koristiti bez ikakve kontrole, podložna je isparavanju i utjecaju slanih podzemnih voda te osjetljivom i nesigurnom upravljanju morskim ustavama.

Na slici u nastavku (Slika 28) prikazano je trenutno stanje sustava navodnjavanja donje Neretve. Glavna crpna stanica, zahvat vode za navodnjavanje, postavljena je na čelični ponton dimenzija 5,5x3,4m, izgrađena 1986. godine i njome se upravlja ručno iz trafostanice. Smještena je na teritoriju Bosne i Hercegovine na rijeci Neretvi, u blizini granice gdje više ne dolazi do znatnoga negativnog utjecaja vode zaslanjene morem. Hidrotehnički tunel duljine oko 500 m provodi vodu do glavnoga magistralnog kanala, a na svom izlazu ima građevinu za umirenje i razbijanje kinetičke energije vode. Tunel je probijen kroz stijenu, a stranice i dno su mu obloženi betonom. Sustav navodnjavanja počinje s radom sredinom lipnja i traje do kraja rujna, što je otprilike 110 dana. Prije nego što sustav počne raditi, kvaliteta vode u tom području mora biti odgovarajuća jer, u suprotnom, može biti potrebno više od 40 dana crpljenja kako bi se postigla potrebna kvaliteta, tj. kako bi se potisnula slana voda prema moru.



Slika 28: Postojeći sustav za navodnjavanje Donje Neretve (Izvor: [10] Domagoj Vranješ i suradnici: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Izmjena sustava navodnjavanja Donja Neretva, podsustav Opuzen - povećanje brodske prevodnice na mobilnoj pregradi na rijeci Neretvi, Vita projekt d.o.o., Zagreb, 2019.)

Elementi postojećega sustava za navodnjavanje su:

- Glavna crpna stanica kapaciteta 7,50 m³/s (slika 29)
- Hidrotehnički tunel duljine 500 m
- Glavni dovodni kanal duljine 10 km, trenutnog kapaciteta oko 5,0 m³/s (slika 30)
- Tlačni cjevovod duljine 30 km
- Tlačna crpna stanica kapaciteta 550 l/s
- Tlačna crpna stanica kapaciteta 200 l/s



Slika 29: Glavna crpna stanica u blizini granice Doljani na području BiH



Slika 30: Dio glavnoga dovodnog kanala prema Maloj Neretvi

Voda je dostupna svima posve nekontrolirano, prepuštena velikom isparavanju, utjecaju slanih podzemnih voda i osjetljivom i nesigurnom rukovanju morskim ustavama. Melioracija Neretve prvotno je Maloj Neretvi namijenila ulogu rasteretnoga kanala za velike vode Neretve, a kasnije je odlučeno da se u ljetnim mjesecima normalnih voda dvjema ustavama cijeli akvatorij Male Neretve pretvara u rezervoar slatke vode koja se skupila iz vlastitih izvora (vrlo mala količina) i crpljene vode za navodnjavanje. Dobra zamisao pokazala se teško ostvarivom zbog velikih troškova crpljenja i velike površine razlijevanja (oko 4.000 ha vodenih površina). Mala Neretva od izgradnje sustava (1968. – 1972.) do 1996. godine nije poslužila za ozbiljnije navodnjavanje. Navodnjavanje je omogućeno od 1987. godine, ali je u idućih 9 godina pokušavano samo triput s malo uspjeha zbog ranije spomenutih razloga.

Nakon 1995. godine sustav navodnjavanja u delti Neretve doživio je nekoliko značajnih promjena i poboljšanja s ciljem povećanja njegove učinkovitosti i pouzdanosti. Neke od glavnih promjena i poboljšanja uključuju:

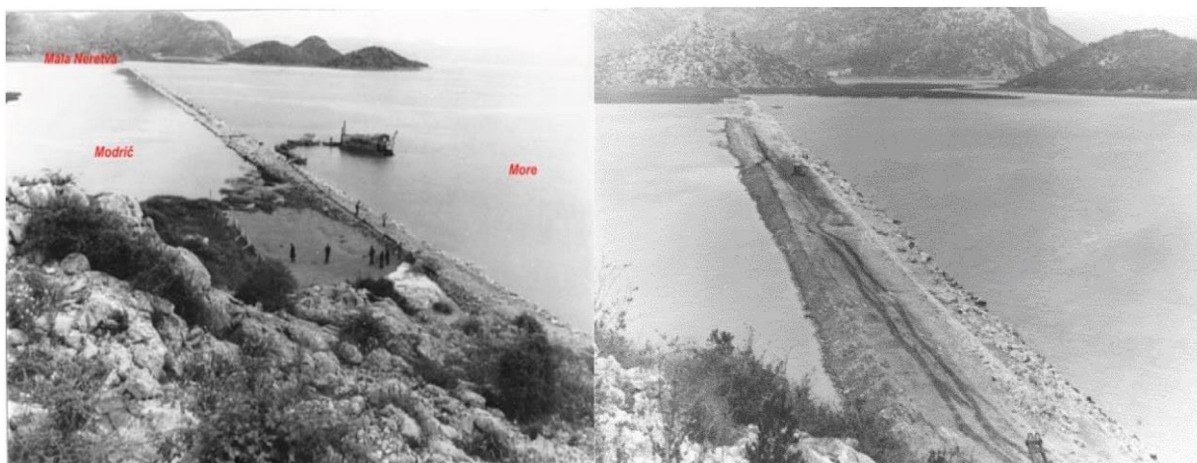
1. Rekonstrukcija i modernizacija infrastrukture : Mnogi su kanali, crpne stanice i sustavi za distribuciju vode, koji su bili u lošem stanju ili nedovoljno učinkoviti, obnovljeni ili nadograđeni. To je uključivalo popravak i zamjenu starih, dotrajalih sustava, čime se smanjio gubitak vode i poboljšala opskrba vodom.

-
2. Uvođenje novih tehnologija: S ciljem povećanja učinkovitosti navodnjavanja, uvedene su nove tehnologije poput sustava kap po kap i prskalice, koje omogućuju preciznije i ekonomičnije korištenje vode. Ovi sustavi smanjuju gubitke vode te omogućuju navodnjavanje većih površina uz manji utrošak resursa.
 3. Poboljšano upravljanje vodnim resursima: Uvedeni su bolji sustavi za upravljanje vodnim resursima, uključujući praćenje i kontrolu vodostaja, kvalitete vode i optimizaciju distribucije vode prema potrebama poljoprivrednika. To je pomoglo u smanjenju rizika od zaslanjivanja tla i degradacije kvalitete vode.
 4. Poticanje organiziranoga pristupa: Potaknuto je osnivanje udruga poljoprivrednika i kooperativa koje su imale ulogu u boljem upravljanju sustavom navodnjavanja i održavanju infrastrukture. Ovo je omogućilo efikasnije korištenje resursa i bolju koordinaciju između poljoprivrednika i lokalnih vlasti.
 5. Podrška iz fondova i projekata EU: Financijska sredstva iz europskih fondova i međunarodnih projekata omogućila su značajna ulaganja u modernizaciju i proširenje sustava navodnjavanja. To je uključivalo i edukaciju poljoprivrednika o najboljim praksama navodnjavanja i upravljanja vodnim resursima.
 6. Regulacija i zaštita vodnih resursa: Provedene su mjere za bolju regulaciju i zaštitu vodnih resursa, uključujući kontrole nad crpljenjem vode i mjere za sprječavanje onečišćenja. To je bilo ključno za dugoročno održavanje kvalitete vode i zaštitu okoliša.

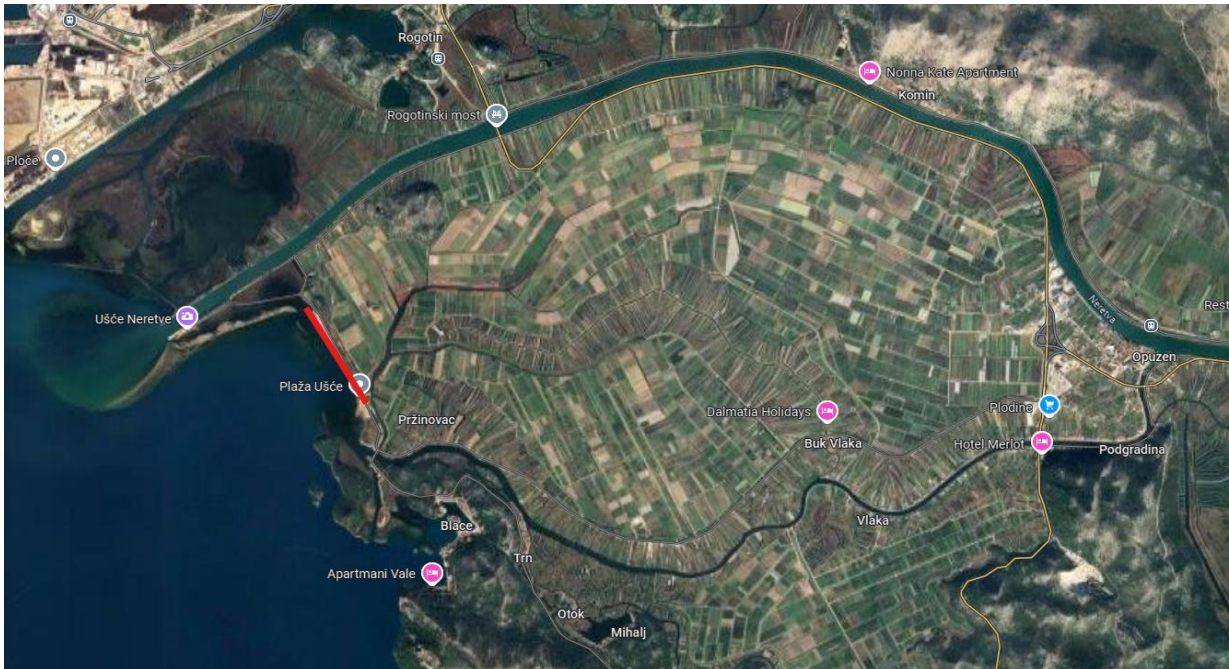
Ove promjene i poboljšanja doprinijele su boljoj učinkovitosti sustava navodnjavanja u delti Neretve, no izazovi poput zaslanjivanja tla, klimatskih promjena i fragmentacije zemljišta i dalje ostaju ključni problemi koji zahtijevaju kontinuirano upravljanje i daljnja ulaganja.

3.2 Nasip Diga

Granica između branjenih poljoprivrednih površina i mora je i morski nasip „Diga“ (slika 31, slika 32). Izgrađen je na temeljima stare austrijske kamene brane koja je služila usporenju tečenja voda koje su kolmirale močvaru. Nasip je izgrađen s ciljem zaštite od mogućih poplava koje nastaju uslijed utjecaja iz Jadranskog mora (naročito tijekom zimskih mjeseci kada su dotoci iz rijeke veliki, a razina mora može porasti zbog plime i jakih vjetrova), a također pomaže u kontroli prodora slane vode u poljoprivredna zemljišta i slatkovodne ekosustave. Kao što je ranije spomenuto u prvom poglavlju, nakon dovršenja izgradnje nasipa pristupilo se isušivanju područja Opuzen - Ušće, te izgradnji mreže odvodnih kanala s crpnim stanicama. Po kruni nasipa izgrađena je asfaltirana prometnica.



Slika 31: Fotografije izgradnje nasipa „Diga“ (Izvor: [6] Mijo Vranješ: Održivo gospodarenje vodama u slivu Neretve i Trebišnjice, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije - FGAG, 2017.)



Slika 32: Lokacija morskog nasipa „Diga“ (označeno crvenom linijom) (Izvor: Google maps)

Morski nasip uz rijeku Neretvu nije potpuno nepropusan iz nekoliko razloga, koji su povezani s prirodom materijala, dizajnom nasipa i specifičnim uvjetima u kojima se nalazi. Nasip je izgrađen od prirodnih materijala, nasipanjem pijeska i kamenja, koji nisu potpuno nepropusni. Iako se ti materijali sabijaju i konsolidiraju kako bi se smanjila propusnost, uvijek postoji određeni stupanj propuštanja vode kroz sitne pore i pukotine. Također je s vremenom došlo do erozije zbog stalnog djelovanja vode, vjetra i valova.

Obzirom na ostale prilike, objekt i danas odolijeva zubu vremena i relativno dobro služi namjenu iako mu je potrebna skora rekonstrukcija kako bi u punom potencijalu služio svojoj svrsi.

4 Planirane hidrotehničke građevine u području Donje Neretve

4.1 Pokretna brana i brodska prevodnica na Neretvi

Kako bi se spriječili ranije spomenuti negativni utjecaji, Republika Hrvatska je odlučila pokrenuti niz konkretnih projekata i inicijativa koje imaju za cilj minimizirati te posljedice. Ovi projekti obuhvaćaju strateške mjere i aktivnosti usmjerene na rješavanje specifičnih problema, osiguravajući održivi razvoj i dugoročno blagostanje zemlje. Kroz ove projekte, Država nastoji ne samo adresirati postojeće izazove, već i postaviti temelje za budući napredak i stabilnost.

Odluku o pokretanju Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (NAPNAV) donijela je Vlada Republike Hrvatske, s fokusom na unapređenje održivog korištenja prirodnih resursa. Kao jedno od glavnih pilot područja za provedbu početnih aktivnosti i istraživanja, prepoznata je regija Donja Neretva. Ova regija je odabrana zbog svog specifičnog značaja u poljoprivredi, kao i zbog izazova s kojima se suočava u upravljanju vodnim resursima, što je čini savršenim mjestom za implementaciju inovativnih rješenja predviđenih ovim projektom.

Godine 2006. izrađena je Studija „Navodnjavanje u Donjoj Neretvi“ čiji je autor Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu. U toj studiji je detaljno obrađena poljoprivredna proizvodnja te trenutna situacija i uvjeti navodnjavanja u Donjoj Neretvi s mogućim rješenjima novog glavnog dovoda vode do poljoprivrednih površina. Na temelju izračunatih hidromodula i površina koje je potrebno navodnjavati određene su količine vode za koje se dimenzionira glavni dovodni cjevovod.

Nakon višegodišnjeg pregledavanja mogućih rješenja i stručnih rasprava na tu temu, prihvaćena je 2008. godine u Zagrebu varijanta idejnog projekta navodnjavanja u Donjoj Neretvi. Prema toj varijanti išlo bi se u izgradnju dva zasebna sustava: podsustav 1 - Opuzen i podsustav 2 - Koševo-Vrbovci.

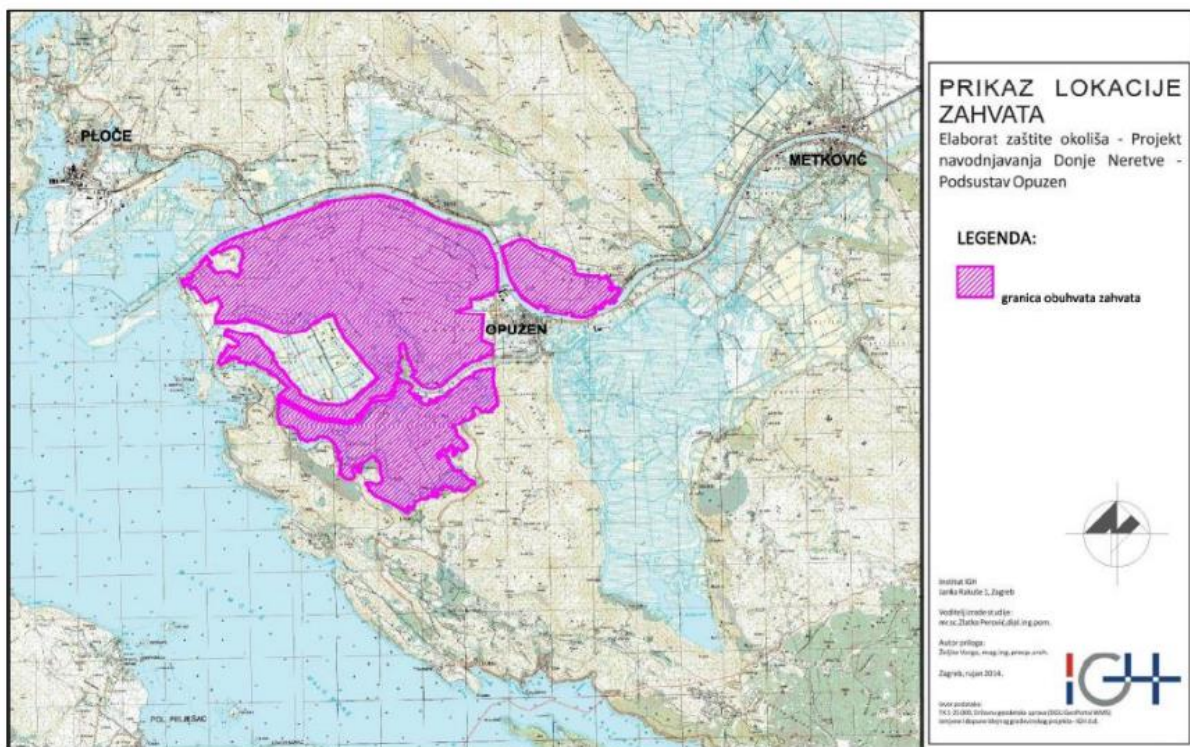
Veći i utjecajni od dvaju spomenutih, podsustav Opuzen, predstavlja dio sustava navodnjavanja Donje Neretve. Smješten je u dolini rijeke Neretve, u blizini njenog ušća u more i grada Opuzena. Nalazi se u lijevom zaobalju Neretve, uz rukavac Mala Neretva (Slika 33, Slika 34). Podsustav Opuzen obuhvaća područje katastarskih općina Komin, Opuzen, Opuzen I, Opuzen II, Slivno i Vlaka – Tuštevaca, dok se predmetni zahvat (pokretna brana i brodska prevodnica) nalazi unutar katastarske općine Komin (Tablica 1).

Tablica 1: Podaci o lokaciji zahvata (Izvor: Katastar)

Jedinica regionalne samouprave:	Dubrovačko-neretvanska županija
Jedinica lokalne samouprave	Grad Ploče
Naselje	Komin
Katastarska općina	Komin
Katastarske čestice	4797/1, 4794/4, 1956, 1957, 1958 (u trenutku ishodađenja lokacijske dozvole), 4797/5, 4797/6, 4797/10, 4797/18, 1556/2, 1957/2 i 1958/2 (u trenutku ishodađenja građevinske dozvole)



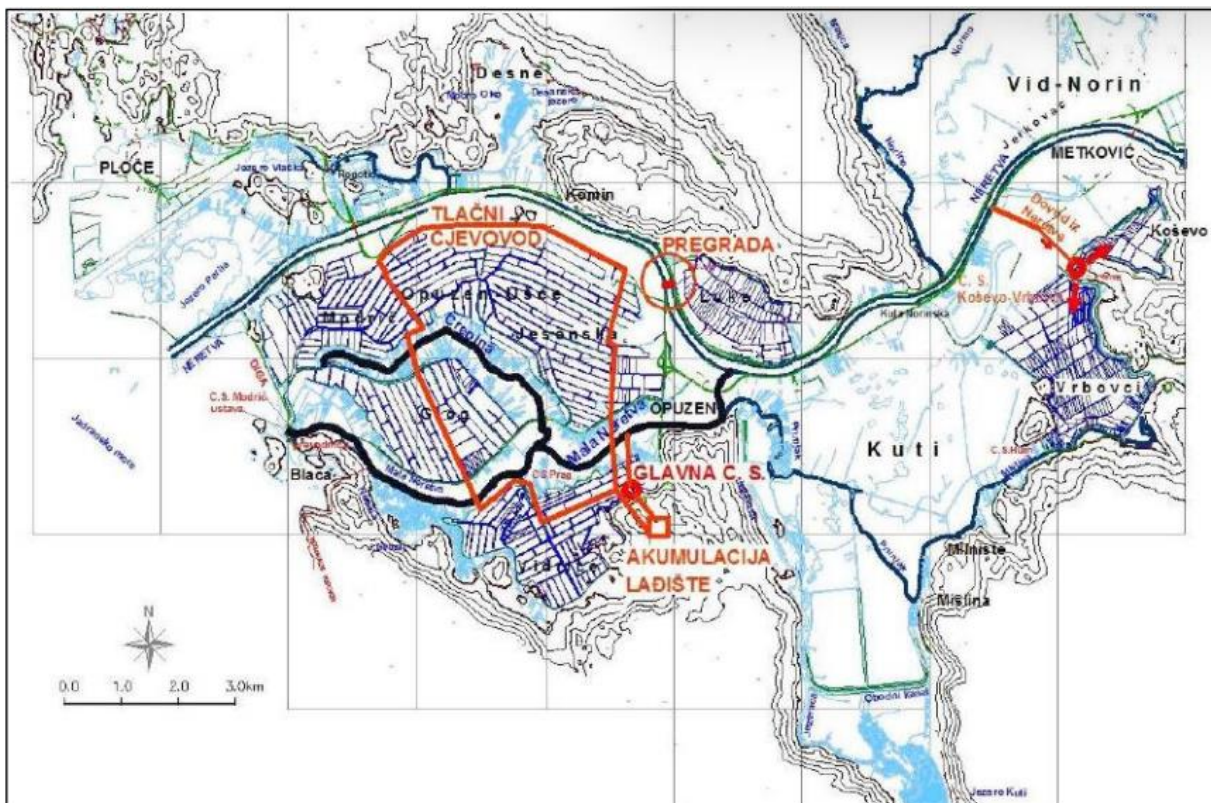
Slika 33: Položaj sliva rijeke Neretve (lijevo), položaj donje Neretve u slivu Neretve (desno) (Izvor: [10] Domagoj Vranješ i suradnici: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Izmjena sustava navodnjavanja Donja Neretva, podsustav Opuzen - povećanje brodske prevodnice na mobilnoj pregradi na rijeci Neretvi, Vita projekt d.o.o., Zagreb, 2019.)



Slika 34: Obuhvat podsustava Opuzen (Izvor: [10] Domagoj Vranješ i suradnici: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Izmjena sustava navodnjavanja Donja Neretva, podsustav Opuzen - povećanje brodske prevodnice na mobilnoj pregradi na rijeci Neretvi, Vita projekt d.o.o., Zagreb, 2019.)

Detaljnim višegodišnjim analizama potreba i izračunima došlo se do zaključka kako je za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih površina u cijeloj Donjoj Neretvi potrebno osigurati oko 4,60 m³/s vode. Jedini izvor slatke vode za navodnjavanje je rijeka Neretva koja tijekom ljetnih mjeseci, kada protok u Neretvi padne ispod 70,00 m³/s, dopušta značajno prodiranje klina zaslanjene vode uzvodno od ušća. Zaslanjena voda u ekstremnim uvjetima niske razine vodostaja rijeke može doći sve do Metkovića, a i dalje. Osim koritom zbog niske razine vodostaja rijeke omogućen joj je i lakši prodor podzemljem gdje podzemne vode u nedostatku padalina također gube na volumenu. Izgradnjom pokretne pregrade s brodskom prevodnicom omogućilo bi se popravljavanje ekoloških uvjeta distribucijom svježije vode po cijelom području Donje Neretve uz nesmetan prolazak brodova po potrebi. Brodska prevodnica je povećana u odnosu na prvotno rješenje zbog situacije gdje luka Ploče ima koncesiju na lučkom području Metković te je obavezna stavka projekta bilo omogućavanje nesmetanog prolaska brodova. Broj brodova većih od 15 m se znatno povećao od 2015. godine pa je taj dio projekta zahtijevao izmjene iako ne utječe na potrebe navodnjavanja zbog kojih je projekt i krenuo u realizaciju. Lokacija pregrade nizvodno od Opuzena omogućava dotjecanje slatke vode u Malu Neretvu prirodnim putem bez utroška energije te se zahvaćana voda koristi za navodnjavanje polja podsustava Opuzen.

Planirani sustav (slika 35) bi funkcionirao na način da se kvalitetna nezaslanjena voda, osigurana pregradom na rijeci Neretvi, gravitacijski doprema do zahvatnog bazena crpne stanice Opuzen putem dovodnog cjevovoda, koristeći postojeću zahvatnu građevinu koja se nalazi u neposrednoj blizini mosta preko Male Neretve na magistralnoj cesti Split – Dubrovnik. Mikroakumulacija Lađište koja se nalazi u prirodnoj brdskoj depresiji će služiti kao spremište dostatnih količina vode za navodnjavanje podsustava Opuzen u sušnim periodima. Spomenuta mikroakumulacija punit će se putem crpne stanice Opuzen tlačnim cjevovodom, a zatim gravitacijski ispuštati u tlačni distribucijski cjevovod prema poljoprivrednim površinama. Navodnjavanje u predmetnom podsustavu obuhvatit će područja Vidrice, Opuzen-ušće, Modrič, Glog, Jesenska i Luke, čija je ukupna poljoprivredna bruto površine 3.680,4 ha (2.198,62 ha neto površina).



Slika 35: Planirani sustav navodnjavanja Donje Neretve (Izvor: [10] Domagoj Vranješ i suradnici: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Izmjena sustava navodnjavanja Donja Neretva, podsustav Opuzen - povećanje brodske prevodnice na mobilnoj pregradi na rijeci Neretvi, Vita projekt d.o.o., Zagreb, 2019.)

U nastavku će se opisati sastavni dijelovi planiranog podsustava Opuzen prema projektu:

Zahvatna građevina sa ustavom - Postojeća zahvatna građevina s pripadajućom ustavom nalazi se na lijevoj obali Male Neretve, u neposrednoj blizini mosta na državnoj cesti D8 Split-Dubrovnik, a u koridoru postojeće neasfaltirane makadamske ceste na lijevoj obali rukavca Mala Neretva. Zahvatna građevina, zajedno s dovodnim kanalom i cjevovodom, osigurava potreban protok od 3,1 m³/s.

Dovodni kanal i cjevovod do crpne stanice Opuzen - Transport vode iz Male Neretve do crpne stanice Opuzen predviđen je otvorenim trapeznim kanalom duljine 730 m koji se prijelaznom građevinom nastavlja kao cjevovod duljine 459 m nakon čega se priključuje na zahvatni bazen crpne stanice Opuzen. Otvoreni dio dovodnog kanala obložiti će se lomljenim kamenom po dnu i pokosima do visine od 1,5 m radi lakšeg održavanja. Uz obje obale dovodnog kanala u planu je izgradnja servisna ceste širine oko 3,0 m za potrebe nadzora i održavanja. Otvoreni kanal osiguravat će opskrbu vodom postojećim sekundarnim otvorenim kanalima (jendecima), a na svakom spoju sa sekundarnim kanalom bit će postavljeni cijevni propusti (betonske cijevi DN 600) za upravljanje režimom navodnjavanja unutar jendeka. Jedna dionica dovodnog cjevovoda bit će djelomično ukopana u postojeći teren te zasuta pijeskom i probranim materijalom iz iskopa tako da se formira nasip. Na dionici dovodnog cjevovoda gdje su prekinuti postojeći otvoreni kanali predviđeno je povezivanje tih kanala tipskim sifonskim propustima. Ranije spomenuta prijelazna građevina koja služi kao „spoj“ otvorenog trapeznog kanala i cjevovoda je predviđena za izvedbu od armiranog betona tlocrtnih dimenzija 6,2x4,8 m i krilnim zidovima kojima će se voda iz trapeznog kanala usmjeravati u cjevovod. Kraj dovodnog cjevovoda je ujedno i početak zahvatnog bazena.

Crpna stanica Opuzen - Središnji objekt podsustava Opuzen je crpna stanica Opuzen (CS Opuzen). U godini s manjkom oborina, pri navodnjavanju u trajanju od 20 sati dnevno, potrebna količina vode iznosi 1.746 l/s. Planirano je postavljanje osam potopljenih crpnih jedinica u CS Opuzen, s ukupnim kapacitetom od 2.400 l/s. Sustav za dovod vode u CS Opuzen uključuje postojeći vodni zahvat iz Male Neretve, gravitacijski kanal i cjevovod koji vodi do bazena zahvata vode, ukupne dužine 1.196 metara. Voda iz crpne stanice se potom pumpa u planiranu mikroakumulaciju Ladište, koja će imati korisni volumen od približno 100.000 m³. Ovim tehničkim rješenjem omogućit će se potrebne količine vode i tlak unutar distribucijskog sustava za sve poljoprivredne površine, uključujući 375 hektara sekundarne mreže dijela područja Glog, koji je obuhvaćen zasebnim projektom. Mikroakumulacija će prikupljati vodu koja će pokrivati sve potrebe navedenih površina.

Tlačni cjevovod - Tlačnim cjevovodom se voda transportira od crpne stanice do mikroakumulacije, a projektiran je kao ukopani čelični cjevovod DN1200 mm, debljine stjenki 10 mm i duljine 280,00 m. Na lomnim točkama cjevovoda predviđa se izrada sidrenih blokova. Početak cjevovoda je u crpnoj stanici na koti osi 3,05 m n.m, gdje se priključuje na sabirni tlačni cjevovod, a kraj u mikroakumulaciji s kotom dna 50,80 m n.m, tako da se zaštiti od uvlačenja zraka pri min. radnoj razini od 55,00 m n.m. Za slučaj eventualnog puknuća tlačnog cjevovoda, na kraju istog predviđena je ugradnja ravne protupovratne zaklopke s protuutegom DN 1200 mm.

Mikroakumulacija Lađište - Mikroakumulacija Lađište je dimenzionirana za prihvat potrebne količine vode za podsustav Opuzen. Predviđeno je njeno punjenje noću, u periodu jeftinije električne energije, radom svih 8 crpnih agregata u trajanju od 10 sati kako bi se napunio potreban korisni volumen od oko 100.000 m³. U završnoj fazi izgradnje preostale potrebne količine vode osigurati će se dnevnim radom najviše 2 crpke.

Cjevovod za pražnjenje mikroakumulacije - Ispusni cjevovod za pražnjenje mikroakumulacije projektiran je kao čelični, promjera DN 500 mm i duljine oko 357 m, s potrebnim sidrenim blokovima na lomnim točkama. Na dnu akumulacije nalazi se okno kroz koje se voda odvodi do ispusnog cjevovoda s dvjema komorama gdje završava s regulacijskim ventilom i žabljom zaklopkom.

Tlačna distribucijska mreža - Kao način dovoda vode do poljoprivrednih površina usvojen je zatvoreni, ukopani cijevni sustav pod tlakom. Ovaj sustav omogućava kontrolirano korištenje vode i sprječava nekontrolirano crpljenje koje bi bilo moguće iz otvorenih kanala. Također, zbog rascjepkanosti površina, zatvoreni sustav štedi prostor, omogućujući racionalnije korištenje obradivih površina. Sustav uključuje i mjerače potrošnje na priključcima parcela što omogućava precizno praćenje i naplatu vode prema potrošnji umjesto obračuna po površini zemljišta. Navodnjavanje se najčešće obavlja kap po kap ili mini raspršivačima, ovisno o vrsti kultura i potrebama korisnika. Prijelaz preko Male Neretve i Neretve izvodi se polaganjem cijevi ispod dna rijeka, koristeći PEHD cjevovode. Prijelaz ispod Male Neretve izvodi se ukopavanjem cjevovoda na dubinu od oko 2,5 m, dok se prijelaz ispod Neretve izvodi HDD postupkom horizontalnog bušenja, koji omogućava rad ispod rijeka i drugih prepreka bez utjecaja na okolinu ili promet.

Priključenje na prometnice i infrastrukturu - Objektima etape I Podsustava Opuzen omogućen je pristup s postojeće cestovne mreže, s tri projektirana kolna prilaza. Na lijevoj obali Neretve, kompresorska stanica je izravno povezana s državnom cestom D8, a prilaz platou brodske prevodnice vodi neizravno preko postojećeg platoa do iste ceste. Na desnoj obali, prilaz ribljoj

stazi povezan je sa županijskom cestom Komin – Krvavac. Napajanje električnom energijom novih objekata, uključujući mobilnu pregradu i kompresorsku stanicu, dolazi iz nove trafostanice „TS Brana“ snage 400(630) kVA. Kompresorska stanica bit će povezana kabelom s trafostanicom, dok će mobilna pregrada biti napajana iz kompresorske stanice. Mjerno mjesto za mobilnu pregradu na Neretvi bit će na niskonaponskoj mreži s priključnom snagom od 75 kW. Opskrba vodom kompresorske stanice bit će iz javne vodovodne mreže, a priključak je u nadležnosti Vodovoda Opuzen. Svi infrastrukturni priključci ostaju u skladu s rješenjima iz glavnog projekta, za koji su ishođene potrebne potvrde.



Slika 36: Lokacija planiranog zahvata pokretne brane i brodske prevodnice uz magistralni put



Slika 37: Lokacija planiranog zahvata pokretne brane i brodske prevodnice uz magistralni put

Na slikama 36 i 37 prikazana je lokacija planiranog zahvata na kojoj trenutno nema vidljivih tragova ni oznaka koje upućuju na to da je projekt gotov i izgradnja u planu. Na slici 38 grafički je prikazan planirani izgled izvedene potopljene brane, pripadne brodske prevodnice te kompresorske stanice.

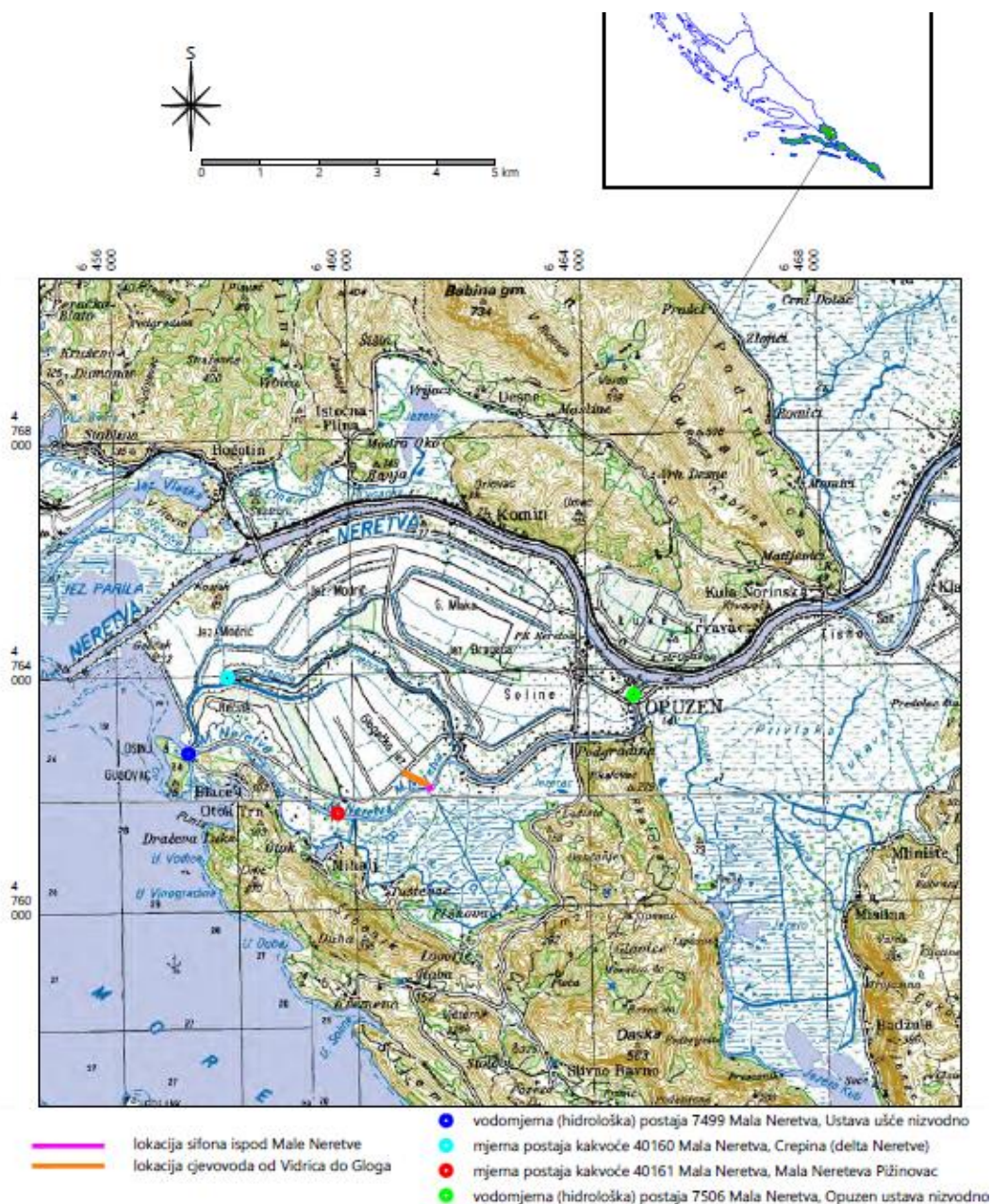


Slika 38: Grafički prikaz planirane potopljene brane i pripadne brodske prevodnice te kompresorske stanice (Izvor: [10] Domagoj Vranješ i suradnici: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Izmjena sustava navodnjavanja Donja Neretva, podsustav Opuzen - povećanje brodske prevodnice na mobilnoj pregradi na rijeci Neretvi, Vita projekt d.o.o., Zagreb, 2019.)

4.2 Sustav odvodnje područja Vidrice - izgradnja sifona ispod Male Neretve

Dosad spomenuti projekt nije jedini planirani zahvat u dolini Neretve. U nastavku ćemo se osvrnuti i na područje Vidrice koje zbog svoje relativno niske nadmorske visine, prisutnosti slanih izvora i visoke razine podzemnih voda zahtijeva kontinuirano crpljenje radi odvodnje viška vode te zaštite od zaslanjivanja. Rješavanje ovih izazova od ključne je važnosti za očuvanje poljoprivrednog potencijala i ekološke ravnoteže ovog osjetljivog područja. Kako bi se to postiglo u planu je zahvat u okolišu - izmjena sustava navodnjavanja Donje Neretve - Podsustav Opuzen; izgradnja cjevovoda sifonskog prijelaza ispod Male Neretve i cjevovoda od Vidrica do Gloga.

Na području grada Opuzena i općine Slivno, nositelj zahvata Hrvatske vode planira radove na vodnom dobru s ciljem uspostave kontinuiranog crpljenja za odvodnju viška vode i zaštitu poljoprivrednih površina i vodnih tijela u okolici vodotoka Male Neretve od zaslanjivanja. Lokacija zahvata, kao i njegov obuhvat, prikazani su na geografskoj i topografskoj karti šireg područja (Slika 39), gdje su detaljno označeni položaj i veličina zahvata. Za sustav za navodnjavanje Donje Neretve - podsustav Opuzen proveden je postupak procjene utjecaja na okoliš i izdano je Rješenje o prihvatljivosti zahvata na okoliš (KLASA: UP/I 351-03/10-02/46, URBROJ: 531-14-1-1-02-11-30 od 5. srpnja 2011. godine.



Slika 39: Topografska karta šireg područja Donje Neretve s lokacijama obuhvata zahvata (Izvor: [11] Ivica Šoltić i suradnici: Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš, izmjena zahvata sustava navodnjavanja Donje Neretve- podsustav Opuzen, Dubrovačko-neretvanska županija, Eko monitoring d.o.o., Varaždin, 2022.)

Područje Vidrice odnosi se na prostor smješten na lijevoj obali Male Neretve, jugozapadno od Opuzena. Ovo područje omeđeno je koritom Male Neretve te obroncima krških grebena Šibenice s južne strane, dok su s istočne strane granice obronci Tmora i Glavice. Do sredine 1970-ih godina, veći dio ovog prostora bio je pokriven močvarom, dok su manji dijelovi pripadali poljoprivrednom zemljištu smještenom na povišenom terenu uz korito Male Neretve.

Područje je djelomično zaštićeno od poplava putem lateralnog kanala s istočne i južne strane, kao i separacijskim nasipom na zapadnom i sjevernom rubu. Ostaci nekadašnje močvare očuvani su uz obronke krškog grebena, gdje čine izolirane dijelove unutar inundacijskog prostora lateralnog kanala.

Vidrice, površine veće od 500 hektara, zaštićene su od izvorskih i brdskih voda putem obodnog kanala i nasipa duljine 5 km, koji se protežu na međusobnoj udaljenosti od 50 do 100 metara. Obodni kanal prikuplja vanjske vode na potezu od Lovorja do jezera Mihalj, koje se rukavcem Rečina odvođe do Male Neretve. Širina krune nasipa iznosi od 3,5 do 4 metra, a nagib pokosa varira između 1:2 i 1:3. Sustav odvodnje područja Vidrice također prihvaća dio brdskih voda iz smjera Opuzena (Glavice, Lađište, Slane Luke).

Za potrebe odvodnje područja Vidrice, 1975. godine izgrađena je crpna stanica Prag (slika 40, slika 41), koja radi u dva različita režima: jesensko-zimskom i ljetnom. U jesensko-zimskom režimu, crpna stanica Prag prebacuje do 7,5 m³/s vode iz Vidrice u korito Male Neretve.



Slika 40: Crpna stanica Prag

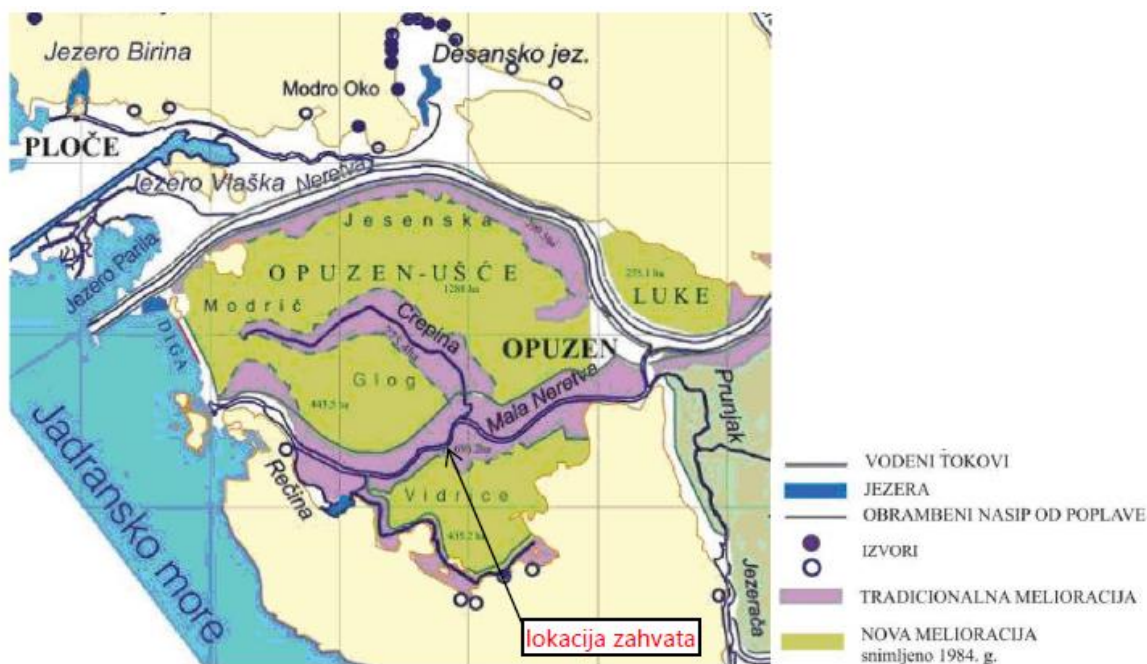


Slika 41: Crpna stanica Prag

Ljeti, evakuacija zaslanjenih voda iz Vidrice, u količini do $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$, prema projektnom rješenju iz 1972. - 1975. godine, trebala bi se odvijati kroz sifon ispod Male Neretve, prema sustavu Glogačko jezero i dalje preko crpne stanice Modrič u more. Radni nivo crpljenja tijekom ljeta varira od maksimalne kote $-1,83 \text{ m}$ do minimalne kote $-3,33 \text{ m}$.

Budući da sifon ispod Male Neretve nije izgrađen, zaslanjene vode se ispuštaju izravno u korito Male Neretve, i to upravo u vrijeme kada Mala Neretva postaje rezervoar slatke vode za navodnjavanje. Ova voda se prikuplja iz izvora s vlastitog sliva (u malim količinama) i dovođenjem vode iz rijeke Neretve uzvodno od Metkovića crpnom stanicom koja se nalazi u susjednoj BiH neposredno uz granicu.

Sustav odvodnje područja Vidrice (slika 42) predstavlja integralni dio šireg melioracijskog sustava u dolini Neretve i ključnu segmentnu izmjenu unutar sustava navodnjavanja Donje Neretve, specifično podsustava Opuzen. U sklopu ovog projekta, tijekom 2010. godine proveden je postupak procjene utjecaja na okoliš, nakon čega je 5. srpnja 2011. godine izdano Rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš (KLASA: UP/I 351-03/10-02/46, URBROJ: 531-14-1-1-02-11-30). Ovo rješenje uključuje usvojene mjere zaštite okoliša i obavezu praćenja stanja, koje su također obvezatne za realizaciju planiranog zahvata izgradnje sifona ispod Male Neretve, kao i za izgradnju cjevovoda od Vidrica do Gloga.

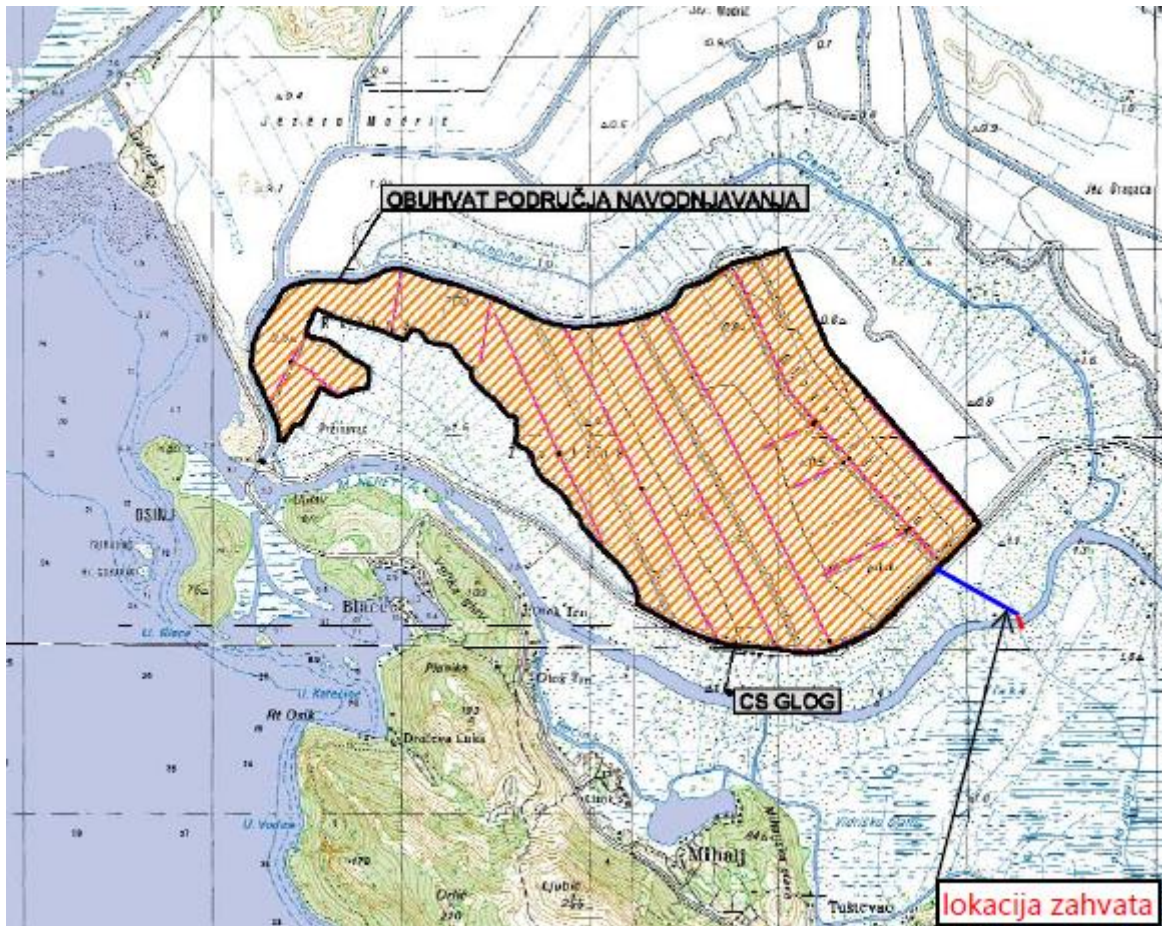


Slika 42: Lokacija planiranog zahvata u sustavu navodnjavanja Donje Neretve (Izvor: [11] Ivica Šoltić i suradnici: Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš, izmjena zahvata sustava navodnjavanja Donje Neretve- podsustav Opuzen, Dubrovačko-neretvanska županija, Eko monitoring d.o.o., Varaždin, 2022.)

Na temelju Rješenja od 5. srpnja 2011. godine, od planiranih hidrotehničkih zahvata i objekata unutar Sustava navodnjavanja Donje Neretve – podsustava Opuzen, jedino je realiziran sustav navodnjavanja Glog. Ovaj sustav, za koji su radovi završeni te je uporabna dozvola izdana u prosincu 2021. godine, obuhvaća sljedeće objekte:

- Dogradnju i rekonstrukciju crpne stanice Glog, s kapacitetom od 242 l/s, što omogućava navodnjavanje neto površine od 310 hektara.
- Dovodni cjevovod od poliesterskih cijevi profila 400 mm, 500 mm i 900 mm, ukupne duljine 3,7 km, uz koji je izveden i makadamski put.
- Distribucijske PEHD cjevovode profila 90 mm, 110 mm, 125 mm i 200 mm, ukupne duljine 15,5 km.
- 187 priključnih mjesta (hidrantskih okana).

Na slici 43 prikazana je lokacija sustava navodnjavanja Glog, zajedno s elementima sustava i površinom obuhvata. Na istoj je vidljiv i položaj planiranog zahvata – sifon ispod Male Neretve te cjevovod od Vidrica do Gloga.



Slika 43: Područje navodnjavanja i položaj planiranog zahvata - sifona ispod Male Neretve te cjevovod Vidrice - Glog (Izvor: [11] Ivica Šoltić i suradnici: Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš, izmjena zahvata sustava navodnjavanja Donje Neretve-podsustav Opuzen, Dubrovačko-neretvanska županija, Eko monitoring d.o.o., Varaždin, 2022.)

Planirani zahvat obuhvaća izgradnju sifona ispod Male Neretve i cjevovoda koji će povezivati Vidrice s Glogom. Time bi se omogućila evakuacija viška unutarnjih zaslanjenih voda iz melioracijskog sustava Vidrice tijekom ljetnog razdoblja (u sezoni navodnjavanja), koristeći postojeću crpnu stanicu Prag.

Voda bi se odvodila do kanala II. reda u melioracijskom području Glogačko jezero koje je dio melioracijskog sustava Opuzen-Ušće. Od tamo bi se pomoću postojeće crpne stanice Ušće voda dalje ispuštala u more.

Svrha izvođenja spomenutog zahvata bila bi uklanjanje trenutnog negativnog utjecaja ispuštanja zaslanjenih voda iz melioracijskog sustava Vidrice u slatkovodni rezervoar Male Neretve te bi se na taj način postigla zadovoljavajuća kvaliteta vode za potrebe navodnjavanja.

Crpna stanica Glog koristi vodu za navodnjavanje iz Male Neretve, a zahvat se nalazi 1,8 km nizvodno od ispusta zaslanjenih voda iz melioracijske odvodnje Vidrice (crpna stanica Prag). Zbog problema s povećanim zaslanjenjem vode, već ranije je izrađen idejni projekt za sifon

ispod Male Neretve i cjevovod od Vidrica do kanala u Glogačkom jezeru, kao dio sustava odvodnje Vidrice (Projektne biro Split, 2011.). Na projekt je ishođena lokacijska dozvola, ali su zbog tehničkih i ekonomskih razloga, poput geotehničkih uvjeta i usklađenja trase s projektom navodnjavanja Donja Neretva – Podsustav Opuzen, bile potrebne izmjene. Uvažavajući ove okolnosti i riješene imovinsko-pravne odnose, izrađen je Glavni projekt sifona ispod Male Neretve i cjevovoda od Vidrica do Glogačkog jezera, bez potrebe za novom lokacijskom dozvolom. Ovim projektom rješava se problem zaslanjenja i osigurava kvalitetnija opskrba vodom za navodnjavanje, uz optimizaciju troškova.

5 Zaključak

Rješavanje problema zaslanjenosti Donje Neretve ključno je za očuvanje poljoprivrednog potencijala i bioraznolikosti regije. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu su kroz period 2019.-2023. odradili monitoring zaslanjenosti podzemnih voda Donje Neretve. To nije bio prvi takav pothvat budući da se problem intruzije soli rješava već dugi niz godina. Ciljevi tog mjerenja bili su uspostava rasporeda uzorkovanja podzemnih voda iz piezometara, površinskih voda iz odabranih glavnih i lateralnih kanala, pripadajućih kanala nižeg reda, rijeke Neretve te Male Neretve, praćenje odabranih fizikalnih i kemijskih pokazatelja zaslanjivanja u vodi i tlu. Uspješno je utvrđeno trenutno stanje zaslanjenosti tla i vode u dolini Neretve. Također je odrađena analiza vodostaja rijeke Neretve s podacima mjerne postaje Opuzen u rasponu od 30 godina (1991.-2021.). Napravljeni su nivogrami te krivulja učestalosti i trajanja sve u svrhu što boljeg razumijevanja ponašanja rijeke, njenog toka i vodostaja. Primjetno je da vodostaj ljeti opada što i jest najproblematičniji period kada dolazi do znatne intruzije soli samim riječnim koritom. Ekstremno veliki vodostaji su rijetki te se s trenutno izgrađenim sustavom ne treba bojati poplavlivanja iako bi trebalo veći značaj dati i tom aspektu te težiti unapređenju sustava obrana od poplava. Postojeći sustav koji se sastoji od nasipa Diga i „slatkovodnog bazena“ u Maloj Neretvi koji se puni iz vlastitih izvora i crpnom stanicom, na granici Hrvatske i Bosne i Hercegovine u blizini grada Metkovića, pokazao se nedovoljno efikasan za zadovoljavanje trenutnih poljoprivrednih potreba za kvalitetnom vodom za navodnjavanje. Sustav je neisplativ, težak za održavanje i ne nudi kvalitetno rješenje za sadašnje, a kamoli buduće potrebe doline Neretve. Kako bi spomenuto područje ponudilo više mogućnosti za rast i napredak te održivo stanovanje potrebne su hitne promjene koje su se ponudile kroz rješenja zaustavljanja intruzije soli novim projektima od kojih će najveći, pokretna brana s brodomskom prevodnicom u blizini Opuzena, biti sufinancirana sredstvima iz Europske unije. Brana će zaustaviti prodor morske vode, dok će prevodnica osigurati siguran prolaz plovila. Uz spomenuti projekt planira se i izgradnja sifona ispod Male Neretve čime bi se omogućila evakuacija zaslanjenih voda iz melioracijskog sustava Vidrice tijekom ljetnog razdoblja (u sezoni navodnjavanja), koristeći postojeću crpnu stanicu Prag. Veliki učinak bi imala bi rekonstrukcija i modernizacija postojećeg nasipa Diga kako bi se dodatno smanjilo prodiranje morske vode u područje poljoprivredne namjene o čemu već postoje idejna rješenja. Dolina Neretve je područje iznimne ljepote i mogućnosti za rast i razvoj koje će realizacijom spomenutih projekata, i mnogih drugih o kojima se trenutno raspravlja, pokazati svoje pravo lice te omogućiti održivost i napredak područja.

Popis literature

- [1] Mijo Vranješ, Ivna Jović-Sinovčić: Studija: Vodnogospodarsko rješenje i uređenje sliva Donje Neretve - knjiga 5: Površinske vode, Sveučilište u Splitu, Građevinski fakultet, 1996.
- [2] Davor Romić i suradnici: Stupanj zasljenosti i održivo korištenje tala Donje Neretve: konačni elaborat, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 2010.
- [4] Vinko Jović, Ivna Jović-Sinovčić, Mijo Vranješ: Vodnogospodarsko rješenje i uređenje sliva Donje Neretve - knjiga 6: Podzemne vode, Sveučilište u Splitu, Građevinski fakultet, 1996.
- [5] Davor Romić, Mijo Vranješ i suradnici: Studija „Navodnjavanje u donjoj Neretvi“, Sveučilište u Splitu, Arhitektonski fakultet; Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb 2006.
- [6] Mijo Vranješ: Održivo gospodarenje vodama u slivu Neretve i Trebišnjice, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije - FGAG, 2017.
- [7] Mijo Vranješ: Uređenje područja Donje Neretve, Sveučilište u Splitu, FGAG, 2019.
- [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zasljenjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.
- [9] Damir Vidoš: Vodnogospodarsko rješenje i uređenje sliva Donje Neretve - knjiga 10: Vodoprivredni objekti, Split, 1996.
- [10] Domagoj Vranješ i suradnici: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Izmjena sustava navodnjavanja Donja Neretva, podsustav Opuzen - povećanje brodske prevodnice na mobilnoj pregradi na rijeci Neretvi, Vita projekt d.o.o., Zagreb, 2019.
- [11] Ivica Šolčić i suradnici: Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš, izmjena zahvata sustava navodnjavanja Donje Neretve- podsustav Opuzen, Dubrovačko-neretvanska županija, Eko monitoring d.o.o., Varaždin, 2022.

Popis slika

Slika 1: Primjer jendeka	2
Slika 2: Podjela područja Donje Neretve na melioracijske zone (Izvor: [6] Mijo Vranješ: Održivo gospodarstvo vodama u slivu Neretve i Trebišnjice, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije - FGAG, 2017.)	4
Slika 3: Lokacija Svitavsko-Deranskog Blata (Izvor: [Google maps])	7
Slika 4: Lokacija Crepine sa svojom kanalskom mrežom (Izvor: [Google maps])	8
Slika 5: Lokacija mjerne postaje Opuzen (žuta oznaka) (Izvor: DHMZ)	10
Slika 6: Mjerna postaja Opuzen (Izvor: DHMZ)	11
Slika 7: Nivogram mjerne postaje Opuzen za period 1991.-2021.	12
Slika 8: Krivulja učestalosti i trajanja za mjernu postaju Opuzen u periodu 1991.-2021.	13
Slika 9: Oscilacije srednjih i ekstremnih vrijednosti zabilježenih na mjernoj postaji Opuzen u periodu 1991.-2021.	14
Slika 10: Proces zaslanjivanja u donjoj Neretvi (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)	15
<i>Slika 11: Zaslanjivanje područja iz podzemlja (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)</i>	<i>16</i>
Slika 12: Situacijski prikaz lokacija monitoringa površinskih i podzemnih voda u obuhvatu donja Neretva korištenih tijekom izvještajnog razdoblja 2019.-2023. godine (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)	18
Slika 13: Prikaz pijezometarskih stanja zabilježenih na sondama unutar dubokih novih pijezometara D1, D2, D3 i D4 za 2023. Godinu (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)	18
Slika 14: Profil slanosti podzemne vode u tijelu piezometra oznake D2 za razdoblje 2019. – 2023. (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)	19
Slika 15: Profil slanosti podzemne vode u tijelu piezometra oznake P2 za razdoblje 2019. – 2023. (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)	20
Slika 16: Piezometri P2, D2, automatska meteorološka postaja Jasenska (Izvor: DHMZ)	21

Slika 17: Profili slanosti stupca vode na profilu Neretva-Opuzen 2019.-2023. (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)	22
Slika 18: mjerne postaje (salinitet i hranjive tvari) površinskih voda, podzemnih voda (iz plitkih piezometara) i tla istraživačkog monitoringa zaslanjivanja vode i tla u dolini Neretve 2019.-2023. (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)	24
Slika 19: Monitoring tla i plitki piezometar ,P3/Pz3 (Izvor: DHMZ).....	25
Slika 20: Monitoring tla i plitki piezometar ,P3/Pz3 (Izvor: DHMZ).....	25
Slika 21: Karta zaslanjivanja zemljišta u donjoj Neretvi (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)	27
Slika 22: Polje prostorne raspodjele koncentracije soli kroz Digu u stacionarnom stanju (Izvor: [8] Mijo Vranješ i suradnici: Monitoring zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Agronomski fakultet, Zagreb; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, Zagreb 2019. - 2023.)	28
Slika 23: Lokacije ustava na Maloj Neretvi (Izvor: Google maps).....	29
Slika 24: Ustave na ušću Male Neretve	30
Slika 25: Ustave na ušću Male Neretve	30
Slika 26: Ustave (s broskom prevodnicom) na Maloj Neretvi kod Opuzena	31
Slika 27: Ustave (s broskom prevodnicom) na Maloj Neretvi kod Opuzena	31
Slika 28: Postojeći sustav za navodnjavanje Donje Neretve (Izvor: [10] Domagoj Vranješ i suradnici: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Izmjena sustava navodnjavanja Donja Neretva, podsustav Opuzen - povećanje brodske prevodnice na mobilnoj pregradi na rijeci Neretvi, Vita projekt d.o.o., Zagreb, 2019.)	32
Slika 29: Glavna crpna stanica u blizini granice Doljani na području BiH	33
Slika 30: Dio glavnoga dovodnog kanala prema Maloj Neretvi.....	34
Slika 31: Fotografije izgradnje nasipa „Diga“ (Izvor: [6] Mijo Vranješ: Održivo gospodarenje vodama u slivu Neretve i Trebišnjice, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije - FGAG, 2017.)	36
Slika 32: Lokacija morskog nasipa „Diga“ (označeno crvenom linijom) (Izvor: Google maps). 37	
Slika 33: Položaj sliva rijeke Neretve (lijevo), položaj donje Neretve u slivu Neretve (desno) (Izvor: [10] Domagoj Vranješ i suradnici: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Izmjena sustava navodnjavanja Donja Neretva, podsustav Opuzen - povećanje brodske prevodnice na mobilnoj pregradi na rijeci Neretvi, Vita projekt d.o.o., Zagreb, 2019.)	39
Slika 34: Obuhvat podsustava Opuzen (Izvor: [10] Domagoj Vranješ i suradnici: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Izmjena sustava navodnjavanja Donja Neretva, podsustav Opuzen - povećanje brodske prevodnice na mobilnoj pregradi na rijeci Neretvi, Vita projekt d.o.o., Zagreb, 2019.)	40

Slika 35: Planirani sustav navodnjavanja Donje Neretve (Izvor: [10] Domagoj Vranješ i suradnici: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Izmjena sustava navodnjavanja Donja Neretva, podsustav Opuzen - povećanje brodske prevodnice na mobilnoj pregradi na rijeci Neretvi, Vita projekt d.o.o., Zagreb, 2019.)	41
Slika 36: Lokacija planiranog zahvata pokretne brane i brodske prevodnice uz magistralni put	44
Slika 37: Lokacija planiranog zahvata pokretne brane i brodske prevodnice uz magistralni put	45
Slika 38: Grafički prikaz planirane potopljene brane i pripadne brodske prevodnice te kompresorske stanice (Izvor: [10] Domagoj Vranješ i suradnici: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Izmjena sustava navodnjavanja Donja Neretva, podsustav Opuzen - povećanje brodske prevodnice na mobilnoj pregradi na rijeci Neretvi, Vita projekt d.o.o., Zagreb, 2019.)	46
Slika 39: Topografska karta šireg područja Donje Neretve s lokacijama obuhvata zahvata (Izvor: [11] Ivica Šoltić i suradnici: Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš, izmjena zahvata sustava navodnjavanja Donje Neretve- podsustav Opuzen, Dubrovačko-neretvanska županija, Eko monitoring d.o.o., Varaždin, 2022.)	48
Slika 40: Crpna stanica Prag.....	49
Slika 41: Crpna stanica Prag.....	50
Slika 42: Lokacija planiranog zahvata u sustavu navodnjavanja Donje Neretve (Izvor: [11] Ivica Šoltić i suradnici: Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš, izmjena zahvata sustava navodnjavanja Donje Neretve- podsustav Opuzen, Dubrovačko-neretvanska županija, Eko monitoring d.o.o., Varaždin, 2022.)	51
Slika 43: Područje navodnjavanja i položaj planiranog zahvata - sifona ispod Male Neretve te cjevovod Vidrice - Glog (Izvor: [11] Ivica Šoltić i suradnici: Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš, izmjena zahvata sustava navodnjavanja Donje Neretve- podsustav Opuzen, Dubrovačko-neretvanska županija, Eko monitoring d.o.o., Varaždin, 2022.)	52
Slika 44: Nivogram Neretve za 1991. godinu.....	62
Slika 45: Nivogram Neretve za 1992. godinu.....	63
Slika 46: Nivogram Neretve za 1993. godinu.....	64
Slika 47: Nivogram Neretve za 1994. godinu.....	65
Slika 48: Nivogram Neretve za 1995. godinu.....	66
Slika 49: Nivogram Neretve za 1996. godinu.....	67
Slika 50: Nivogram Neretve za 1997. godinu.....	68
Slika 51: Nivogram Neretve za 1998. godinu.....	69
Slika 52: Nivogram Neretve za 1999. godinu.....	70
Slika 53: Nivogram Neretve za 2000. godinu.....	71
Slika 54: Nivogram Neretve za 2001. godinu.....	72
Slika 55: Nivogram Neretve za 2002. godinu.....	73
Slika 56: Nivogram Neretve za 2003. godinu.....	74

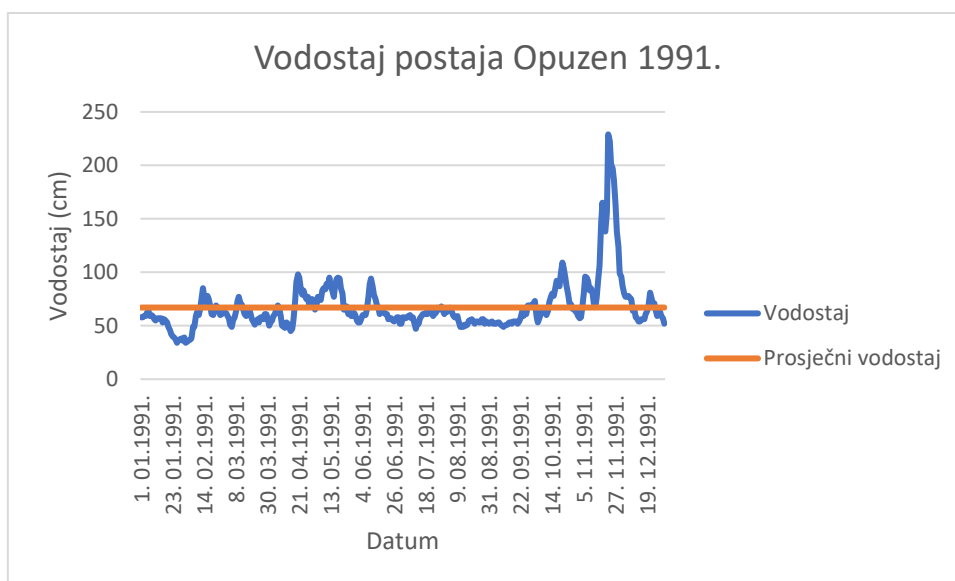
Slika 57: Nivogram Neretve za 2004. godinu.....	75
Slika 58: Nivogram Neretve za 2005. godinu.....	76
Slika 59: Nivogram Neretve za 2006. godinu.....	77
Slika 60: Nivogram Neretve za 2007. godinu.....	78
Slika 61: Nivogram Neretve za 2008. godinu.....	79
Slika 62: Nivogram Neretve za 2009. godinu.....	80
Slika 63: Nivogram Neretve za 2010. godinu.....	81
Slika 64: Nivogram Neretve za 2011. godinu.....	82
Slika 65: Nivogram Neretve za 2012. godinu.....	83
Slika 66: Nivogram Neretve za 2013. godinu.....	84
Slika 67: Nivogram Neretve za 2014. godinu.....	85
Slika 68: Nivogram Neretve za 2015. godinu.....	86
Slika 69: Nivogram Neretve za 2016. godinu.....	87
Slika 70: Nivogram Neretve za 2017. godinu.....	88
Slika 71: Nivogram Neretve za 2018. godinu.....	89
Slika 72: Nivogram Neretve za 2019. godinu.....	90
Slika 73: Nivogram Neretve za 2020. godinu.....	91

POPIS TABLICA

Tablica 1: Podaci o lokaciji zahvata (Izvor: Katastar).....	39
Tablica 2: Ekstremi postaja Opuzen 1991. godina	62
Tablica 3: Ekstremi postaja Opuzen 1992. godina	63
Tablica 4: Ekstremi postaja Opuzen 1993. godina	64
Tablica 5: Ekstremi postaja Opuzen 1994. godina	65
Tablica 6: Ekstremi postaja Opuzen 1995. godina	66
Tablica 7: Ekstremi postaja Opuzen 1996. godina	67
Tablica 8: Ekstremi postaja Opuzen 1997. godina	68
Tablica 9: Ekstremi postaja Opuzen 1998. godina	69
Tablica 10: Ekstremi postaja Opuzen 1999. godina	70
Tablica 11: Ekstremi postaja Opuzen 2000. godina	71
Tablica 12: Ekstremi postaja Opuzen 2001. godina	72
Tablica 13: Ekstremi postaja Opuzen 2002. godina	73
Tablica 14: Ekstremi postaja Opuzen 2003. godina	74
Tablica 15: Ekstremi postaja Opuzen 2004. godina	75
Tablica 16: Ekstremi postaja Opuzen 2005. godina	76
Tablica 17: Ekstremi postaja Opuzen 2006. godina	77
Tablica 18: Ekstremi postaja Opuzen 2007. godina	78
Tablica 19: Ekstremi postaja Opuzen 2008. godina	79
Tablica 20: Ekstremi postaja Opuzen 2009. godina	80
Tablica 21: Ekstremi postaja Opuzen 2010. godina	81
Tablica 22: Ekstremi postaja Opuzen 2011. godina	82
Tablica 23: Ekstremi postaja Opuzen 2012. godina	83
Tablica 24: Ekstremi postaja Opuzen 2013. godina	84
Tablica 25: Ekstremi postaja Opuzen 2014. godina	85
Tablica 26: Ekstremi postaja Opuzen 2015. godina	86
Tablica 27: Ekstremi postaja Opuzen 2016. godina	87
Tablica 28: Ekstremi postaja Opuzen 2017. godina	88
Tablica 29: Ekstremi postaja Opuzen 2018. godina	89
Tablica 30: Ekstremi postaja Opuzen 2019. godina	90

Prilozi

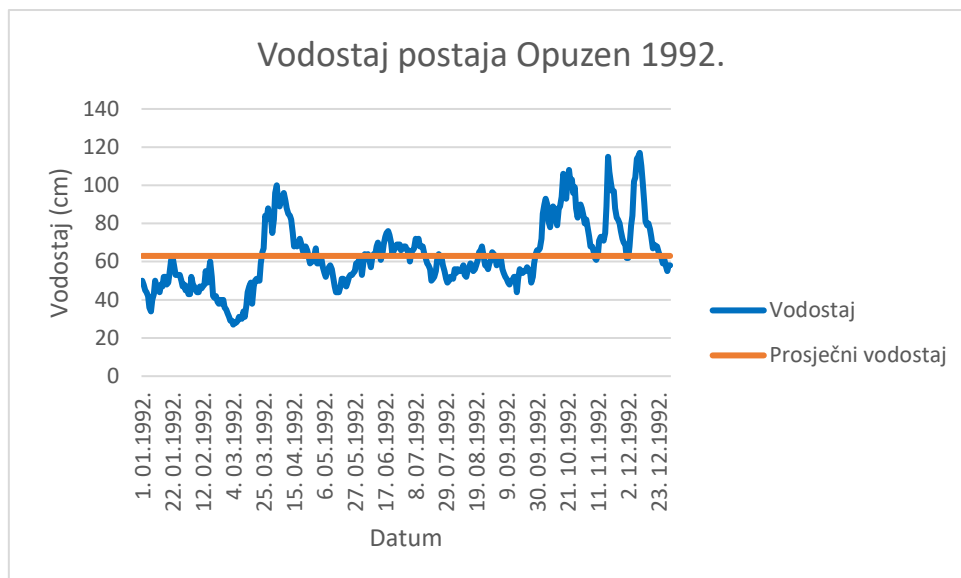
Kao što je već ranije navedeno pod naslovom 2.2 Hidrološka analiza podataka postaje Opuzen u razdoblju 1991.-2020, u nastavku slijede pojedinačni nivogrami za tridesetogodišnji period 1991.-2021. zajedno s tablicama u kojima su numerički prikazani maksimumi, minimumi i srednje vrijednosti za pojedinu godinu. Osim ekstremno velikih vodostaja koji su jako rijetki i variraju u ogromnom intervalu, ponašanje vodostaja je dosta „pravilno“ unatoč velikom broju vanjskih utjecaja kao što su: vodne građevine duž toka (ponajviše hidroelektrane u BiH), morske mijene te more općenito, sezonske promjene gdje je količina padalina ljeti znatno manja nego zimi i ostalo. U ljetnim sušnim mjesecima kada je najpotrebnija voda za navodnjavanje, vodostaj rijeke Neretve je najniži. Osim nedostatka vode iz vlastitih izvora dopušta intruziju slane morske vode koja osim prodora koritom Neretve može naštetiti i slatkovodnom bazenu Male Neretve prodiranjem kroz slojeve tla i rukovanjem ustavama.



Slika 44: Nivogram Neretve za 1991. godinu

Tablica 2: Ekstremi postaja Opuzen 1991. godina

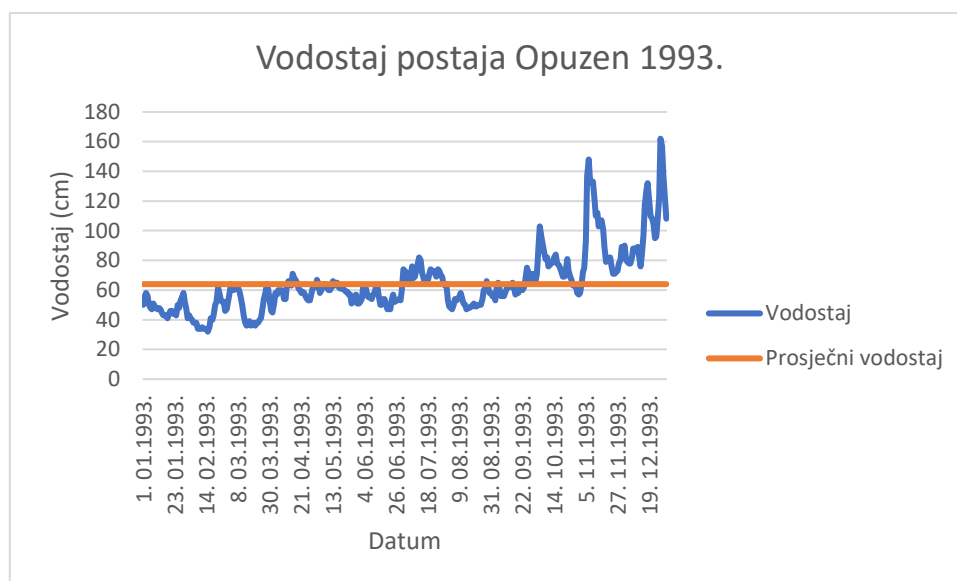
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	229	22.11.
Minimum (cm)	34	26.01.
Prosjek (cm)	67	



Slika 45: Nivogram Neretve za 1992. godinu

Tablica 3: Ekstremi postaja Opuzen 1992. godina

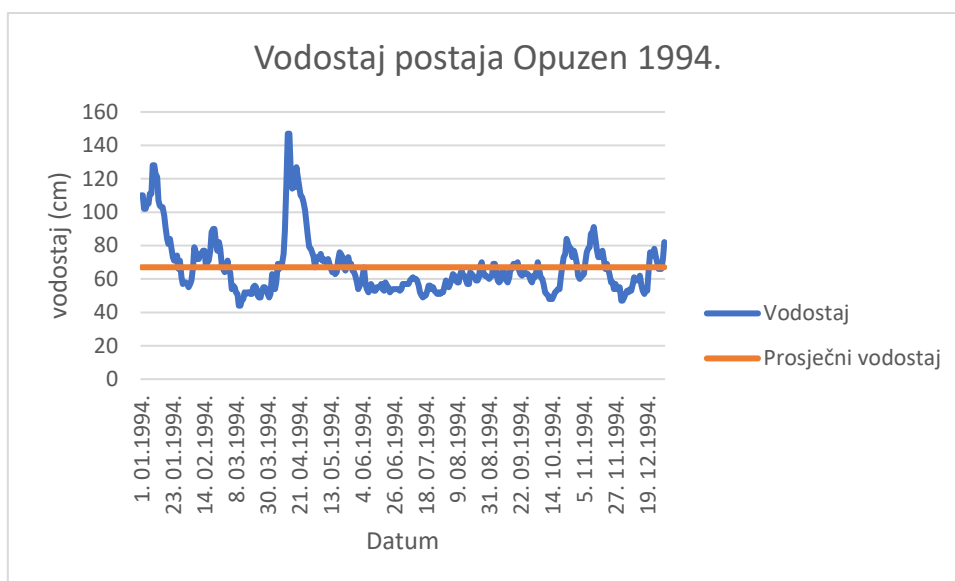
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	117	10.12.
Minimum (cm)	27	27.01.
Prosjek (cm)	63	



Slika 46: Nivogram Neretve za 1993. godinu

Tablica 4: Ekstremi postaja Opuzen 1993. godina

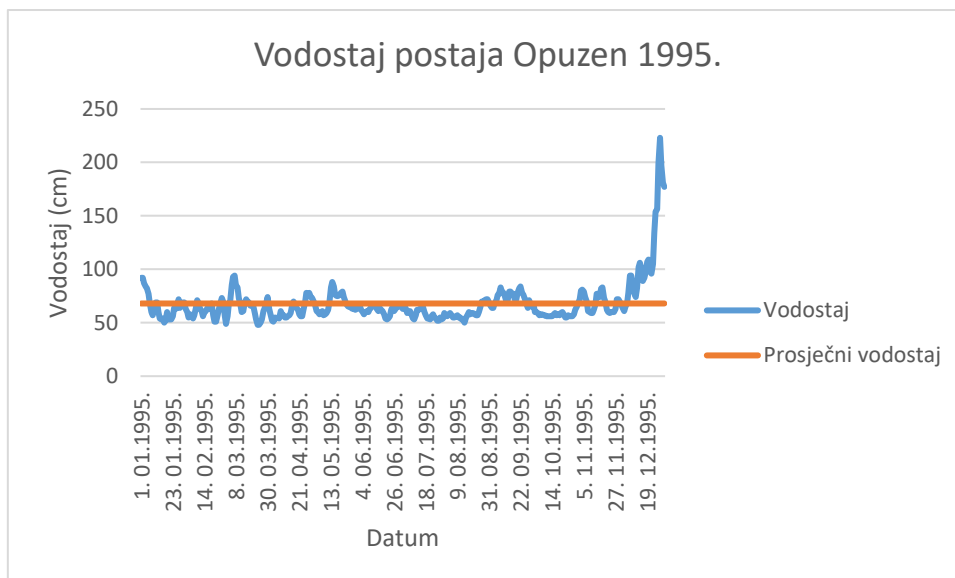
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	162	27.12.
Minimum (cm)	32	15.02.
Prosjek (cm)	64	



Slika 47: Nivogram Neretve za 1994. godinu

Tablica 5: Ekstremi postaja Opuzen 1994. godina

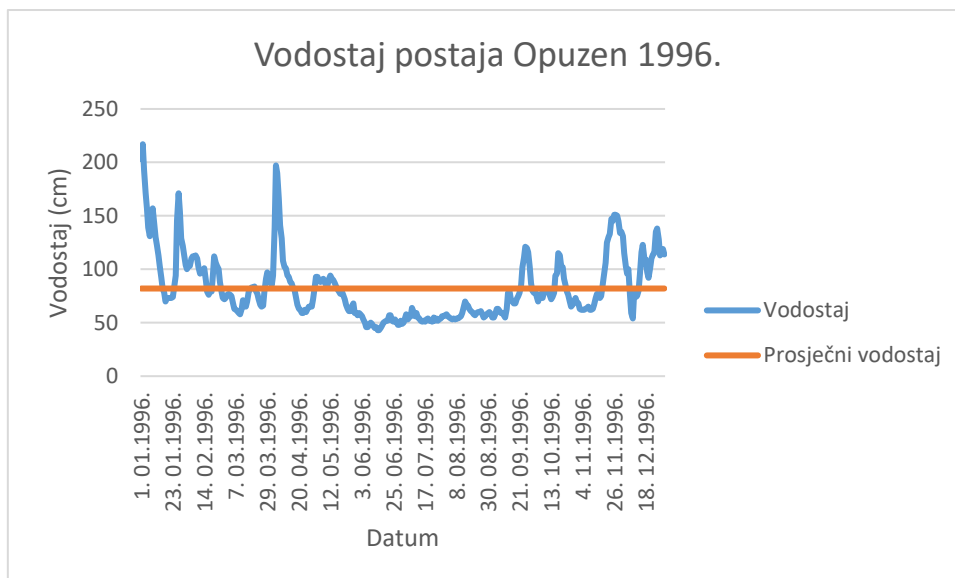
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	147	13.04
Minimum (cm)	44	10.03.
Prosjek (cm)	67	



Slika 48: Nivogram Neretve za 1995. godinu

Tablica 6: Ekstremi postaja Opuzen 1995. godina

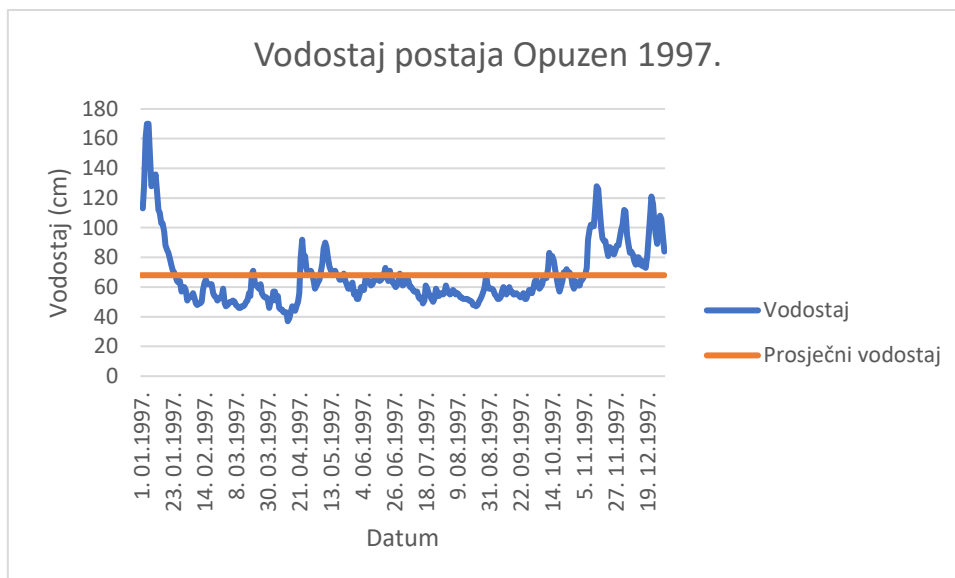
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	223	28.12.
Minimum (cm)	48	23.03.
Prosjek (cm)	68	



Slika 49: Nivogram Neretve za 1996. godinu

Tablica 7: Ekstremi postaja Opuzen 1996. godina

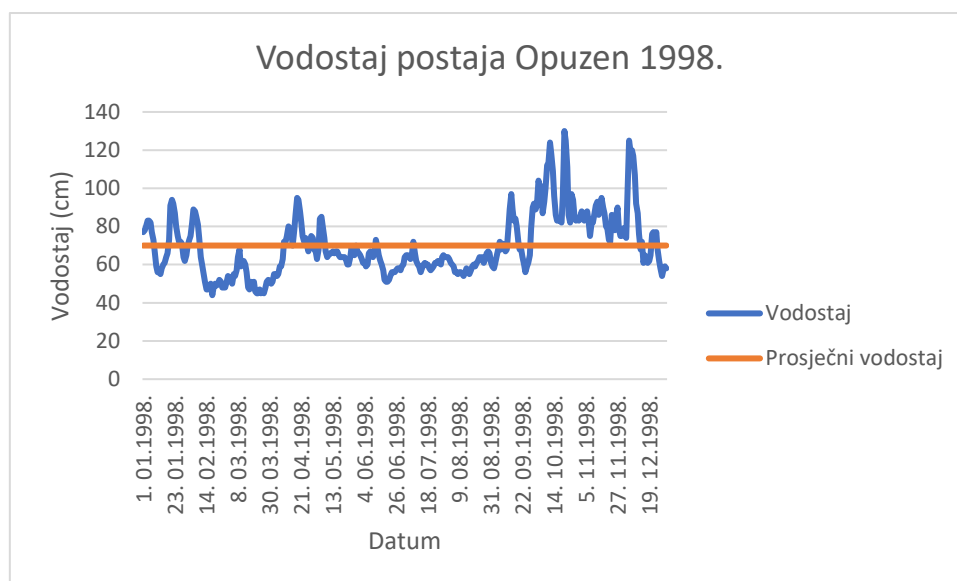
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	217	02.01.
Minimum (cm)	43	14.06.
Prosjek (cm)	82	



Slika 50: Nivogram Neretve za 1997. godinu

Tablica 8: Ekstremi postaja Opuzen 1997. godina

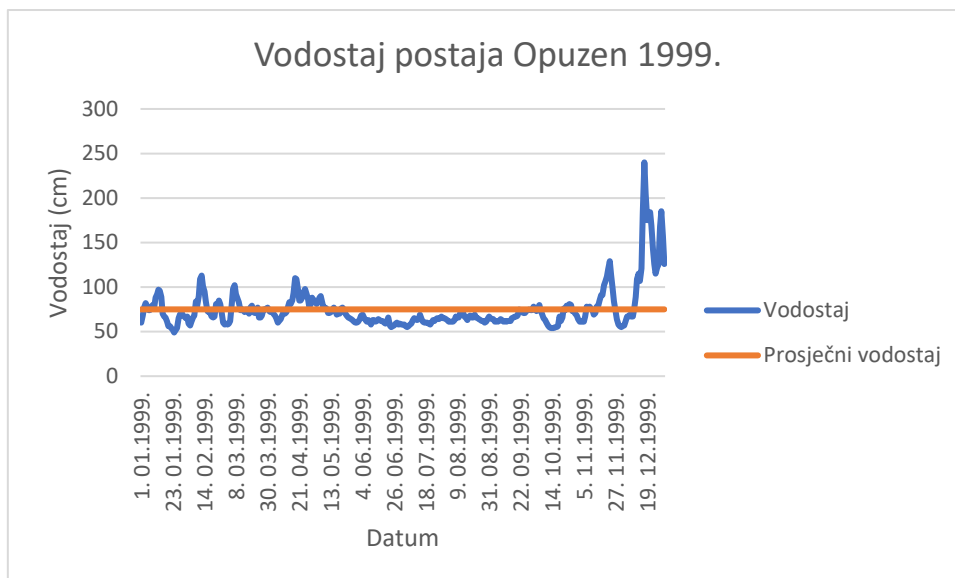
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	170	05.01.
Minimum (cm)	37	13.04.
Prosjek (cm)	68	



Slika 51: Nivogram Neretve za 1998. godinu

Tablica 9: Ekstremi postaja Opuzen 1998. godina

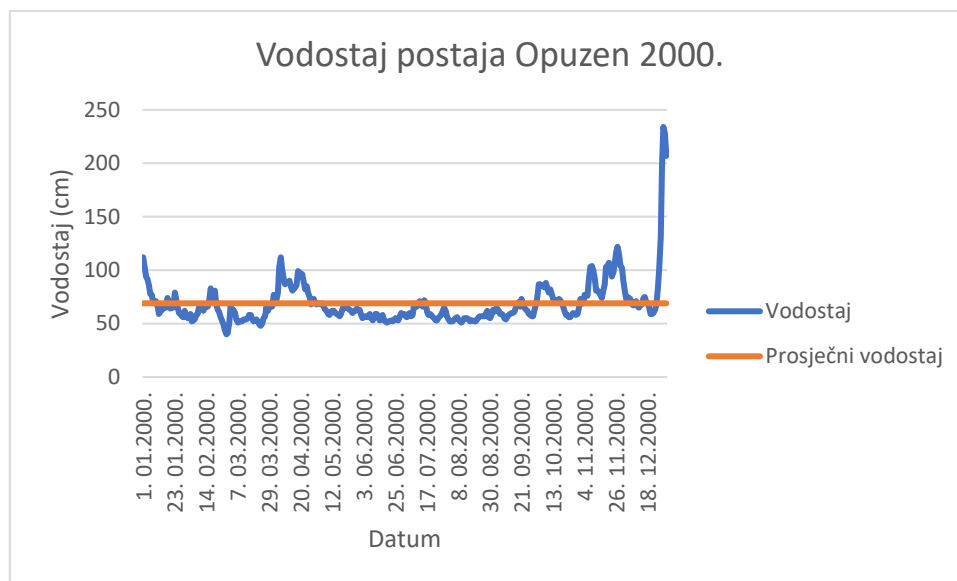
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	130	21.10.
Minimum (cm)	44	18.02.
Prosjek (cm)	70	



Slika 52: Nivogram Neretve za 1999. godinu

Tablica 10: Ekstremi postaja Opuzen 1999. godina

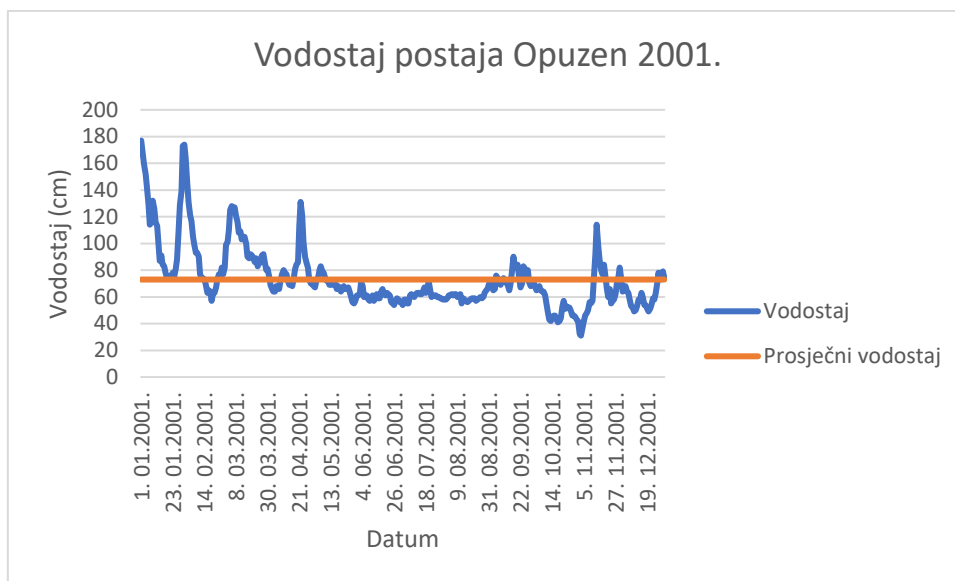
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	240	17.12.
Minimum (cm)	49	24.01.
Prosjek (cm)	75	



Slika 53: Nivogram Neretve za 2000. godinu

Tablica 11: Ekstremi postaja Opuzen 2000. godina

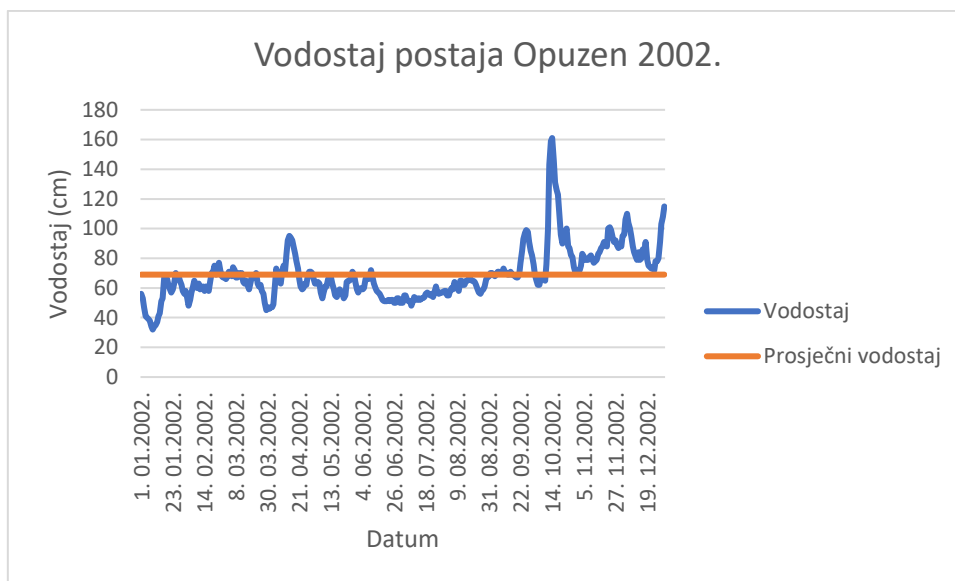
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	234	29.12.
Minimum (cm)	40	28.02.
Prosjek (cm)	69	



Slika 54: Nivogram Neretve za 2001. godinu

Tablica 12: Ekstremi postaja Opuzen 2001. godina

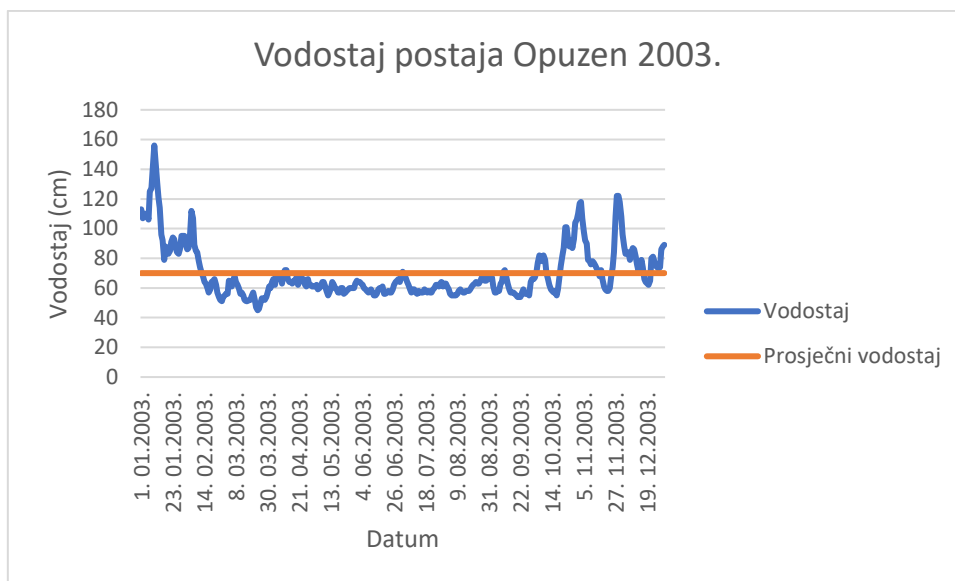
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	177	01.01.
Minimum (cm)	31	03.11.
Prosjek (cm)	73	



Slika 55: Nivogram Neretve za 2002. godinu

Tablica 13: Ekstremi postaja Opuzen 2002. godina

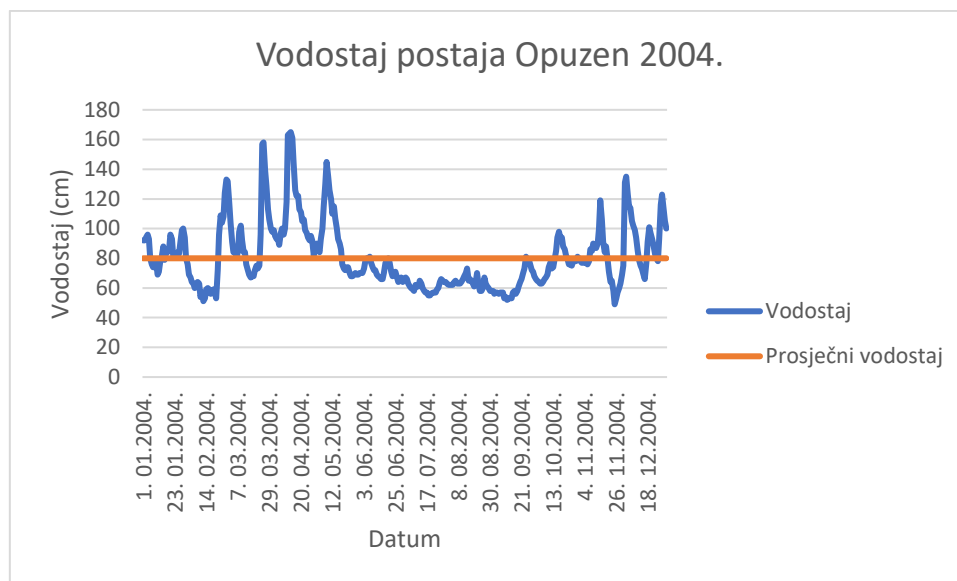
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	161	14.10.
Minimum (cm)	32	09.01.
Prosjeak (cm)	69	



Slika 56: Nivogram Neretve za 2003. godinu

Tablica 14: Ekstremi postaja Opuzen 2003. godina

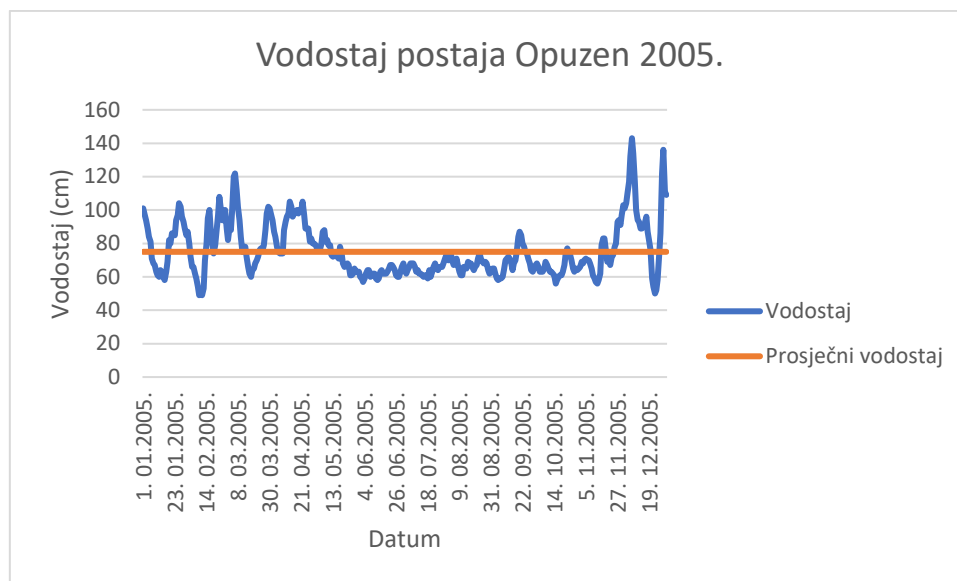
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	156	10.01.
Minimum (cm)	45	23.03.
Prosjeak (cm)	70	



Slika 57: Nivogram Neretve za 2004. godinu

Tablica 15: Ekstremi postaja Opuzen 2004. godina

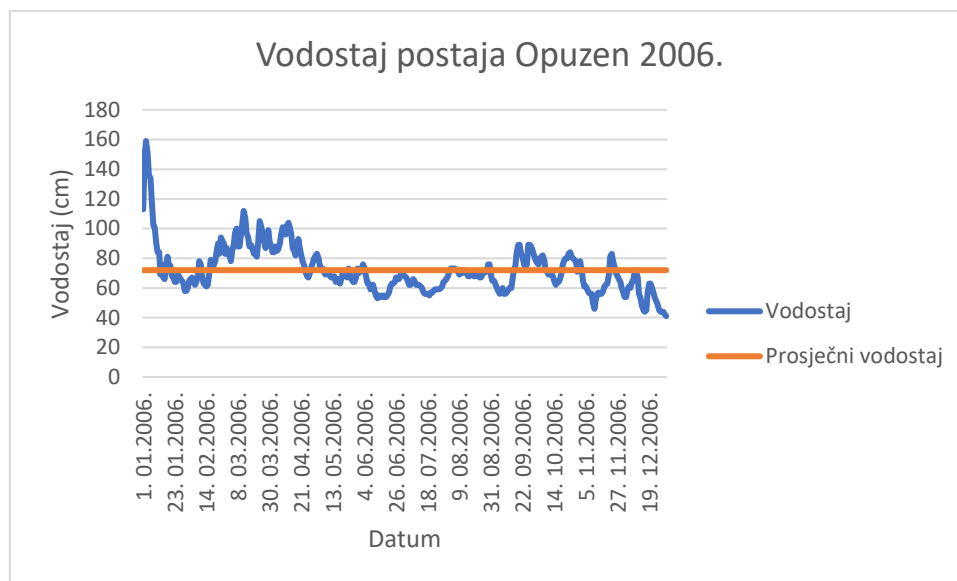
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	165	13.04.
Minimum (cm)	49	25.11.
Prosjeak (cm)	80	



Slika 58: Nivogram Neretve za 2005. godinu

Tablica 16: Ekstremi postaja Opuzen 2005. godina

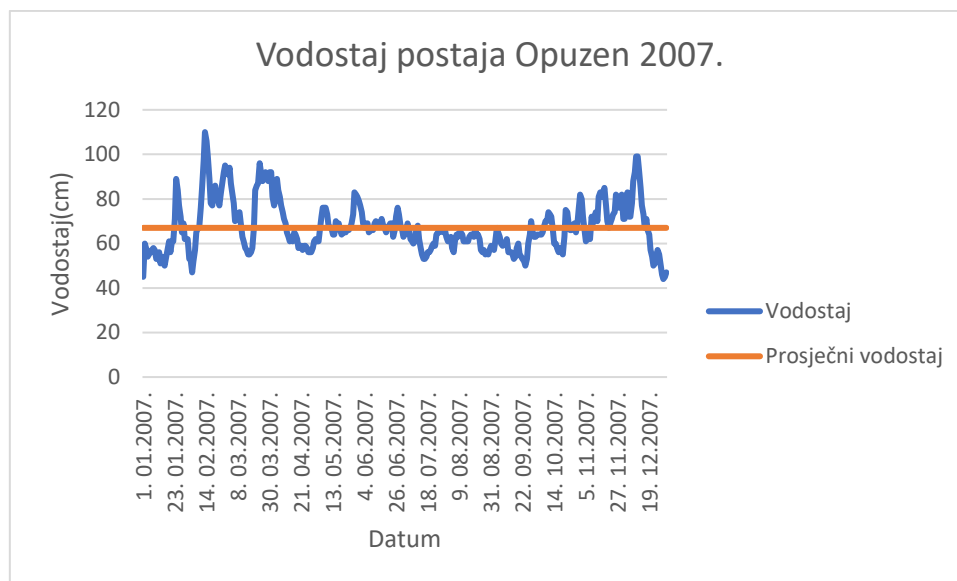
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	143	07.12.
Minimum (cm)	49	09.02.
Prosjeak (cm)	75	



Slika 59: Nivogram Neretve za 2006. godinu

Tablica 17: Ekstremi postaja Opuzen 2006. godina

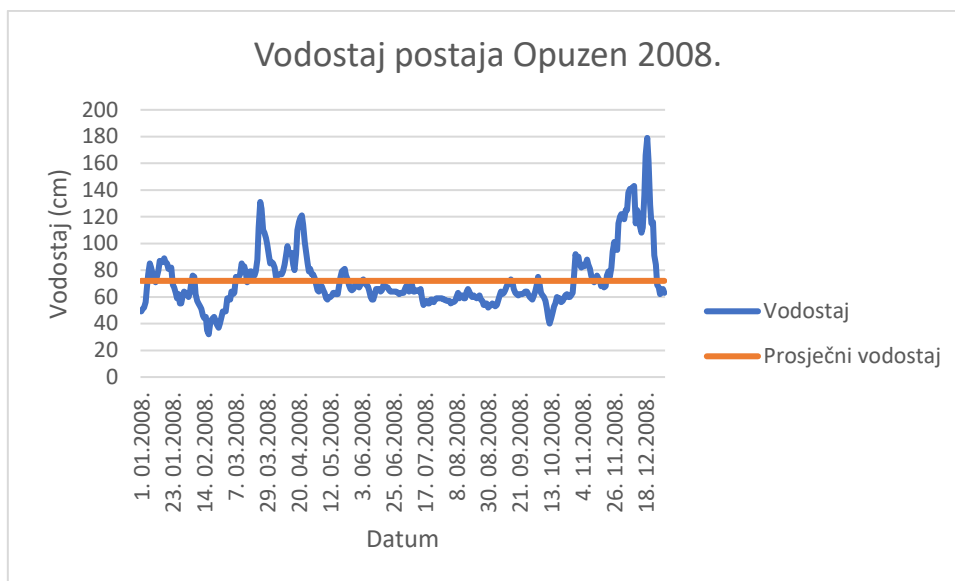
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	159	03.01.
Minimum (cm)	41	31.12.
Prosjek (cm)	72	



Slika 60: Nivogram Neretve za 2007. godinu

Tablica 18: Ekstremi postaja Opuzen 2007. godina

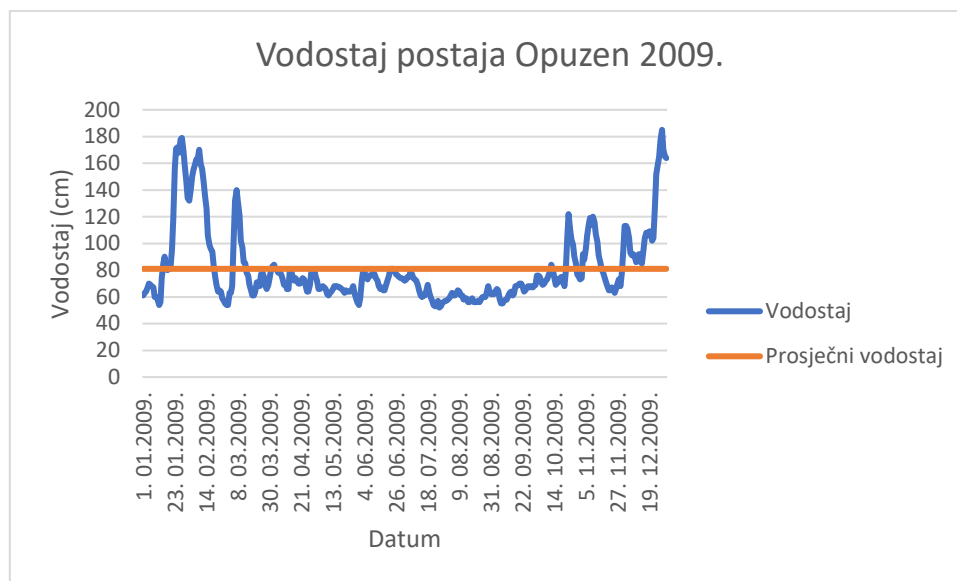
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	110	13.02.
Minimum (cm)	44	29.12.
Prosjek (cm)	67	



Slika 61: Nivogram Neretve za 2008. godinu

Tablica 19: Ekstremi postaja Opuzen 2008. godina

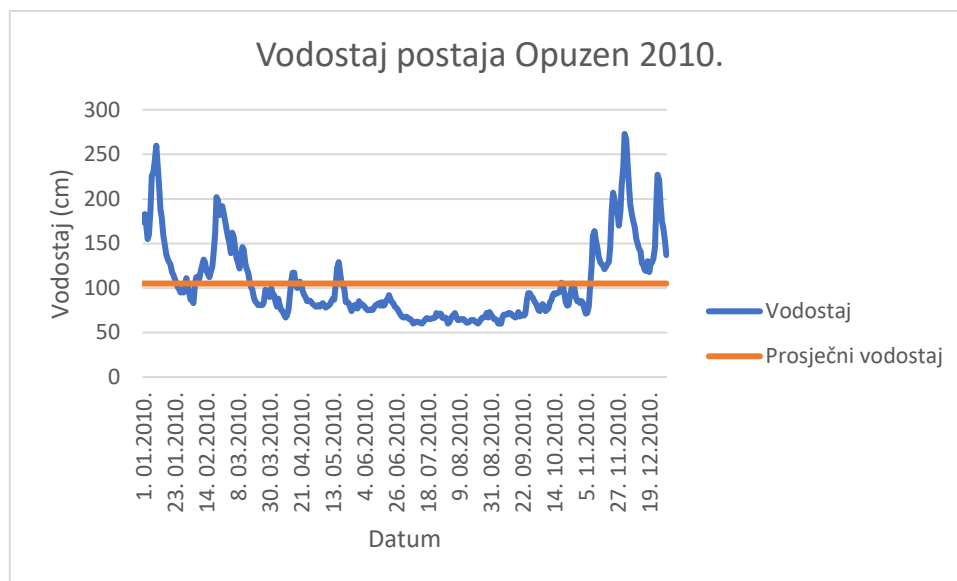
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	179	19.12.
Minimum (cm)	32	17.02.
Prosjeak (cm)	72	



Slika 62: Nivogram Neretve za 2009. godinu

Tablica 20: Ekstremi postaja Opuzen 2009. godina

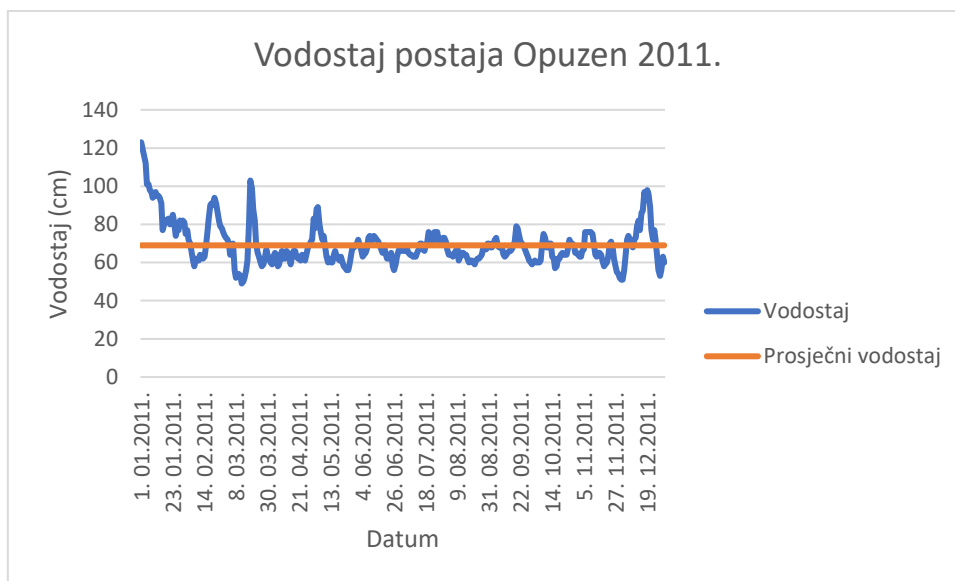
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	185	28.12.
Minimum (cm)	52	26.07.
Prosjeak (cm)	81	



Slika 63: Nivogram Neretve za 2010. godinu

Tablica 21: Ekstremi postaja Opuzen 2010. godina

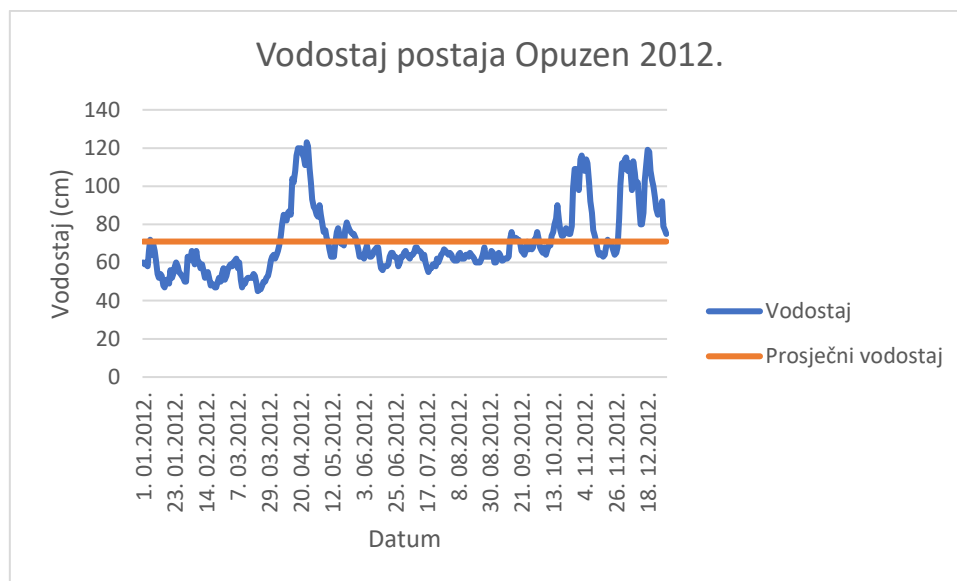
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	273	02.12.
Minimum (cm)	60	14.07.
Prosjek (cm)	105	



Slika 64: Nivogram Neretve za 2011. godinu

Tablica 22: Ekstremi postaja Opuzen 2011. godina

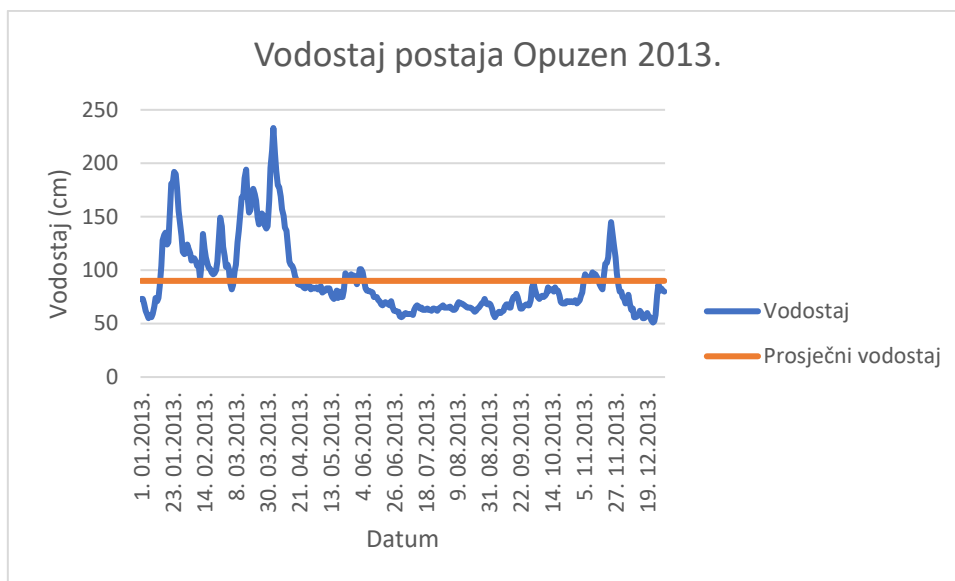
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	123	01.01.
Minimum (cm)	49	12.03.
Prosjek (cm)	69	



Slika 65: Nivogram Neretve za 2012. godinu

Tablica 23: Ekstremi postaja Opuzen 2012. godina

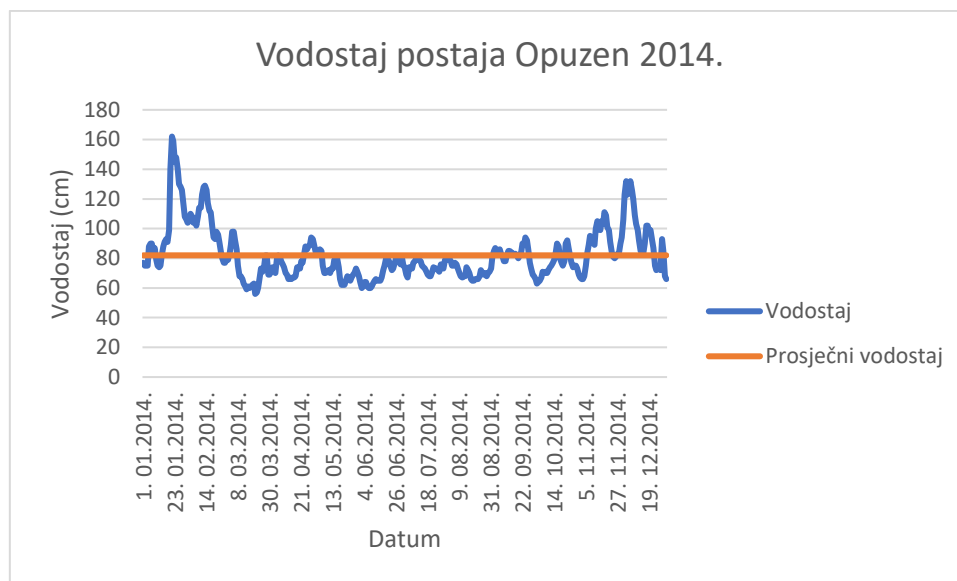
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	123	24.04.
Minimum (cm)	45	21.03.
Prosjeak (cm)	71	



Slika 66: Nivogram Neretve za 2013. godinu

Tablica 24: Ekstremi postaja Opuzen 2013. godina

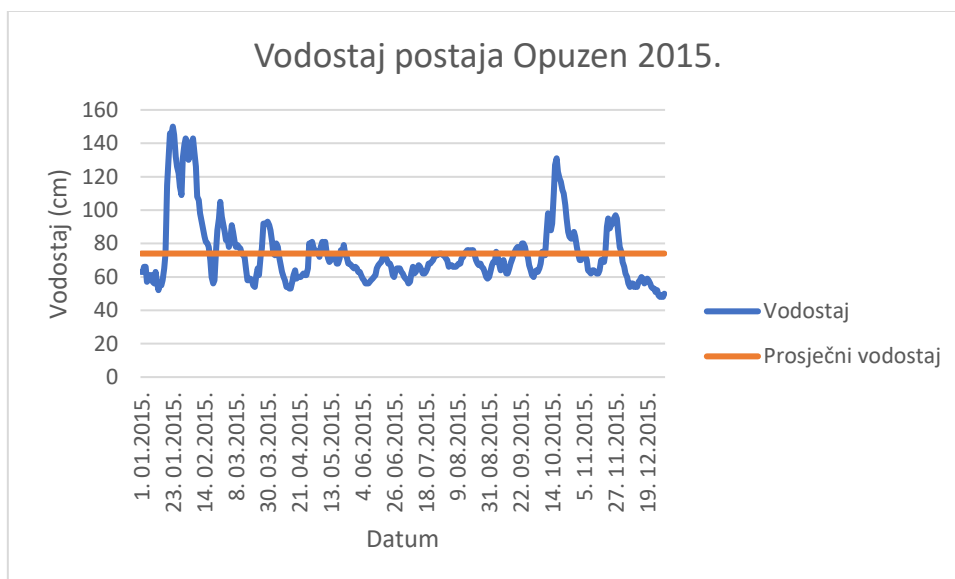
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	233	03.04.
Minimum (cm)	51	23.12.
Prosjek (cm)	90	



Slika 67: Nivogram Neretve za 2014. godinu

Tablica 25: Ekstremi postaja Opuzen 2014. godina

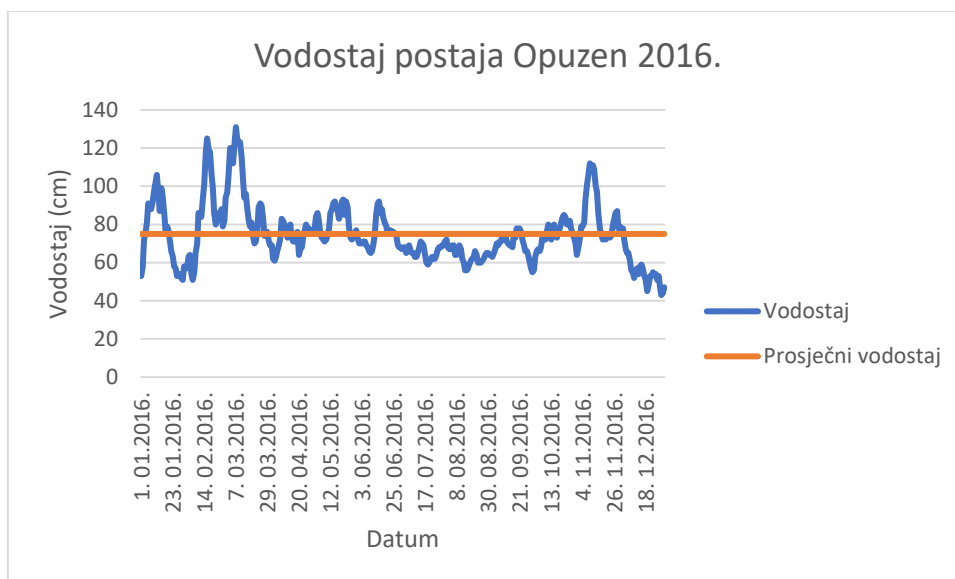
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	162	21.01.
Minimum (cm)	56	20.03.
Prosjeak (cm)	82	



Slika 68: Nivogram Neretve za 2015. godinu

Tablica 26: Ekstremi postaja Opuzen 2015. godina

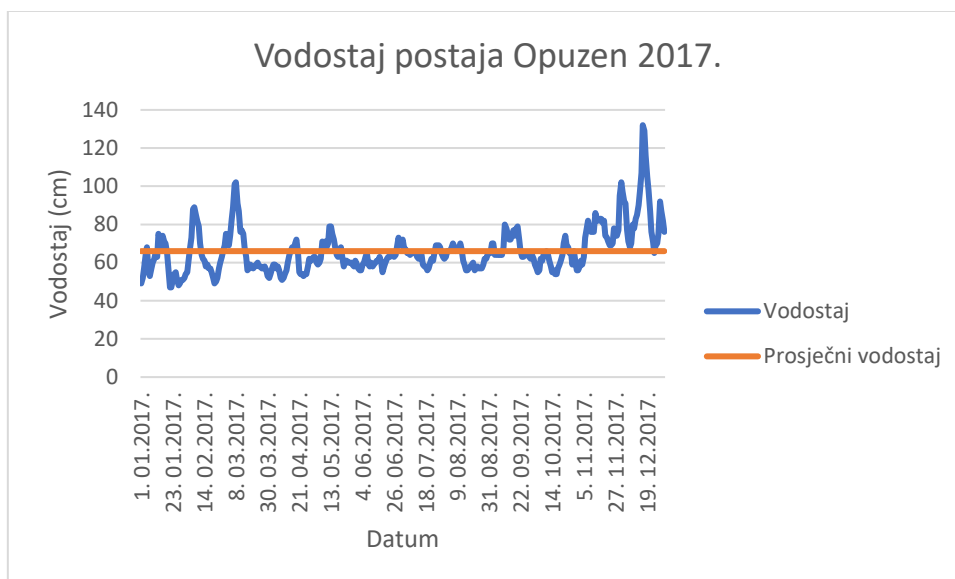
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	150	23.01.
Minimum (cm)	48	28.12.
Prosjek (cm)	74	



Slika 69: Nivogram Neretve za 2016. godinu

Tablica 27: Ekstremi postaja Opuzen 2016. godina

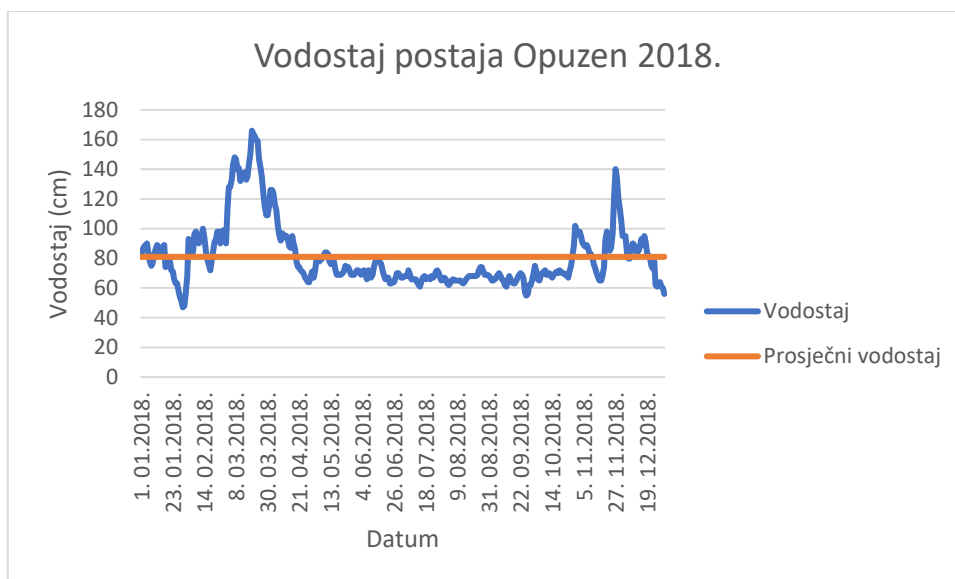
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	131	7.03
Minimum (cm)	43	29.12.
Prosjek (cm)	75	



Slika 70: Nivogram Neretve za 2017. godinu

Tablica 28: Ekstremi postaja Opuzen 2017. godina

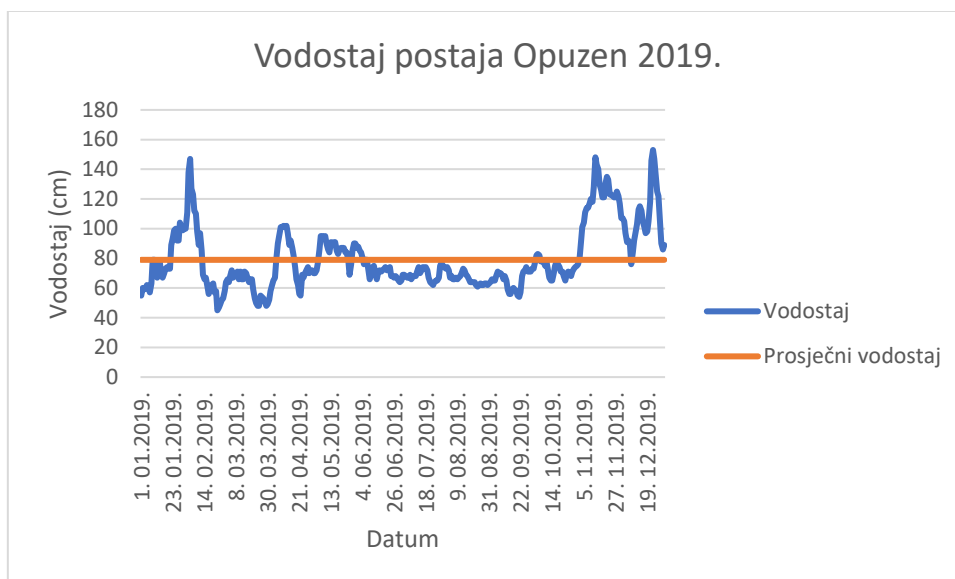
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	132	16.12.
Minimum (cm)	47	21.01.
Prosjek (cm)	66	



Slika 71: Nivogram Neretve za 2018. godinu

Tablica 29: Ekstremi postaja Opuzen 2018. godina

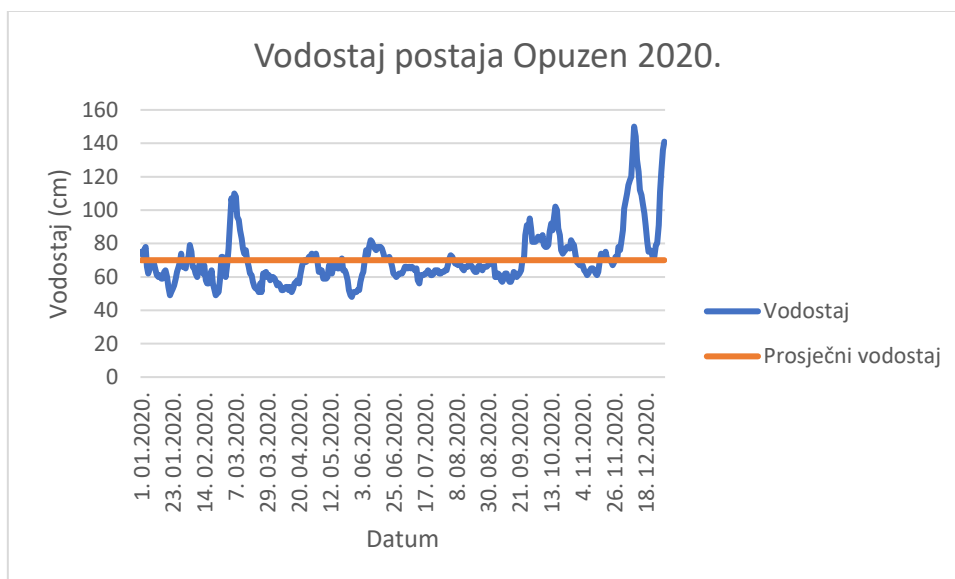
Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	166	19.03.
Minimum (cm)	47	30.01.
Prosjek (cm)	81	



Slika 72: Nivogram Neretve za 2019. godinu

Tablica 30: Ekstremi postaja Opuzen 2019. godina

Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	153	23.12.
Minimum (cm)	45	23.02.
Prosjek (cm)	79	



Slika 73: Nivogram Neretve za 2020. godinu

Tablica 31: Ekstremi postaja Opuzen 2020. godina

Ekstremi	Veličina (cm)	Datum
Maksimum (cm)	150	10.12.
Minimum (cm)	48	27.05.
Prosjeak (cm)	70	

