

Modeliranje prodora soli u priobalne vodonosnike u svrhu planiranja mjera  
prilagodbe na klimatske promjene  
(Projekt ASTERIS)



**NARUČITELJ:**

**HRVATSKE VODE**

PRAVNA OSOBA ZA UPRAVLJANJE VODAMA

10000 ZAGREB, ULICA GRADA VUKOVARA 220

**IZVRŠITELJ:**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU AGRONOMSKI FAKULTET**

10000 ZAGREB, SVETOŠIMUNSKA CESTA 25

# D.3.2.3 Karta teritorijalne opasnosti



1506  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO



COMUNE  
DI FANO



INSTITUT ZA JADRANSKE KULTURE  
I MELIORACIJU KRŠA SPLIT



METRIS  
ISTANOVKA  
CENTAR ZA ISTRAŽIVANJE MATERIJALA  
ISTARSKE ŽUPANIJE



HRVATSKE VODE



## Kontrolni List Dokumenta

<b>Broj projekta:</b>	10048765
<b>Akronim projekta</b>	ASTERIS
<b>Naziv projekta</b>	Adaptation to Saltwater inTrusion in sEa level RIse Scenarios
<b>Početak projekta</b>	Siječanj 2019
<b>Trajanje</b>	24 mjeseca

<b>Povezana aktivnost:</b>	Početna analiza teritorijalne opasnosti
<b>Naziv isporuke:</b>	Karta teritorijalne opasnosti
<b>Tip isporuke</b>	Izvješće
<b>Jezik</b>	Hrvatski
<b>Naslov radnog paketa</b>	Modeliranje trenutnog I budućeg prodora soli u priobalne Jadranske vodonosnike
<b>Broj radnog paketa</b>	3
<b>Voditelj radnog paketa</b>	

<b>Status</b>	
<b>Autor (i)</b>	
<b>Verzija</b>	
<b>Rok isporuke</b>	
<b>Datum dostave</b>	

**NARUČITELJ:**

**HRVATSKE VODE**

PRAVNA OSOBA ZA UPRAVLJANJE VODAMA

10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

**IZVRŠITELJ:**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**AGRONOMSKI FAKULTET**

Zavod za melioracije

prof.dr.sc. Davor Romić

doc.dr.sc. Monika Zovko

prof.dr.sc. Marija Romić

prof.dr.sc. Gabrijel Ondrašek

prof.dr.sc. Stjepan Husnjak

dr.sc. Marina Bubalo Kovačić

dr.sc. Helena Bakić Begić

Marko Reljić, mag.ing.agr.

Dekan



Prof. dr. sc. Zoran Grgić

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	IZRADA I TUMAČENJE PEDOLOŠKE KARTE .....	3
3.	STATISTIČKA I GEOSTATISTIČKA ANALIZA PODLOGA ZA POČETNU PROCJENU OPASNOSTI PRODORA SOLI I ZASLANJIVANJE VODA I TLA .....	9
3.1.	ANALIZA NAČINA KORIŠTENJA POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA .....	10
3.2.	ANALIZA KLIMATSKIH POKAZATELJA .....	12
3.2.1.	Analiza klimatskih pokazatelja područja dubrovačko-neretvanske županije .....	14
3.2.2.	Analiza klimatski pokazatelja područja splitsko-dalmatinske županije .....	29
3.2.3.	Analiza klimatskih pokazatelja područja šibensko-kninske županije .....	33
3.2.4.	Analiza klimatskih pokazatelja područja zadarske županije .....	37
4.	SUDJELOVANJE U UPRAVLJAČKIM AKTIVNOSTIMA PROJEKTA ASTERIS .....	43
5.	REFERENCE .....	45



# 1. UVOD

Projekt ASTERIS (eng. *Adaptation to Saltwater intrusion in sea level rise scenarios*) odobren je u sklopu Programa prekogranične suradnje INTERREG V-A Italija-Hrvatska 2014.-2020, prioriteta 2, mjere 2.1. Cilj projekta je, temeljem zajedničke procjene prostorne i vremenske varijabilnosti prodora morske vode, identificirati i kartirati potrebe i prepreke u upravljanju rizicima zaslivanja vode te pružiti praktične alate za održivo upravljanje obalnih vodonosnika na lokalnoj razini. Da bi se postigao taj cilj, odabrana su tri kritična i reprezentativna područja za realizaciju specifičnih studija slučaja: regija Emilia-Romagna (općina Ravenna, Italija), regija Marche (općina Fano, Italija) i Dubrovačko-neretvanska županija (područje delte Neretve u daljnjem tekstu **PILOT PODRUČJE**). Projekt se sastoji od pet radnih paketa, a u ovom elaboratu daje se pregled provedenih istraživanja u sklopu radnog paketa br. 3. „Modeliranje trenutnog i budućeg prodora soli u priobalne Jadranske vodonosnike“ (dalje u tekstu RP 3.). Cilj RP 3. je kroz pet aktivnosti kvantitativno vrednovati odgovor obalnih jadranskih vodonosnika na globalno zagrijavanje. Izvješće obuhvaća provedbu aktivnosti 3.2. „Početna analiza teritorijalne opasnosti“ sa sljedećim isporukama:

- 1) izrada i tumačenje pedološke karte u GIS-u, sukladno normativima prema Svjetskoj referentnoj osnovici za tlo (WRB) za početnu analizu i procjenu opasnosti prodora soli i zaslivanja tla na teritorijalnoj razini za obalno područje (do 5 km udaljenosti od obalne crte) Hrvatske, koje prostorno obuhvaća područje dubrovačko–neretvanske županije, splitsko-dalmatinske, šibensko-kninske i zadarske županije;
- 2) statistička analiza i kartografski prikaz klimatoloških, hidrogeoloških i pedoloških podloga u GIS-u za početnu procjenu opasnosti prodora soli i zaslivanja voda i tla na teritorijalnoj razini za obalno područje (do 5 km udaljenosti od obalne crte) Hrvatske, koje prostorno obuhvaća područje dubrovačko–neretvanske županije, splitsko-dalmatinske, šibensko-kninske i zadarske



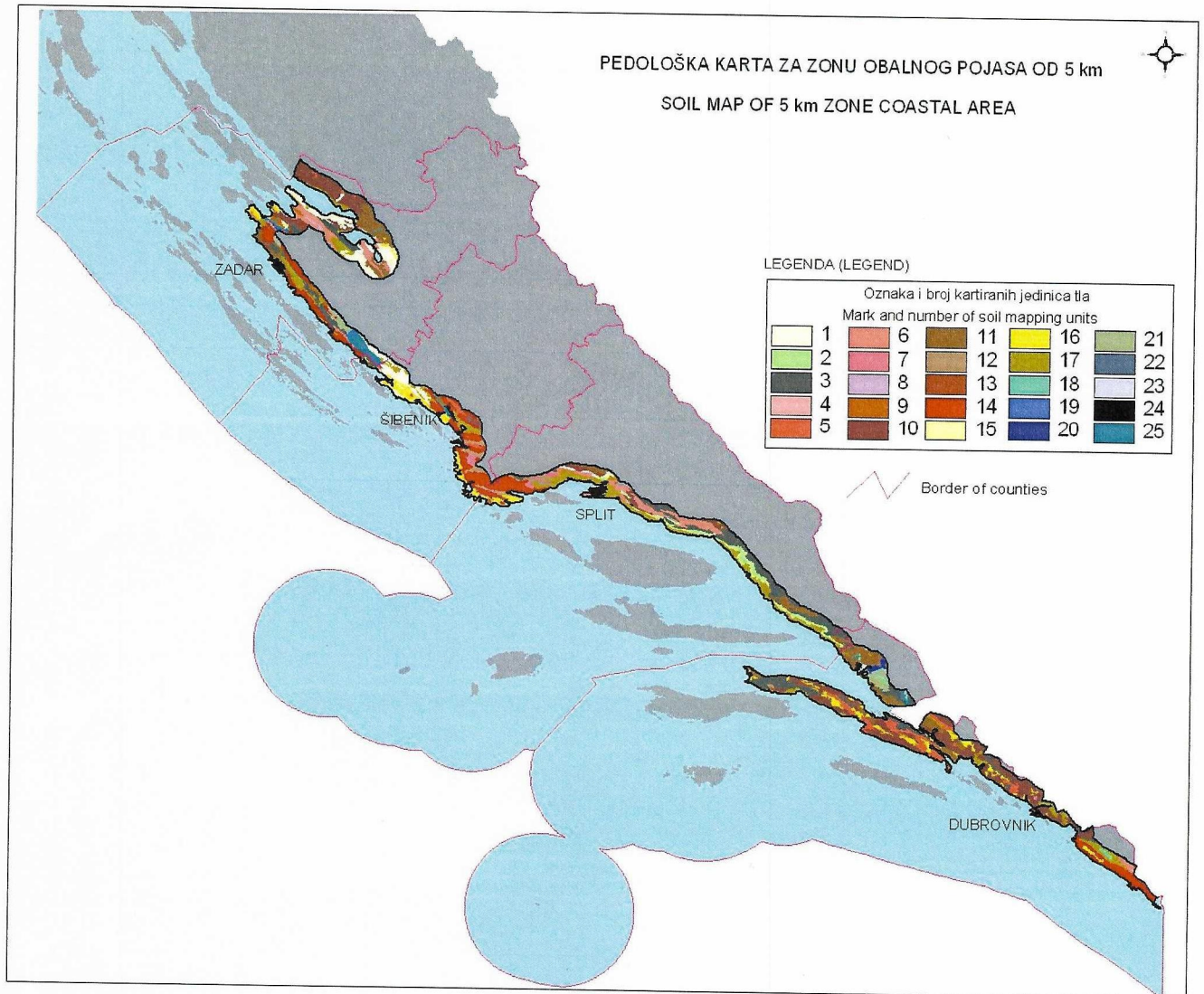
županije.

Za prethodno navedene isporuke korišteni su podaci dostavljeni od Naručitelja: klimatski podatci za područje Dubrovačko–neretvanske, Splitsko-dalmatinske, Šibensko-kninske i Zadarske županije te Namjenska pedološka karta M 1:300.000.

## 2. IZRADA I TUMAČENJE PEDOLOŠKE KARTE

Za potrebe realizacije radnog paketa 3 (RP 3) „Početna analiza teritorijalne opasnosti“ u sklopu projekta ASTERIS, izrađena je pedološka karta za zonu obalnog pojasa širine od 5 km. Navedena karta biti će korištena kao jedna od važnijih podloga za početnu analizu opasnosti zasljanjivanja tla i voda na promatranom području te razvoj modela rizika koji će se temeljiti na budućim scenarijima. Osnovni izvor za izradu pedološke karte predstavljala je „Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske“ mjerila 1:300.000, te postojeći podaci detaljnijih pedoloških karata. Vodene površine i veća naselja zasebno su izdvojeni. Na pedološkoj karti prikazane su 23 kartirane jedinice tala, te vodene površine i naselja, slika 1.

Legenda pedološke karte prikazana je u tablici 1. Nazivi kartiranih jedinica tla prikazani su prema klasifikaciji tala Hrvatske, i to na hrvatskom i engleskom jeziku, te prema klasifikacijskom sustavu Svjetske referentne osnovice za talne resurse - World Reference Base for Soil Resources (WRB). Pedološka karta izrađena je u digitalnom obliku kao shp file s atributnim podacima naziva kartiranih jedinica tla na hrvatskom i engleskom jeziku te prema WRB sustavu klasifikacije tala.



**Slika 1.** Pedološka karta za zonu obalnog pojasa od 5 km



**Tablica 1.** Legenda pedološke karte mjerila 1:300 000 za zonu obalnog pojasa kontinentalnog dijela obuhvata od 5 km za područje Zadarske, Šibensko-kninske, Splitsko-dalmatinske i Dubrovačko-neretvanske županije

Kartirane jedinice tla			Soil mapping units		Soil mapping units (WRB)		Površina Area (ha)
Broj	Naziv pedosistematskih jedinica		Name of pedosystematic units		Reference soil groups*		
Number	Dominantna	Ostale	Dominant	Others	Dominant	Others	
1	Kamenjar	Crnica vapnenačko dolomitna, Rendzina, Smeđe na vapnencu, Crvenica	Lithosol	Calcomelanosol, Rendzina, Calcocambisol, Terra Rossa	Lithic hyperskeletal LEPTOSOL	Lithic mollic LEPTOSOL, rendzic LEPTOSOL, chromic CAMBISOL, rhodic CAMBISOL	20.069,3
2	Koluvij s prevagom detritusa stijena	Kamenjar, Rendzina, Smeđe na vapnencu, Crnica vapnenačko dolomitna	Colluvium with preponderance of stone detritus	Lithosol, Rendzina, Calcocambisol, Calcomelanosol	Skeletal colluvic REGOSOL	Lithic hyperskeletal LEPTOSOL, rendzic LEPTOSOL, chromic CAMBISOL, lithic mollic LEPTOSOL	7.401,6
3	Crnica vapnenačko dolomitna	Smeđe tlo na vapnencu i dolomitu, Rendzina na trošini vapnenca, Lesivirano na vapnencu i dolomitu	Calcomelanosol	Calcocambisol, Rendzina on limestone detritus, Luvisol on limestone and dolomite	Lithic mollic LEPTOSOL	Chromic CAMBISOL, skeletal rendzic LEPTOSOL, chromic LUVISOL	38.822,0
4	Rendzina na šljunku	Kambična tla, Antropogena tla, Kamenjar, Koluvij	Rendzina on gravel	Cambic soils, Anthropogenic soils, Lithosol, Colluvium	Rendzic LEPTOSOL	CAMBISOLS, ANTHROSOL (on karst), lithic hyperskeletal LEPTOSOL, colluvic REGOSOL	259,1
5	Rendzina na dolomitu i vapnencu	Smeđe tlo na vapnencu, Lesivirano na vapnencu, Crnica vapnenačko dolomitna	Rendzina on dolomite and limestone	Calcocambisol, Luvisol on limestone, Calcomelanosol	Rendzic LEPTOSOL	Chromic CAMBISOL, chromic LUVISOL, lithic mollic LEPTOSOL	10.600,1



6	Rendzina na laporu (flišu) ili mekim vapnencima	Rigolana tla vinograda, Sirozem silikatno karbonatni, Lesivirano na laporu ili praporu, Močvarno glejno, Eutrično smeđe	Rendzina on marl (flysch) or soft limestones	Vitisol, Rhegosol siliceous and calcareous, Luvisol on marl or loess, Eugley, Eutric Cambisol	Rendzic LEPTOSOL	Hortic ANTHROSOL, calcareous REGOSOL, LUVISOL, GLEYSOL, eutric CAMBISOL	17.195,7
7	Rendzina na trošini vapnenca	Smeđe tlo na vapnencu, Crnica vapnenačko dolomitna, Crvenica, Kamenjar	Rendzina on limestone detritus	Calcocambisol, Calcomelanosol, Terra Rossa, Lithosol	Rendzic LEPTOSOL	Chromic CAMBISOL, lithic mollic LEPTOSOL, rhodic CAMBISOL, lithic hyperskeletal LEPTOSOL	2.077,6
8	Ranker na šljunku (Humusno silikatno)	Distrično smeđe tlo, Smeđe podzolasto	Ranker on gravel	Dystric Cambisol, Brunipodzol	Dystric umbric LEPTOSOL	Dystric CAMBISOL, PODZOL	377,3
9	Eutrično smeđe na flišu ili mekom vapnencu	Rendzina na laporu, Lesivirano, Smeđe na vapnencu i dolomitu, Sirozem silikatno karbonatni	Eutric Cambisol on flysch or soft limestone	Rendzina on marl, Luvisol, Calcocambisol, Rhegosol siliceous and calcareous	Eutric CAMBISOL	Rendzic LEPTOSOL, chromic LUVISOL, chromic CAMBISOL, calcareous REGOSOL	2.022,6
10	Smeđe na vapnencu	Crnica vapnenačko dolomitna, Rendzina, Lesivirano na vapnencu, Crvenica, Rigolana tla krša, Eutrično smeđe, Sirozem na laporu	Calcocambisol	Calcomelanosol, Rendzina, Luvisol on limestone, Terra Rossa, Rigosols on karst, Eutric Cambisol, Rhegosol on marl	Chromic CAMBISOL	Lithic mollic LEPTOSOL, Rendzic LEPTOSOL, chromic LUVISOL, rhodic CAMBISOL, hortic ANTHROSOL (on karst), eutric CAMBISOL, calcareous REGOSOL	51.416,9

11	Smeđe na vapnencu	Crvenica tipična i lesivirana, Crnica vapnenačko dolomitna, Rendzina na trošini vapnenca, Lesivirano na vapnencu, Kamenjar, Rigolano	Calcocambisol	Terra Rossa typical and luvic, Calcomelanosol, Rendzina on limestone detritus, Luvisol on limestone, Lithosol, Rigosol	Chromic CAMBISOL	Rhodic CAMBISOL, lithic mollic LEPTOSOL, skeletal rendzic LEPTOSOL, chromic LUVISOL, lithic hyperskeletal LEPTOSOL, hortic ANTHROSOL (on karst)	29.302,5
12	Smeđe na vapnencu	Lesivirano na vapnencu, Crnica vapnenačko dolomitna, Rendzina, Koluvijski	Calcocambisol	Luvisol on limestone, Calcomelanosol, Rendzina, Colluvium	Chromic CAMBISOL	Chromic LUVISOL, lithic mollic LEPTOSOL, rendzic LEPTOSOL, colluvic REGOSOL	5.562,8
13	Crvenica lesivirana i tipična duboka	Smeđe na vapnencu, Crnica vapnenačko dolomitna	Terra Rossa luvic and typical, deep	Calcocambisol, Calcomelanosol	Rhodic CAMBISOL	Chromic CAMBISOL, lithic mollic LEPTOSOL	505,8
14	Crvenica plitka i srednje duboka	Smeđe tlo na vapnencu, Vapneno dolomitna crnica, Antropogena	Terra Rossa shallow and medium deep	Calcocambisol, Calcomelanosol, Anthropogenic soils	Rhodic CAMBISOL	Chromic CAMBISOL, lithic mollic LEPTOSOL, ANTHROSOLS (on karst)	31.765,5
15	Lesivirano pseudoglejno na praporu	Lesivirano tipično, Pseudoglej, Močvarno glejno, Distrično smeđe na praporu	Luvisol pseudoglejic on loess	Luvisol typical, Pseudoglej, Eugley, Dystric Cambisol on loess	Stagnic LUVISOL	LUVISOL, STAGNOSOL, GLEYSOL, dystric CAMBISOL	278,7
16	Antropogena na kršu	Smeđa tla na vapnencu i dolomitu, Crvenice, Crnica vapnenačko dolomitna, Koluvijski	Anthropogenic soils on karst	Calcocambisol, Terra Rossa, Calcomelanosol, Colluvium	ANTHROSOL (on karst)	Chromic CAMBISOL, rhodic CAMBISOL, lithic mollic LEPTOSOL, colluvic REGOSOL	18.763,4



17	Antropogena flišnih i krških sinklinala i koluvija	Rendzina na flišu (laporu), Sirozem silikatno karbonatni, Močvarno glejno, Pseudoglej obronačni, Koluvij	Anthropogenic soils of flysch and karst syncline and colluvium	Rendzina on flysch, Rhegosol siliceous and calcareous, Eugley, Pseudogley of sloping terrains, Colluvium	ANTHROSOL (on karst)	Rendzic LEPTOSOL, calcaric REGOSOL, GLEYSOL, STAGNOSOL (on sloping terrains), colluvic REGOSOL	33.310,2
18	Aluvijalno (fluvisol) obranjeno od poplava	Aluvijalno livadno, Aluvijalno plavljeno, Močvarno glejno	Alluvium flood-protected	Semigley, Alluvium flooded, Eugley	FLUVISOL (flood-protected)	(semigleyic) FLUVISOL humic, FLUVISOL (flooded), GLEYSOL	976,7
19	Močvarno glejna, djelomično hidromeliorirana	Koluvij s prevagom sitnice, Rendzina na proluviju, Pseudoglej na zaravni, Pseudoglej-glej	Eugley partly hidroameliorated	Colluvium with preponderance of fine earth fraction, Rendzina on proluvium, Pseudogley of level terrains, Pseudogley-gley	GLEYSOL (partly hidroameliorated)	Colluvic REGOSOL, rendzic LEPTOSOL, STAGNOSOL (on level terrains), gleyic STAGNOSOL	1.079,5
20	Močvarno glejna	Tresetna, Subakvalna	Eugley	Histosols, Subaquatic soils	GLEYSOL	HISTOSOL, subaquatic GLEYSOL	873,2
21	Hidromeliorirano	Aluvijalno (fluvisol)	Hidroameliorated soil	Alluvium	ANTHROSOL gleyic (hidroameliorated)	FLUVISOL (hidroameliorated)	5.106,3
22	Niski treset	Močvarno glejno, Ritska crnica	Histosol of level terrain	Eugley, Humogley	HISTOSOL	GLEYSOL, mollic GLEYSOL	364,5
23	Halomorfna	Pseudoglej-glej, Ritska crnica, Močvarno glejno	Solonchaks	Pseudogley-gley, Humogley, Eugley	SOLONCHAK	Gleyic STAGNOSOL, mollic GLEYSOL, GLEYSOL	592,2
24	Naselja		Settlements		Settlements		5.301,9
25	Vodene površine		Water bodies		Water bodies		4.251,6
Ukupna površina (total area)							<b>288.277,0</b>

\* U zagradama su navedene značajke koje potpunije obilježavaju referentnu grupu tala

\* (in the brackets are list of properties which more fully characterize the soil reference group)

### **3. STATISTIČKA I GEOSTATISTIČKA ANALIZA PODLOGA ZA POČETNU PROCJENU OPASNOSTI PRODORA SOLI I ZASLANJIVANJE VODA I TLA**

Za potrebe realizacije radnog paketa 3. „Početna analiza teritorijalne opasnosti“ u sklopu projekta ASTERIS, izrađena je karta načina korištenja poljoprivrednog zemljišta za zonu obalnog pojasa širine od 5 km. Navedena karta biti će korištena kao jedna od važnijih podloga ne samo za analizu opasnosti od zaslanjivanja već i za identifikaciju i analizu prioriternih pitanja s obzirom na rizike zaslanjivanja voda i tla. Osnovni izvor za izradu karte načina korištenja poljoprivrednog zemljišta za zonu obalnog pojasa širine od 5 km je „Karta načina korištenja poljoprivrednog zemljišta u Republici Hrvatskoj (Ondrašek i sur., 2020.)“. Kao baza za izradu karte poljoprivrednog zemljišta korišteni su podatci iz ARKOD baze (2017.) upisanih kultura. ARKOD je geometrijska baza podataka koja služi kao e-sustav za identifikaciju i opis zemljišnih parcela, tj. evidencije korištenja/upravljanja poljoprivrednim zemljištem i registar poljoprivrednih gospodarstava Agencije za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju za dodjelu poljoprivrednih subvencija. Međutim, za zemljišne parcele koje nisu registrirane 2017. u ARKOD izvršena je klasifikacija korištenja zemljišta korištenjem GIS alata i dodatnih skupova podataka poput vizualne interpretacije satelitskih slika iz Sentinel 2, Google Earth, digitalne ortofoto karte i CORINE Land Cover 2018 za Hrvatsku. Na takav način izdvojeni su poligoni karakterizirani kao mozaici koji predstavljaju površine koje nisu evidentirane u ARKOD, a izdvajaju se prethodno navedenom metodologijom kao poljoprivredno zemljište (slika 2).



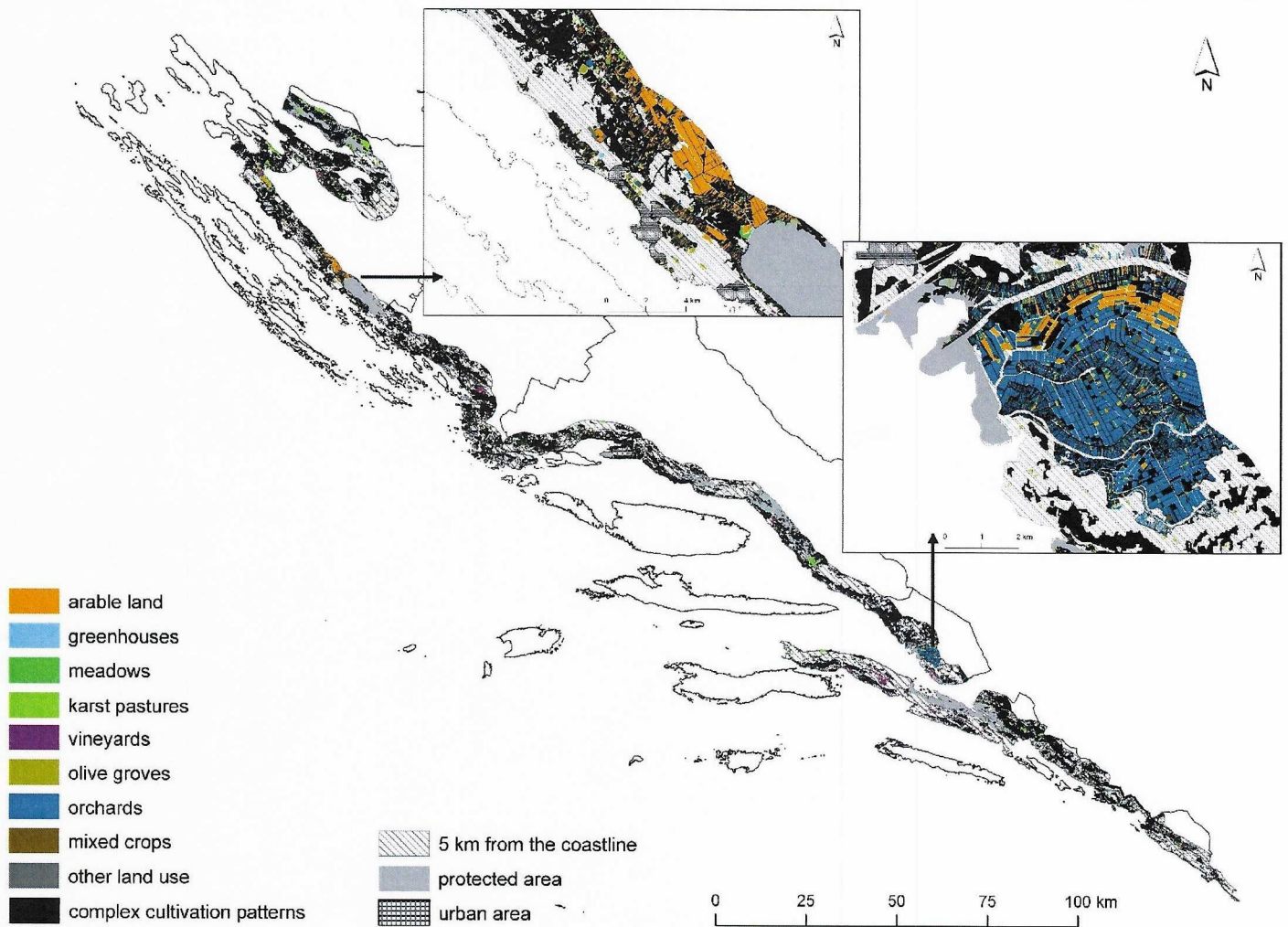
## 3.1. ANALIZA NAČINA KORIŠTENJA POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA

Površina kartiranog obuhvata za zonu obalnog pojasa širine od 5 km na području dubrovačko-neretvanske, splitsko-dalmatinske, šibensko-kninske i zadarske županije iznosi 288390.2 ha. Na karti je izdvojeno 10 kategorija načina korištenja poljoprivrednog zemljišta. Osim toga, izračunate su površine za svaku od kategorija unutar kartiranog obuhvata za zonu obalnog pojasa širine od 5 km. Površine koje nisu evidentirane u ARKOD, a izdvajaju se prethodno navedenom metodologijom kao poljoprivredno zemljište (mozaik) obuhvaćaju 125187.2 ha (tablica 2).

**Tablica 2.** Površine načina korištenja poljoprivrednog zemljišta (evidentirane u ARKOD 2017) kartiranog obuhvata za zonu obalnog pojasa širine od 5 km na području dubrovačko-neretvanske, splitsko-dalmatinske, šibensko-kninske i zadarske županije

Obuhvat	P (ha)
<b>Oranice</b>	3033.8
<b>Staklenici</b>	86.3
<b>Livade</b>	610.8
<b>Krški pašnjaci</b>	3859.7
<b>Vinogradi (i iskrčeni vinogradi)</b>	2109.3
<b>Maslinici</b>	4176.5
<b>Voćnjaci</b>	1922.5
<b>Mješoviti trajni nasadi (i ostali trajni nasadi)</b>	591.69

<b>Ostale vrste uporabe zemljišta</b>	<b>272.4</b>
<b>Sveukupno</b>	<b>16662.99</b>

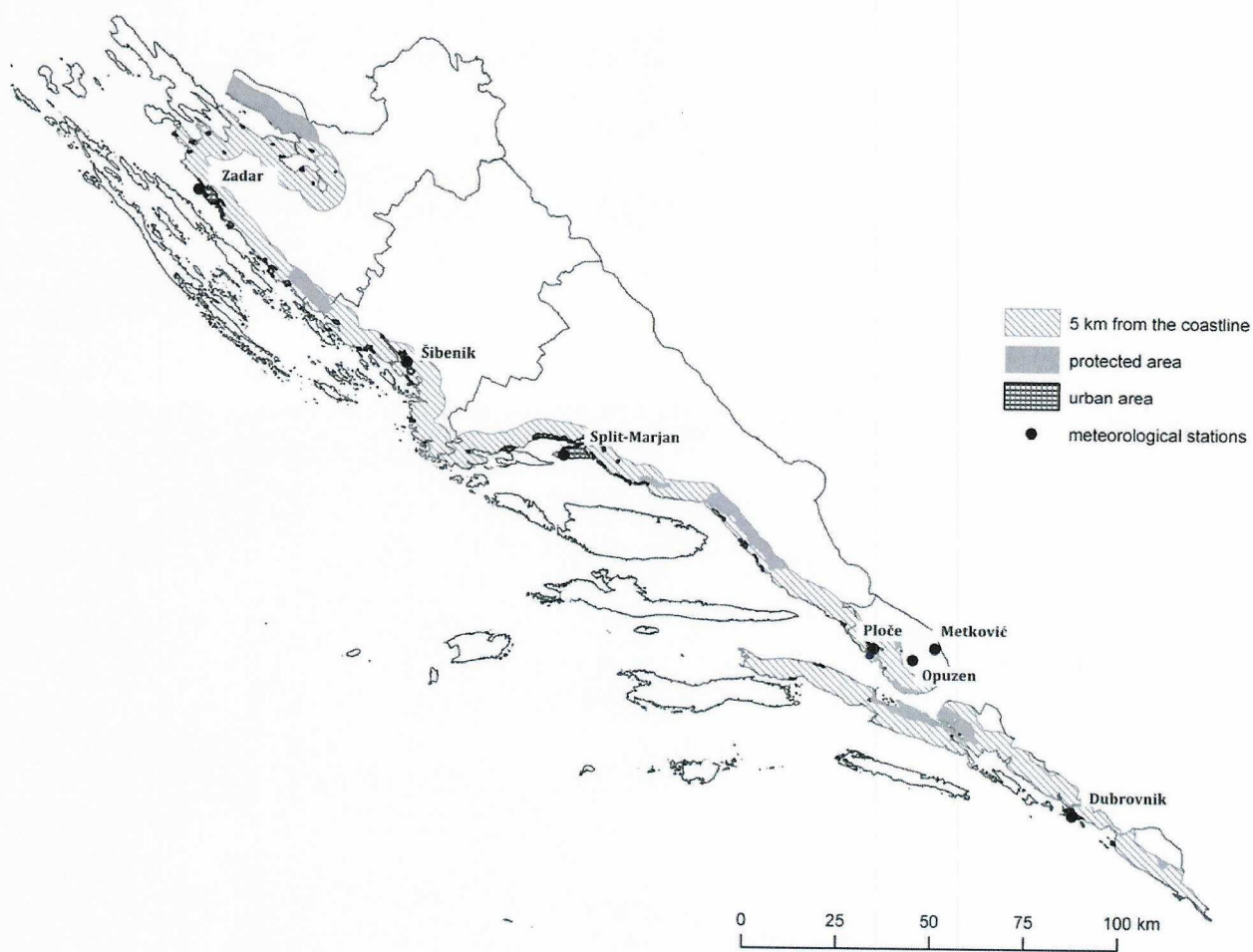


**Slika 2.** Karta korištenog poljoprivrednog zemljišta 2017. godine za kartirani obuhvat: zona obalnog pojasa širine od 5 km na području dubrovačko-neretvanske, splitsko-dalmatinske, šibensko-kninske i zadarske županije



## 3.2. ANALIZA KLIMATSKIH POKAZATELJA

Analiza klimatskih pokazatelja zone obalnog pojasa širine od 5 km na području dubrovačko-neretvanske, splitsko-dalmatinske, šibensko-kninske i zadarske županije u RH provedena je na 7 meteoroloških stanica s dovoljnim cjelovitim nizom podataka za razdoblje 1988.-2017. (slika 3). Učinjena je osnovna statistička analiza i grafički prikaz srednjih mjesečnih i godišnjih temperatura zraka, mjesečnih i godišnjih količina oborina (tablice 3 to 16). Potencijalna evapotranspiracija (PET, mm) za 4 meteorološke postaje obalnog pojasa širine od 5 km na području dubrovačko-neretvanske, splitsko-dalmatinske, šibensko-kninske i zadarske županije izračunata je iz vremenske serije 30-godišnjeg niza (1988.-2017.) meteoroloških podataka dobivenih od Državnog hidrometeorološkog zavoda. Dnevne vrijednosti PET-a izračunate su pomoću Penman-Monteithove formule u odnosu na referentnu kulturu žive trave (Allen i sur., 1998), uzimajući u proračun vrijednosti srednje dnevne temperature (°C), dnevne insolacije (sati), srednje dnevne jačine vjetra (m/s), srednje relativne vlage zraka (%) te dnevnih oborina (mm). U tablici 17 prikazane su godišnje sume izračunatih dnevnih vrijednosti potencijalne evapotranspiracije.



**Slika 3.** Lokacije meteoroloških postaja korištenih za analizu klimatskih pokazatelja u zoni obalnog pojasa širine od 5 km na području dubrovačko-neretvanske, splitsko-dalmatinske, šibensko-kninske i zadarske županije



## 3.2.1. Analiza klimatskih pokazatelja područja dubrovačko-neretvanske županije

**Tablica 3.** Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (°C) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Dubrovnik

Godina	Mjesec												Srednjak
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	11.4	9.8	10.2	13.9	18.9	21.5	26.7	25.4	21.0	17.6	10.1	9.5	16.3
1989.	9.8	10.9	13.3	14.8	17.5	20.2	24.1	24.0	20.6	15.9	12.1	10.2	16.1
1990.	9.2	11.4	12.6	13.9	18.6	21.6	24.6	25.0	20.3	18.6	14.5	8.9	16.6
1991.	8.8	8.3	13.4	12.8	15.2	21.7	24.1	25.3	22.4	17.3	13.8	7.0	15.8
1992.	9.6	9.1	11.5	14.2	19.7	21.4	24.9	27.4	22.4	19.0	15.0	10.1	17.0
1993.	9.2	7.7	9.2	13.8	19.6	23.5	24.1	26.7	21.3	19.4	12.8	11.9	16.6
1994.	10.5	9.9	13.2	14.3	19.6	22.9	27.3	27.1	23.8	19.0	15.0	11.0	17.8
1995.	8.2	11.0	9.9	13.1	17.5	21.9	26.4	24.1	20.0	17.7	11.0	11.7	16.0
1996.	9.8	8.0	9.3	13.9	18.8	22.9	24.0	24.6	18.6	16.7	13.9	10.1	15.9
1997.	10.6	10.3	12.2	11.2	18.6	22.5	24.3	24.5	22.3	16.1	14.5	11.0	16.5
1998.	10.7	11.8	9.6	14.1	17.9	23.0	25.6	26.6	21.4	17.8	12.0	8.5	16.6
1999.	9.7	8.2	12.0	14.5	20.1	23.4	25.2	26.0	22.6	18.8	13.8	11.0	17.1
2000.	7.5	9.5	10.4	15.9	21.1	23.9	24.3	25.4	21.5	18.8	16.3	11.7	17.2
2001.	11.1	10.7	14.0	13.9	20.0	22.2	25.9	26.9	20.1	19.2	12.7	7.0	17.0
2002.	8.5	12.2	13.8	14.9	19.2	24.5	26.5	24.4	21.0	17.6	15.2	11.0	17.4
2003.	10.4	6.4	11.4	13.9	21.4	26.6	26.7	27.6	21.2	16.9	15.1	11.1	17.4
2004.	8.1	9.8	11.4	15.3	17.0	22.8	25.8	24.8	21.7	19.6	13.6	12.1	16.8
2005.	8.1	6.7	10.2	13.7	19.7	22.4	24.8	23.8	22.4	17.5	13.2	10.2	16.1

2006.	8.1	9.0	10.4	15.2	19.0	22.3	25.7	24.3	22.9	19.1	12.5	11.2	16.6
2007.	10.8	11.1	12.5	16.2	20.4	24.5	26.6	26.2	20.4	17.0	12.2	9.1	17.3
2008.	9.9	9.6	12.3	14.7	19.4	23.9	26.2	26.3	21.1	18.1	14.8	11.0	17.3
2009.	10.0	8.0	11.3	15.9	21.3	22.6	26.2	26.8	23.5	17.1	14.1	11.5	17.4
2010.	8.9	9.4	11.1	15.7	18.3	23.0	26.0	24.7	20.6	16.4	14.9	9.6	16.6
2011.	8.6	10.1	12.1	15.9	19.5	24.4	25.4	27.0	25.5	18.2	14.6	11.5	17.7
2012.	8.3	7.5	13.4	14.5	18.7	25.0	28.2	27.7	23.5	19.1	16.2	9.6	17.6
2013.	10.1	9.5	11.2	15.9	19.2	22.7	26.2	26.4	22.5	18.6	15.7	12.2	17.5
2014.	11.9	12.9	13.3	15.4	18.0	23.3	24.6	25.6	21.3	18.4	16.0	11.8	17.7
2015.	10.0	9.8	11.9	14.5	19.7	23.8	28.0	27.4	23.6	18.6	15.4	12.1	17.9
2016.	9.9	12.8	12.6	16.8	18.6	23.8	27.0	26.3	22.5	17.5	13.9	10.3	17.7
2017.	6.4	11.9	14.1	15.0	19.3	24.5	26.7	27.4	21.4	17.9	14.0	10.1	17.4
<b>Min.</b>	6.4	6.4	9.2	11.2	15.2	20.2	24.0	23.8	18.6	15.9	10.1	7.0	15.8
<b>Max.</b>	11.9	12.9	14.1	16.8	21.4	26.6	28.2	27.7	25.5	19.6	16.3	12.2	17.9
<b>Avg.</b>	9.5	9.8	11.8	14.6	19.1	23.1	25.7	25.9	21.8	18.0	14.0	10.5	17.0
<b>STD</b>	1.2	1.7	1.4	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.4	1.0	1.5	1.4	0.6
<b>CV (%)</b>	13.1	17.5	12.2	7.9	6.8	5.6	4.6	4.7	6.5	5.6	10.9	13.1	3.7

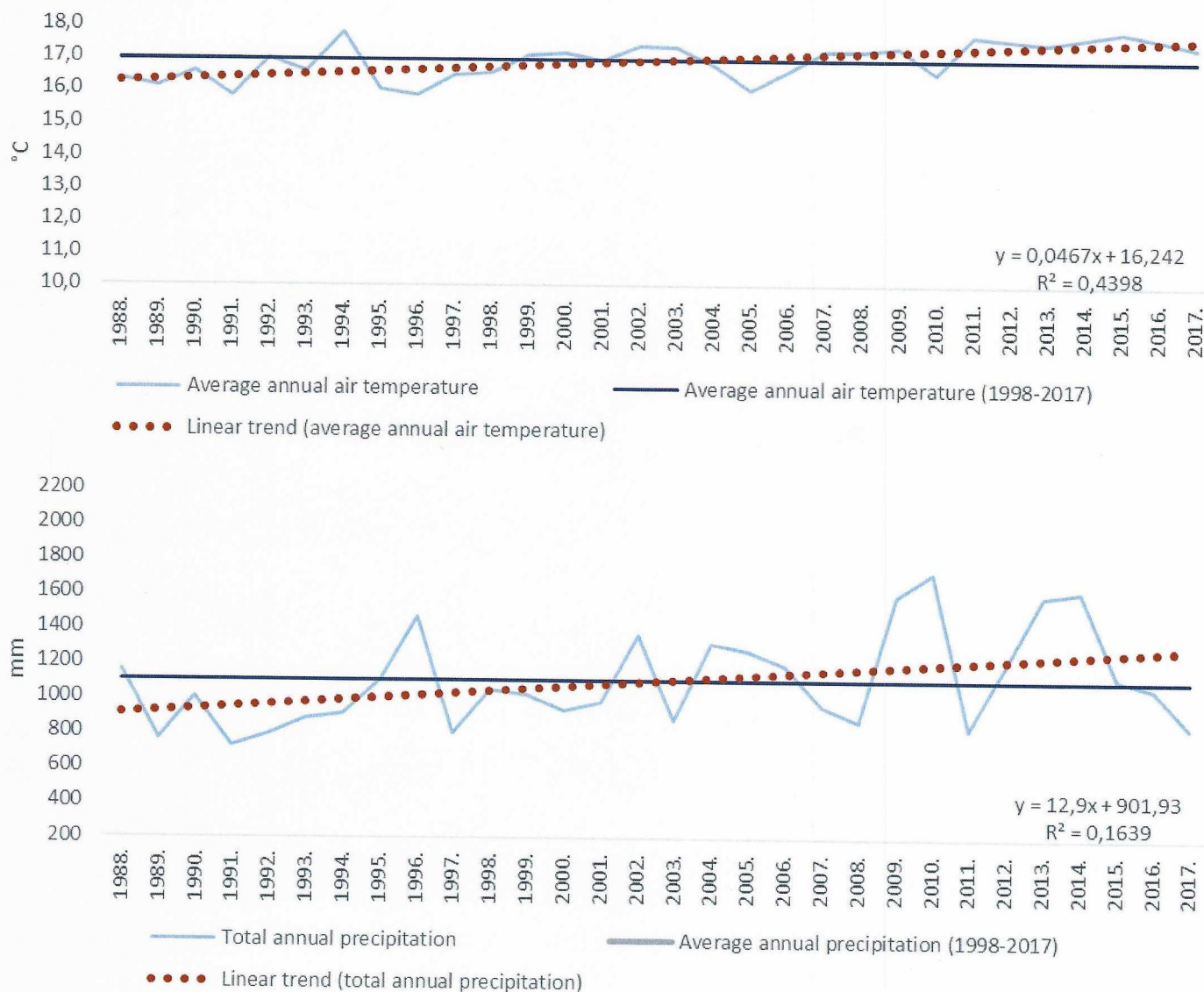
**Tablica 4. Mjesečne i godišnje količine oborina (mm) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Dubrovnik**

Godina	Mjesec												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	105.6	101.6	110.3	143.4	39.9	62.2	13.6	143.4	82.6	140.8	139.3	78.4	1161.1
1989.	5.1	29.3	47.3	99.7	32.9	49.6	79.3	37.9	120.2	166.5	88.9	10.6	767.3
1990.	45.0	57.0	69.1	154.5	52.8	5.1	3.6	19.6	30.5	260.3	112.1	195.1	1004.7
1991.	47.4	58.1	59.8	90.5	73.1	15.9	70.8	0.2	36.1	94.0	142.3	37.9	726.1
1992.	29.9	36.4	15.1	129.0	75.2	131.4	29.1	3.0	5.3	134.5	87.5	118.0	794.4



1993.	8.8	2.1	106.8	44.6	69.5	5.7	20.9	1.6	106.1	197.1	215.3	106.2	884.7
1994.	91.0	152.8	6.8	133.6	110.0	27.7	20.1	32.8	135.5	26.9	48.9	125.5	911.6
1995.	124.9	33.1	178.5	93.6	64.0	63.8	9.2	144.3	80.1	24.3	130.9	155.3	1102.0
1996.	146.8	117.5	148.8	174.9	91.7	7.1	7.9	153.7	200.0	78.9	196.7	145.0	1469.0
1997.	74.5	67.8	49.2	71.1	45.6	9.8	1.2	28.7	43.7	110.9	150.2	150.3	803.0
1998.	79.9	73.2	27.2	72.6	106.6	25.0	8.6	103.4	88.5	171.9	179.9	114.5	1051.3
1999.	74.2	42.0	99.8	122.3	23.1	66.7	12.5	66.5	75.1	76.8	133.1	227.6	1019.7
2000.	29.6	47.4	41.1	43.3	2.6	5.2	50.6	22.6	39.5	233.7	259.7	159.6	934.9
2001.	201.8	86.6	168.4	97.1	46.3	12.8	3.9	11.1	69.3	58.4	157.8	69.9	983.4
2002.	213.1	66.2	15.5	70.5	98.3	13.7	61.0	126.5	103.9	274.4	50.1	269.2	1362.4
2003.	190.6	53.2	12.4	73.4	8.4	64.7	0.0	26.7	176.8	92.1	104.0	76.9	879.2
2004.	112.6	116.3	143.4	79.7	131.2	77.6	14.2	68.2	87.5	130.3	216.2	139.9	1317.1
2005.	85.9	217.4	93.2	91.1	19.8	98.9	152.0	50.1	62.2	68.7	140.5	195.7	1275.5
2006.	59.2	116.6	180.3	116.5	88.8	123.8	78.0	95.6	82.3	7.1	49.2	193.0	1190.4
2007.	73.5	172.4	149.5	38.4	60.6	13.4	0.0	1.3	63.1	109.3	157.2	119.6	958.3
2008.	92.7	72.9	98.8	74.3	23.7	63.5	0.8	0.0	92.1	33.6	177.9	142.0	872.3
2009.	216.5	119.9	162.5	50.6	31.5	179.6	5.9	64.0	58.0	262.3	209.5	229.7	1590.0
2010.	129.7	278.2	128.9	58.9	131.9	65.0	12.9	37.3	129.3	288.7	278.1	182.9	1721.8
2011.	147.6	118.8	70.7	10.8	83.3	0.3	61.7	0.1	17.1	120.9	43.7	151.2	826.2
2012.	51.1	244.3	5.2	193.1	99.5	13.4	20.0	0.0	117.5	98.5	77.3	282.6	1202.5
2013.	204.4	237.3	215.4	143.1	69.8	34.1	0.7	114.3	80.1	187.1	254.7	53.5	1594.5
2014.	244.6	116.5	94.4	105.9	57.9	190.0	104.6	45.3	371.0	22.9	91.7	175.6	1620.4
2015.	175.4	138.2	256.0	23.8	35.1	60.7	4.3	113.8	93.4	198.9	23.8	0.0	1123.4
2016.	116.5	80.1	137.6	78.5	124.4	88.5	38.9	2.6	83.6	208.7	104.9	0.0	1064.3
2017.	102.2	100.7	41.8	61.8	51.5	0.4	2.3	0.0	147.3	53.5	146.7	136.7	844.9
<b>Min.</b>	5.1	2.1	5.2	10.8	2.6	0.3	0.0	0.0	5.3	7.1	23.8	0.0	726.1
<b>Max.</b>	244.6	278.2	256.0	193.1	131.9	190.0	152.0	153.7	371.0	288.7	278.1	282.6	1721.8
<b>Avg.</b>	109.3	105.1	97.8	91.4	65.0	52.5	29.6	50.5	95.9	131.1	138.9	134.7	1101.9

<b>STD.</b>	65.9	68.2	66.6	43.9	36.0	51.4	37.1	50.7	67.9	82.1	67.5	72.9	280.6
<b>CV (%)</b>	60.3	64.9	68.1	48.0	55.5	97.8	125.1	100.5	70.8	62.7	48.6	54.1	25.5



**Slika 4.** Godišnji hod prosječne temperature zraka i ukupnih godišnjih oborina, njihovih srednjih vrijednosti s ucrtanom linijom linearnog trenda za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Dubrovnik



**Tablica 5. Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (°C) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Metković**

Godina	Mjesec												Srednjak
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1997.						22.6	23.8	23.2	20.1	12.8	11.4	7.4	17.3
1998.	6.8	8.5	8.1	14.1	17.8	23.0	25.3	25.4	19.2	15.4	8.8	4.1	14.7
1999.	5.6	4.9	10.4	13.9	19.2	22.7	24.3	24.8	20.6		9.5	7.5	14.9
2000.	2.8	6.4	9.3	15.3	20.3	23.5	23.8	25.5	19.5	16.4	13.1	7.8	15.3
2001.	8.6	7.9	13.1	12.7	19.6	21.4	25.0	25.9	17.7	16.5	9.4	3.4	15.1
2002.	4.4	9.5	12.6	14.1	18.6	23.9	25.1	22.9	18.4	14.8	12.9	7.9	15.4
2003.	7.0	3.4	9.3	13.0	21.0	26.1	26.4	27.6	19.6	14.7	12.2	7.0	15.6
2004.	4.6	6.9	9.6	14.7	16.5	22.2	25.0	23.8	20.7	17.6	10.1	8.8	15.0
2005.	3.6	3.0	8.9	13.7	19.5	22.3	24.7	22.6	19.5	15.0	10.2	6.6	14.1
2006.	4.6	6.1	9.1	14.6	18.1	21.7	25.9	22.8	20.2	16.7	9.5	6.8	14.7
2007.	7.6	9.6	11.4		19.8	24.1	26.2	25.5	18.3	14.6	8.5	5.3	15.5
2008.	7.3	7.6	10.8	14.5	19.6	23.4	25.7	26.6	19.2	16.6	11.2	7.9	15.9
2009.	7.1	6.0	9.8	15.1	20.8	21.5	25.6	25.9	21.8	14.0	10.8	8.3	15.6
2010.	5.7	7.4	9.5	14.4	17.8	21.9	25.8	24.7	19.5	14.3	13.0	7.3	15.1
2011.	6.1	6.9	10.2	14.9	19.1	24.3	24.6	25.8	23.5	15.6	9.7	8.0	15.7
2012.	4.6	2.1	12.0	13.8	17.9	24.7	27.2	26.2	21.7	16.8	13.5	6.2	15.6
2013.	6.9	7.7	10.3	15.8	18.5	22.6	26.0	26.0	20.4	16.4	12.6	6.9	15.8
2014.	9.2	11.3	11.6	14.4	17.4	21.9	23.3	24.0	19.6	16.5	13.2	8.4	15.9
2015.	6.5	7.6	10.4	13.2	19.4	23.0	27.7	25.3	21.2	16.1	11.0	5.7	15.6
2016.	6.8	11.2	10.8	15.6	17.5	22.4	25.6	24.3	20.1	14.7	11.0	4.6	15.4
2017.	2.7	9.5	12.3	13.5	19.0	24.6	26.1	26.4	19.6	15.1	10.3	7.2	15.5
<b>Min.</b>	2.7	2.1	8.1	12.7	16.5	21.4	23.3	22.6	17.7	12.8	8.5	3.4	14.1
<b>Max.</b>	9.2	11.3	13.1	15.8	21.0	26.1	27.7	27.6	23.5	17.6	13.5	8.8	17.3
<b>Avg.</b>	5.9	7.2	10.5	14.3	18.9	23.0	25.4	25.0	20.0	15.5	11.0	6.8	15.4

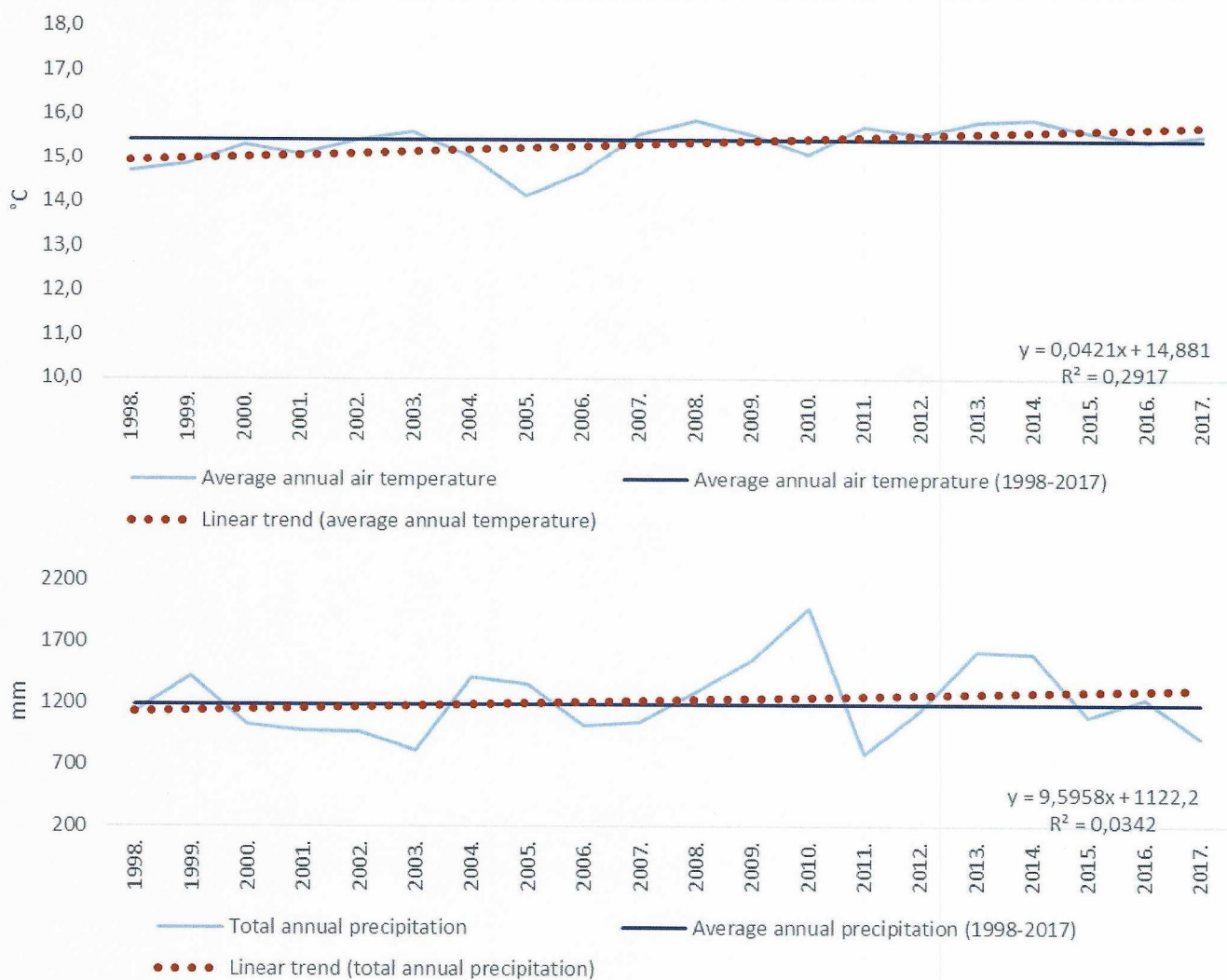
<b>STD</b>	1.8	2.5	1.3	0.9	1.2	1.2	1.1	1.4	1.3	1.2	1.6	1.5	0.6
<b>CV</b>	30.3	34.8	12.9	6.0	6.3	5.3	4.3	5.5	6.5	7.6	14.2	21.4	4.1

**Tablica 6. Mjesečne i godišnje količine oborina (mm) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Metković**

Godina	Mjesec												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1997.						20.0	43.1	22.4	9.7	114.7	181.6	176.3	567.8
1998.	83.7	61.4	13.8	72.5	77.0	29.3	43.0	29.7	180.4	165.7	208.0	173.5	1138.0
1999.	69.7	99.9	97.6	135.6	62.3	65.7	104.3	105.8	60.3	170.8	126.8	323.6	1422.4
2000.	47.3	48.5	59.8	77.6	19.8	20.5	69.0	2.0	45.8	105.1	261.6	273.1	1030.1
2001.	199.2	30.8	136.9	146.4	48.9	9.7	25.1	1.2	115.8	52.3	203.5	17.0	986.8
2002.	117.8	45.3	18.3	69.8	82.1	11.1	23.1	170.1	67.5	159.4	72.9	130.6	968.0
2003.	216.5	57.3	0.0	68.0	24.1	25.4	0.6	6.5	109.9	103.1	116.6	88.5	816.5
2004.	104.0	98.1	246.1	98.9	119.1	83.0	37.9	35.1	55.8	135.8	217.3	183.9	1415.0
2005.	90.1	230.1	129.8	60.5	14.8	35.0	62.2	175.7	137.8	88.4	105.2	222.1	1351.7
2006.	89.9	84.2	156.0	53.3	106.5	73.9	18.6	132.0	173.6	15.8	44.9	74.2	1022.9
2007.	76.2	153.2	166.9	3.0	101.5	3.4	1.7	7.3	38.8	194.4	204.8	94.2	1045.4
2008.	149.5	43.5	369.7	84.8	4.1	60.0	6.1	0.0	57.0	85.3	208.9	227.3	1296.2
2009.	243.1	71.0	132.0	54.4	33.0	203.1	25.8	34.7	52.9	242.2	130.4	332.8	1555.4
2010.	240.2	273.7	148.7	106.2	76.4	154.7	13.4	51.8	148.7	244.2	324.7	198.5	1981.2
2011.	68.1	58.9	119.5	23.8	94.1	20.8	73.0	0.7	40.0	74.2	125.7	93.8	792.6
2012.	32.4	254.9	0.0	210.4	68.1	11.0	12.4	0.0	62.7	166.6	79.0	243.4	1140.9
2013.	312.2	237.1	222.0	123.9	135.7	49.3	6.0	63.6	62.4	145.9	217.6	47.0	1622.7
2014.	279.2	112.9	71.8	111.0	99.4	142.9	172.2	50.9	222.4	13.3	118.0	215.6	1609.6
2015.	283.0	108.5	102.4	81.3	63.9	51.5	0.0	93.2	31.2	242.4	39.3	0.0	1096.7
2016.	104.0	125.8	166.7	111.6	200.9	115.5	16.3	17.3	99.9	172.8	107.6	0.0	1238.4
2017.	56.9	93.0	58.1	125.2	42.5	4.1	33.9	2.5	188.6	27.0	168.8	128.7	929.3



<b>Min.</b>	32.4	30.8	0.0	3.0	4.1	3.4	0.0	0.0	9.7	13.3	39.3	0.0	567.8
<b>Max.</b>	312.2	273.7	369.7	210.4	200.9	203.1	172.2	175.7	222.4	244.2	324.7	332.8	1981.2
<b>Avg.</b>	143.2	114.4	120.8	90.9	73.7	56.7	37.5	47.7	93.4	129.5	155.4	154.5	1191.8
<b>STD.</b>	89.4	75.8	90.8	46.0	47.2	55.3	41.3	56.0	60.2	71.2	73.2	99.3	331.5
<b>CV (%)</b>	62.5	66.3	75.2	50.6	64.0	97.6	110.1	117.4	64.5	55.0	47.1	64.3	27.8



**Slika 5.** Godišnji hod prosječne temperature zraka i ukupnih godišnjih oborina, njihovih srednjih vrijednosti s ucrtanom linijom linearnog trenda za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Metković

**Tablica 7. Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (°C) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Ploče**

Godina	Mjesec												Srednjak
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	9.2	8.4	9.4	13.7	18.6	21.1	26.5	24.7	20.2	16.0	7.7	7.2	15.2
1989.	6.2	9.0	12.9	14.8	17.7	20.4	24.7	23.9	20.0	14.1	10.3	8.0	15.2
1990.	5.9	9.7	11.9	13.6	18.9	21.8	24.9	24.7	19.6	17.1	12.8	6.8	15.6
1991.	6.4	6.4	12.4	13.0	15.5	21.8	24.6	24.8	21.5	15.4	11.8	4.8	14.9
1992.	6.3	7.1	10.3	13.7	19.0	21.2	24.1	26.4	21.0	17.6	12.5	7.4	15.6
1993.	6.0	5.9	8.7	13.7	19.7	22.9	24.0	25.9	20.4	18.0	10.5	9.9	15.5
1994.	8.3	8.2	12.0	14.3	18.9	22.1	26.6	26.2	22.7	17.0	12.2	7.4	16.3
1995.	6.4	10.0	9.6	12.5	17.3	21.3	26.0	23.6	18.6	16.2	9.3	9.7	15.0
1996.	8.6	6.1	8.7	14.0	18.8	23.1	24.2	24.1	17.4	15.4	12.7	7.8	15.1
1997.	8.8	8.2	11.1	10.4	18.5	22.5	24.2	24.0	21.4	14.3	12.3	8.8	15.4
1998.	8.3	9.6	9.1	14.3	18.3	23.3	26.0	26.2	20.4	16.6	10.1	5.6	15.7
1999.	6.9	6.1	11.0	14.3	19.5	23.2	25.1	25.3	21.9	17.0	11.2	8.7	15.9
2000.	4.4	7.6	10.0	15.5	20.6	23.8	24.6	26.0	21.0	17.4	14.5	9.2	16.2
2001.	9.5	8.9	13.4	13.3	19.6	21.7	25.7	26.3	18.7	17.6	10.9	5.1	15.9
2002.	5.7	10.3	13.0	14.5	19.3	24.0	25.4	23.9	19.8	16.0	13.8	9.0	16.2
2003.	8.1	4.5	10.1	13.5	20.8	26.0	26.6	27.4	20.5	15.3	13.2	8.2	16.2
2004.	5.9	7.6	9.8	14.8	16.8	22.0	25.3	24.0	21.2	18.1	10.9	9.5	15.5
2005.	4.8	4.4	9.4	13.9	19.9	22.7	25.2	23.2	21.0	15.6	10.7	7.5	14.9
2006.	5.5	7.0	9.2	14.7	18.7	21.8	26.4	23.4	21.0	17.5	9.8	7.8	15.2
2007.	8.3	10.2	11.8	16.4	20.3	24.6	26.9	25.8	19.1	15.2	9.5	6.2	16.2
2008.	8.1	8.3	11.2	14.7	19.8	23.6	26.2	26.3	19.9	16.7	12.2	9.1	16.3
2009.	7.7	6.7	10.4	15.2	20.6	22.0	25.8	26.1	22.2	15.1	11.6	9.2	16.1
2010.	6.4	7.9	10.1	14.9	18.2	22.5	26.4	25.4	20.3	14.8	13.3	7.6	15.7
2011.	6.6	7.6	10.6	15.3	19.4	24.3	25.0	26.3	24.4	16.1	10.7	9.0	16.3



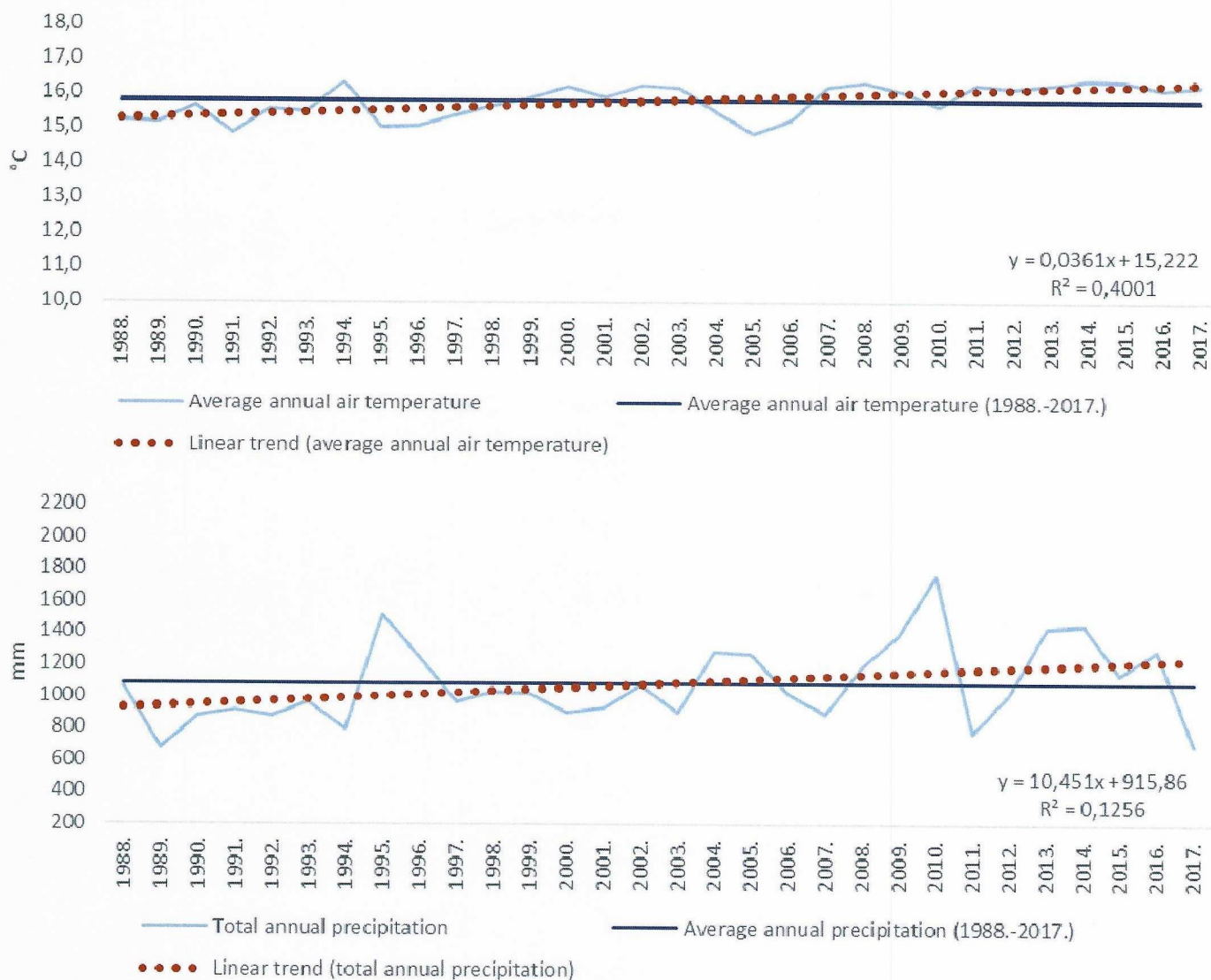
2012.	5.8	3.1	12.1	13.9	18.3	24.8	27.7	27.1	22.3	17.5	14.2	7.3	16.2
2013.	7.6	8.2	10.5	16.0	18.4	22.8	26.8	26.4	20.8	16.7	13.1	7.8	16.3
2014.	9.7	11.5	12.3	14.8	17.6	22.8	23.9	24.7	20.0	17.0	13.7	9.1	16.4
2015.	7.4	8.0	10.8	13.8	19.7	23.9	28.3	26.5	22.4	16.6	11.8	7.3	16.4
2016.	7.6	11.4	11.5	16.1	18.0	23.1	26.7	25.0	21.2	15.6	11.8	5.8	16.1
2017.	3.3	10.0	12.9	14.2	19.7	25.2	26.8	27.4	20.3	16.0	11.2	8.0	16.2
<b>Min.</b>	3.3	3.1	8.7	10.4	15.5	20.4	23.9	23.2	17.4	14.1	7.7	4.8	14.9
<b>Max.</b>	9.7	11.5	13.4	16.4	20.8	26.0	28.3	27.4	24.4	18.1	14.5	9.9	16.4
<b>Avg.</b>	7.0	7.9	10.9	14.3	18.9	22.9	25.7	25.4	20.7	16.3	11.7	7.8	15.8
<b>STD.</b>	1.5	2.0	1.4	1.2	1.2	1.3	1.1	1.2	1.4	1.1	1.6	1.4	0.5
<b>CV (%)</b>	22.1	25.3	12.6	8.1	6.3	5.7	4.4	4.8	6.6	6.6	13.6	17.3	3.2

**Tablica 8.** Mjesečne i godišnje količine oborina (mm) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Ploče

Godina	Mjesec												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	119.0	93.7	196.1	100.2	62.2	74.4	0.0	64.4	69.2	138.3	87.5	56.9	1061.9
1989.	3.3	33.3	60.7	80.7	30.0	21.7	28.2	13.3	142.0	182.2	74.7	3.4	673.5
1990.	28.6	59.7	70.5	134.3	26.1	9.9	3.3	10.5	92.6	198.9	69.0	173.7	877.1
1991.	28.3	116.9	65.9	115.9	77.1	28.0	39.2	0.9	20.7	245.7	136.4	35.2	910.2
1992.	109.9	15.7	36.3	135.2	30.5	97.8	162.5	0.1	7.5	91.2	115.6	76.6	878.9
1993.	14.6	4.0	101.9	35.0	61.7	29.8	29.3	4.2	87.4	81.6	331.9	186.2	967.6
1994.	154.3	67.2	6.8	86.5	60.4	35.9	21.9	36.2	57.4	51.3	106.4	108.4	792.7
1995.	77.9	51.0	170.2	78.5	109.5	71.5	18.3	188.7	246.8	8.8	151.8	341.8	1514.8
1996.	144.0	108.5	64.5	49.5	55.9	10.9	0.6	79.4	261.6	61.0	222.0	184.2	1242.1
1997.	89.9	85.7	20.1	162.2	31.9	54.4	22.0	33.0	4.9	108.0	180.9	174.7	967.7
1998.	96.7	45.9	10.7	83.3	95.9	13.4	8.7	31.7	143.9	77.4	173.7	246.1	1027.4
1999.	80.9	65.8	66.2	111.3	66.6	46.6	18.9	70.6	51.4	80.1	121.5	237.8	1017.7

2000.	78.7	37.0	42.0	71.4	15.8	16.2	43.5	0.0	45.8	86.0	239.8	220.2	896.4
2001.	207.5	25.6	209.3	89.8	34.0	29.0	4.7	2.1	108.6	24.1	175.4	18.6	928.7
2002.	136.0	49.4	16.0	87.9	101.1	12.0	47.2	234.5	55.6	134.7	78.3	118.4	1071.1
2003.	225.3	48.3	0.2	62.4	11.3	58.2	0.0	24.8	139.7	111.8	119.5	96.8	898.3
2004.	126.2	71.8	209.3	65.4	80.9	57.4	34.7	30.9	44.0	121.9	233.2	206.1	1281.8
2005.	55.4	229.4	85.0	81.1	22.7	30.9	70.5	128.0	125.3	99.1	131.0	211.2	1269.6
2006.	79.2	82.8	135.0	76.0	125.2	65.9	5.6	164.3	173.2	21.1	44.0	46.5	1018.8
2007.	80.6	163.6	147.6	10.4	56.0	3.0	1.7	3.1	39.0	127.2	160.8	95.7	888.7
2008.	151.3	73.4	226.2	90.8	8.3	47.4	5.4	0.0	87.6	18.5	226.7	258.8	1194.4
2009.	220.7	60.7	115.6	52.3	42.0	157.1	46.2	52.8	45.7	157.2	115.6	321.0	1386.9
2010.	196.2	287.9	139.1	182.6	80.2	95.7	1.9	33.8	123.7	158.9	240.9	227.1	1768.0
2011.	78.4	45.4	97.9	20.7	118.6	38.9	73.1	0.5	10.8	39.8	148.0	100.8	772.9
2012.	53.9	146.7	0.4	203.3	62.4	2.9	3.6	0.0	69.6	146.2	63.9	264.8	1017.7
2013.	285.9	201.8	201.8	109.0	101.1	27.2	1.2	33.2	78.4	161.2	190.4	44.1	1435.3
2014.	204.1	136.5	88.5	115.7	79.1	95.3	92.6	36.6	210.6	7.8	168.4	216.2	1451.4
2015.	215.5	136.1	122.1	56.2	14.7	38.3	0.0	89.2	96.9	325.1	46.2	0.0	1140.3
2016.	104.8	124.5	161.0	100.8	120.6	242.7	12.8	29.7	99.5	164.8	130.0	0.0	1291.2
2017.	62.2	63.6	56.1	149.9	27.9	6.8	21.2	0.2	77.0	21.8	106.0	99.7	692.4
<b>Min.</b>	3.3	4.0	0.2	10.4	8.3	2.9	0.0	0.0	4.9	7.8	44.0	0.0	673.5
<b>Max.</b>	285.9	287.9	226.2	203.3	125.2	242.7	162.5	234.5	261.6	325.1	331.9	341.8	1768.0
<b>Avg.</b>	117.0	91.1	97.4	93.3	60.3	50.6	27.3	46.6	93.9	108.4	146.3	145.7	1077.9
<b>STD.</b>	71.0	65.0	69.3	44.3	35.4	50.3	35.3	60.1	65.6	73.8	67.2	98.2	259.6
<b>CV (%)</b>	60.7	71.4	71.1	47.5	58.6	99.3	129.2	129.2	69.8	68.1	45.9	67.4	24.1





**Slika 6.** Godišnji hod prosječne temperature zraka i ukupnih godišnjih oborina, njihovih srednjih vrijednosti s ucrtanom linijom linearnog trenda za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Ploče

**Tablica 9.** Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (°C) za razdoblje 1988.-2017.  
meteorološke postaje Opuzen

Godina	Mjesec												Srednjak
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	9.4	8.0	9.2	13.3	18.7	21.1	26.8	24.8	21.0	17.6	7.5	8.0	15.5
1989.	6.0	9.5	13.2	15.4	18.7	21.6	25.4	21.6	20.8	14.9	10.3	8.4	15.5
1990.	6.6	10.6	13.1	13.7	18.8	22.2	25.1	24.4	19.4	18.0	12.7	6.5	15.9
1991.	6.1	6.4	13.4	13.1	15.8	22.0	24.5	24.5	21.3	15.6	12.6	5.5	15.1
1992.	6.7	7.5	10.7	14.0	20.3	22.1	24.3	27.4	21.0	18.2	13.9	7.4	16.1
1993.	7.1	6.9	8.9	13.8	19.3	23.4	23.9	25.8	19.9	18.8	11.0	10.3	15.8
1994.	9.0	8.6	13.2	15.2	19.6	22.6	27.2	26.2	21.8	17.6	12.7	7.6	16.8
1995.	6.6	10.7	10.5	12.9	17.1	21.5	25.9	22.9	19.2	17.7	10.6	10.0	15.5
1996.	9.0	6.1	10.7	14.3	19.5	23.3	24.5	24.2	17.7	16.1	12.7	7.7	15.5
1997.	9.0	8.3	11.5	10.2	18.7	23.4	24.3	23.5	21.8	14.8	12.5	8.6	15.5
1998.	8.4	9.9	9.7	15.2	18.9	24.0	25.8	25.7	20.6	17.3	10.4	5.7	16.0
1999.	7.4	6.7	11.3	14.6	19.6	23.2	24.6	24.8	21.5	17.6	11.4	8.8	15.9
2000.	4.6	8.5	10.9	16.2	21.6	24.3	24.5	26.1	21.4	18.2	15.2	9.6	16.8
2001.	9.8	9.4	14.4	13.7	20.3	22.4	25.6	26.4	19.4	18.9	11.3	5.1	16.4
2002.	5.7	10.6	13.8	14.6	19.8	24.1	25.6	23.5	19.4	16.6	14.1	8.7	16.4
2003.	8.2	3.9	10.5	13.8	21.6	26.3	26.4	27.7	20.6	15.6	13.1	8.2	16.3
2004.	5.5	7.4	10.2	15.2	17.1	22.6	25.5	24.1	20.8	17.8	10.5	9.3	15.5
2005.	4.9	4.2	9.5	13.8	20.1	22.5	24.7	23.0	20.6	15.2	11.1	7.4	14.7
2006.	5.2	7.1	9.3	14.9	18.9	22.2	23.4	21.0	17.5	10.2	8.5	8.5	14.4
2007.	9.1	10.4	12.1	16.4	20.3	24.4	26.6	25.9	19.3	15.5	9.8	6.6	16.4
2008.	8.4	8.6	12.0	15.2	20.8	24.7	27.1	27.0	20.7	17.4	13.1	9.8	17.1
2009.	8.1	7.2	11.1	16.0	21.8	22.9	26.4	27.5	23.2	16.0	12.3	9.5	16.8
2010.	6.9	8.5	11.1	15.8	19.0	23.7	27.2	26.3	21.3	15.6	14.3	8.2	16.5
2011.	7.5	8.4	11.0	16.6	20.0	24.8	24.8	26.4	24.6				18.2



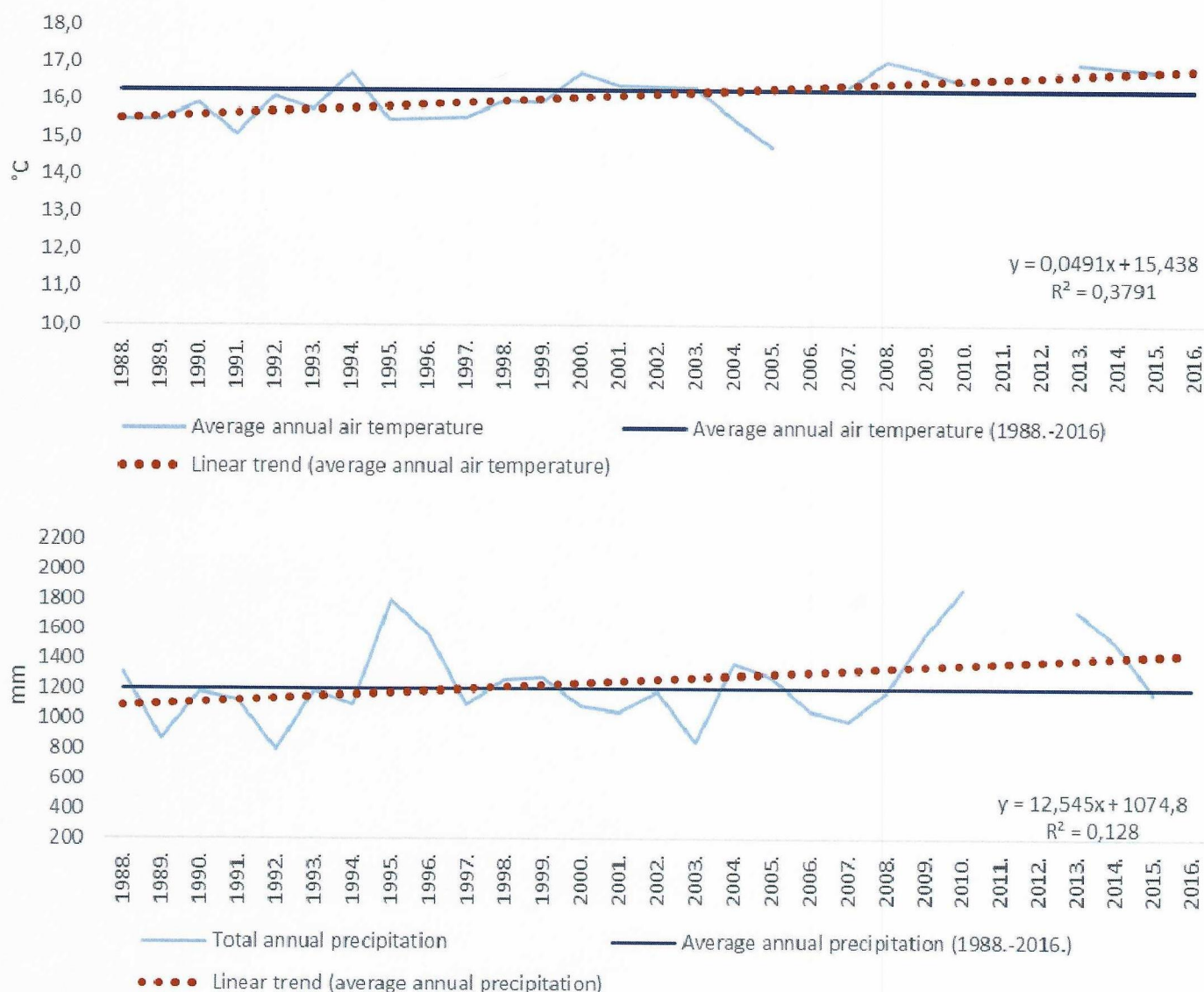
2012.			13.4	14.8	19.2	25.7	27.7	27.2	22.6	17.9	14.6	7.7	19.1
2013.	8.3	8.6	11.2	16.9	19.4	23.8	27.5	27.4	21.2	17.3	13.9	8.5	17.0
2014.	10.2	12.1	12.8	15.4	18.5	23.5	24.0	24.8	20.2	17.5	14.4	9.6	16.9
2015.	7.3	8.1	11.4	14.5	20.8	24.6	28.9	26.8	22.4	17.0	12.5	7.4	16.8
2016.	7.6	11.8	12.0	16.5	18.3	23.8	27.5	26.0					17.9
<b>Min.</b>	4.6	3.9	8.9	10.2	15.8	21.1	23.9	21.6	17.7	14.8	7.5	5.1	14.4
<b>Max.</b>	10.2	12.1	14.4	16.9	21.8	26.3	28.9	27.7	24.6	18.9	15.2	10.3	19.1
<b>Avg.</b>	7.5	8.4	11.5	14.7	19.4	23.3	25.8	25.4	20.9	17.0	12.2	8.1	16.3
<b>STD.</b>	1.5	2.0	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.6	1.4	1.2	1.8	1.4	1.0
<b>CV (%)</b>	20.5	23.8	13.0	9.6	7.0	5.4	5.2	6.4	6.6	7.1	14.8	16.8	6.2

**Tablica 10.** Mjesečne i godišnje količine oborina (mm) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Opuzen

Godina	Mjesec												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	165.5	157.4	192.2	122.3	90.3	94.9	2.6	121.0	100.0	84.8	100.4	81.9	1313.3
1989.	2.4	34.6	70.6	105.8	44.0	29.4	30.5	22.2	160.3	193.0	170.1	3.6	866.5
1990.	50.3	46.2	106.0	174.9	36.3	9.2	9.6	15.0	109.3	281.7	122.7	219.5	1180.7
1991.	40.4	103.9	90.4	132.7	120.4	37.4	66.1	0.4	28.9	353.7	137.5	11.1	1122.9
1992.	64.9	15.0	41.7	113.0	0.0	99.5	153.3	0.0	7.3	82.2	100.0	116.4	793.3
1993.	0.3	1.6	73.2	34.4	57.8	42.7	22.9	1.1	159.8	154.6	317.6	322.8	1188.8
1994.	208.2	99.6	4.4	164.0	63.2	54.2	37.7	45.8	93.0	57.1	117.5	151.9	1096.6
1995.	103.4	50.6	221.7	89.7	98.2	102.4	20.1	138.4	338.7	11.8	161.0	459.1	1795.1
1996.	156.9	142.0	76.6	94.9	82.3	19.9	1.1	136.5	286.6	87.4	270.9	201.1	1556.2
1997.	86.6	89.6	31.5	195.8	54.7	28.0	32.5	17.4	12.2	91.8	243.4	209.9	1093.4
1998.	84.8	68.6	13.6	104.0	114.5	22.9	34.0	37.0	181.6	179.3	213.0	206.6	1259.9
1999.	86.0	103.2	86.4	117.5	43.7	63.9	26.2	100.5	54.5	92.8	138.4	362.4	1275.5
2000.	51.4	63.6	53.3	79.9	19.4	26.0	44.6	0.0	73.7	141.6	255.2	273.0	1081.7

2001.	221.9	22.6	174.6	155.7	43.0	11.0	31.2	0.9	139.1	59.2	156.7	26.3	1042.2
2002.	136.0	66.0	23.3	105.9	103.2	19.0	82.8	216.4	73.6	126.0	96.6	136.6	1185.4
2003.	247.2	44.4	0.0	52.4	7.5	33.4	0.1	12.0	140.6	92.7	115.4	96.1	841.8
2004.	108.6	86.5	223.3	76.4	117.8	59.7	37.0	45.9	65.6	114.1	250.8	184.8	1370.5
2005.	66.3	231.4	107.3	79.6	10.6	33.2	69.5	121.4	127.7	89.4	96.7	247.0	1280.1
2006.	87.6	73.5	151.9	55.2	130.9	69.2		187.7	179.9	14.1	41.3	62.1	1053.4
2007.	76.5	160.6	120.7	8.3	99.5	2.9	1.0	6.4	41.6	202.7	176.3	93.0	989.5
2008.	159.8	47.5	206.0	83.9	8.0	52.9	2.0	0.0	133.0	40.2	214.6	237.4	1185.3
2009.	240.4	59.0	132.5	61.9	25.6	243.3	10.1	65.1	51.9	236.6	137.9	293.8	1558.1
2010.	258.1	297.3	143.1	99.2	70.5	87.1	2.8	31.5	155.1	215.4	310.0	203.9	1874.0
2011.	74.8	65.6	118.3	31.3	105.2	11.8	65.9	0.3	17.6				490.8
2012.			0.1	231.2	58.9	18.2	11.5	0.0	83.5	184.0	78.2	230.7	896.3
2013.	329.8	316.1	215.0	132.9	131.0	37.3	0.0	37.3	64.1	188.2	224.8	49.5	1726.0
2014.	273.7	115.2	100.0	78.1	103.2	111.1	145.3	43.6	187.8	4.1	190.6	165.5	1518.2
2015.	292.6	132.4	139.2	65.1	24.5	51.2	0.0	100.6	31.7	298.0	39.8	0.0	1175.1
2016.	111.5	146.2	165.6	124.5	151.7	127.7	8.9	13.0					849.1
<b>Min.</b>	0.3	1.6	0.0	8.3	0.0	2.9	0.0	0.0	7.3	4.1	39.8	0.0	490.8
<b>Max.</b>	329.8	316.1	223.3	231.2	151.7	243.3	153.3	216.4	338.7	353.7	317.6	459.1	1874.0
<b>Avg.</b>	135.2	101.4	106.3	102.4	69.5	55.2	33.9	52.3	110.7	136.2	165.8	172.1	1195.2
<b>STD.</b>	90.9	77.1	69.4	49.8	43.6	49.5	40.3	61.4	79.2	90.2	76.3	115.0	313.7
<b>CV (%)</b>	67.2	76.1	65.3	48.6	62.7	89.7	118.7	117.3	71.6	66.2	46.0	66.8	26.2





**Slika 7.** Godišnji hod prosječne temperature zraka i ukupnih godišnjih oborina, njihovih srednjih vrijednosti s ucrtanom linijom linearnog trenda za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Opuzen

## 3.2.2. Analiza klimatski pokazatelja područja splitsko-dalmatinske županije

**Tablica 11.** Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (°C) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Split-Marjan

Godina	Mjesec												Srednjak
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	10.4	8.5	9.5	14.1	19.2	21.8	28.4	26.2	20.9	17.3	8.9	8.5	16.1
1989.	8.9	10.3	13.3	14.7	18.1	21.2	25.5	24.7	20.6	15.0	11.0	9.3	16.1
1990.	8.6	11.2	12.9	13.6	19.2	22.4	25.8	25.7	20.1	18.0	12.9	7.3	16.5
1991.	8.0	6.7	12.7	12.9	15.4	22.8	25.6	25.5	22.0	15.8	12.2	6.3	15.5
1992.	8.2	8.0	10.8	14.0	20.2	21.7	25.3	28.2	22.2	17.7	13.7	8.8	16.6
1993.	7.7	7.1	9.2	14.5	20.8	23.8	25.0	27.0	20.9	18.5	10.8	10.5	16.3
1994.	9.1	8.6	13.0	14.4	19.7	23.4	28.3	27.9	23.1	17.2	13.9	9.6	17.4
1995.	6.8	10.7	9.5	12.8	18.0	22.1	27.4	24.2	19.2	18.2	10.3	10.1	15.8
1996.	8.8	6.6	8.9	14.6	19.0	24.0	25.1	24.9	17.8	16.2	13.1	8.8	15.7
1997.	10.0	9.3	11.9	10.6	19.3	24.0	25.3	25.0	22.3	15.3	12.9	9.5	16.3
1998.	9.0	11.1	9.4	14.4	19.2	24.5	27.4	27.4	20.5	17.4	10.3	7.3	16.5
1999.	8.3	6.6	11.1	14.6	20.0	24.2	25.9	26.5	22.9	17.7	12.0	9.2	16.6
2000.	6.0	8.6	10.4	16.2	21.8	25.2	25.7	27.8	21.5	18.5	15.2	11.0	17.3
2001.	9.7	9.3	13.7	13.7	20.6	22.7	26.7	27.7	19.0	19.1	11.4	5.8	16.6
2002.	7.0	10.6	13.1	15.0	20.0	25.2	26.6	24.5	20.2	17.1	14.6	9.8	17.0
2003.	8.6	5.0	10.9	14.0	22.7	28.0	27.9	29.2	21.1	15.9	14.3	9.9	17.3
2004.	6.4	8.5	10.3	14.7	17.4	23.2	26.9	25.6	22.1	19.2	12.7	10.9	16.5
2005.	7.1	5.6	10.0	14.3	20.5	23.8	26.6	23.9	22.0	16.7	11.9	8.4	15.9



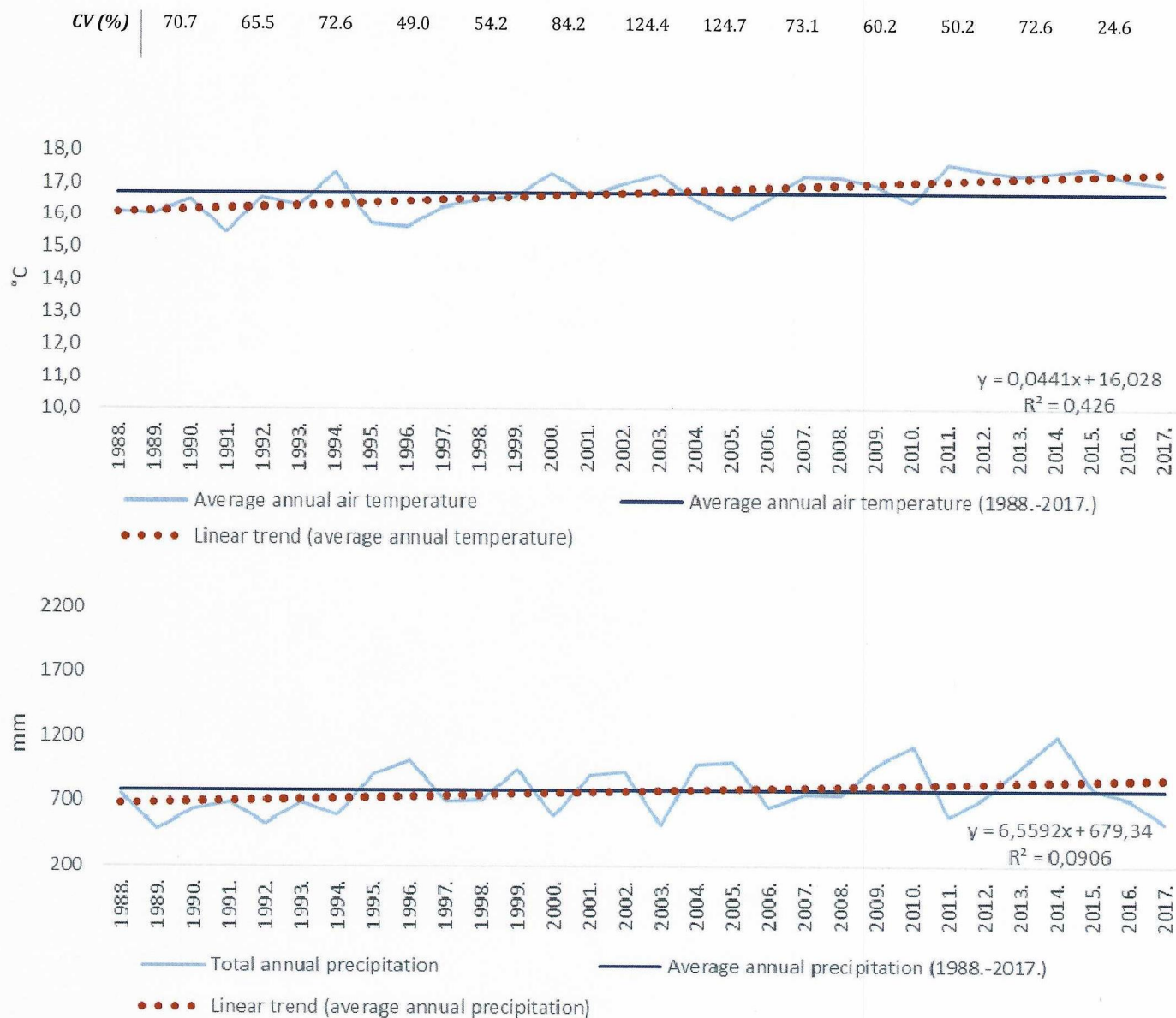
2006.	6.8	7.7	9.4	15.3	19.6	23.5	27.6	24.1	22.3	18.8	12.5	10.5	16.5
2007.	10.5	11.0	12.4	17.4	20.9	25.5	27.9	26.5	19.7	16.3	10.7	8.0	17.2
2008.	9.6	9.3	11.4	14.7	20.6	24.5	27.0	27.4	20.6	18.1	13.3	9.9	17.2
2009.	8.7	7.4	10.6	16.0	21.8	22.6	26.9	27.4	23.1	16.2	13.1	9.5	16.9
2010.	7.0	8.7	10.7	15.4	18.6	23.6	27.2	26.4	21.1	16.0	14.0	8.2	16.4
2011.	8.2	9.4	11.2	17.0	20.2	25.1	26.0	27.7	25.4	17.1	13.4	10.6	17.6
2012.	7.5	5.0	13.7	14.4	19.2	26.2	29.1	28.5	22.8	18.3	15.8	8.6	17.4
2013.	9.1	8.3	10.6	16.6	18.9	23.4	27.5	27.6	21.9	18.1	14.1	11.1	17.3
2014.	11.2	12.0	13.0	15.6	18.3	23.9	24.6	25.5	20.7	18.1	15.4	10.2	17.4
2015.	8.6	8.8	11.3	14.3	20.4	24.4	29.5	27.6	22.6	17.4	13.7	11.1	17.5
2016.	8.8	11.5	11.6	16.5	18.7	24.2	27.7	25.7	22.2	16.3	12.8	9.7	17.1
2017.	4.6	10.5	13.4	14.4	20.1	25.8	27.5	28.8	20.6	17.1	12.2	8.9	17.0
<b>Min.</b>	4.6	5.0	8.9	10.6	15.4	21.2	24.6	23.9	17.8	15.0	8.9	5.8	15.5
<b>Max.</b>	11.2	12.0	13.7	17.4	22.7	28.0	29.5	29.2	25.4	19.2	15.8	11.1	17.6
<b>Avg.</b>	8.3	8.7	11.3	14.7	19.6	23.9	26.8	26.5	21.4	17.3	12.8	9.2	16.7
<b>STD.</b>	1.4	1.9	1.5	1.4	1.4	1.5	1.3	1.5	1.5	1.1	1.6	1.4	0.6
<b>CV (%)</b>	17.3	22.0	13.2	9.2	7.3	6.1	4.7	5.7	7.0	6.5	12.8	14.8	3.6

**Tablica 12.** Mjesečne i godišnje količine oborina (mm) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Split-Marjan

Godina	Mjesec												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	92.1	98.2	92.4	36.4	58.2	57.5	2.9	65.2	34.3	119.0	65.2	37.3	758.7
1989.	0.7	25.3	61.3	56.0	42.6	22.2	51.3	27.7	46.7	100.1	42.6	10.1	486.6
1990.	15.4	29.1	34.0	96.2	51.8	40.9	10.0	16.2	34.7	159.4	55.5	96.6	639.8
1991.	17.3	62.8	64.5	84.7	54.8	78.9	31.8	12.3	23.7	99.8	148.6	11.4	690.6
1992.	19.3	22.4	32.0	33.8	30.1	81.0	27.4	0.2	14.4	136.1	85.2	48.4	530.3

1993.	5.4	3.8	45.5	17.0	21.3	36.1	0.3	12.3	89.9	97.7	235.7	131.0	696.0
1994.	93.6	67.4	10.6	59.0	20.5	45.0	18.0	63.3	67.9	74.8	37.3	36.4	593.8
1995.	66.5	52.7	102.6	75.9	61.1	74.3	11.9	57.6	158.2	8.6	34.2	203.0	906.6
1996.	121.4	72.6	49.7	27.7	69.3	19.9	3.1	111.2	214.9	69.5	163.7	96.5	1019.5
1997.	65.2	38.1	2.4	91.7	38.5	19.2	11.3	9.9	18.9	53.2	210.5	143.7	702.6
1998.	58.0	11.0	6.4	66.2	101.5	16.5	24.2	25.6	158.9	71.1	113.1	59.1	711.6
1999.	71.7	49.6	68.6	89.9	141.3	161.5	26.2	13.5	55.6	63.4	80.9	120.6	942.8
2000.	32.5	19.9	42.9	44.7	13.7	6.6	18.9	0.1	51.8	92.5	162.1	94.7	580.4
2001.	207.8	25.2	110.7	70.1	18.6	45.8	11.5	4.1	166.1	46.9	164.8	27.2	898.8
2002.	62.6	67.1	11.7	60.9	83.4	24.3	16.2	172.0	189.4	71.6	64.1	98.6	921.9
2003.	117.1	22.6	3.7	20.9	7.6	7.9	33.7	6.7	64.6	93.3	92.3	51.2	521.6
2004.	83.6	84.1	96.9	123.8	87.6	54.7	0.5	16.9	10.6	39.2	157.4	235.5	990.8
2005.	14.0	84.4	49.8	81.5	28.2	16.9	19.7	78.0	102.6	198.4	162.8	167.0	1003.3
2006.	57.8	75.9	56.8	58.6	52.0	44.6	8.1	127.7	116.7	4.1	47.6	6.6	656.5
2007.	59.7	114.8	164.1	21.7	63.7	17.9	31.0	28.1	38.6	64.9	83.4	64.0	751.9
2008.	54.3	38.0	81.0	81.3	35.8	95.6	19.5	0.0	31.0	19.3	160.3	133.7	749.8
2009.	169.5	63.0	56.0	76.2	33.7	172.6	41.8	33.8	25.8	95.3	116.7	108.2	992.6
2010.	140.4	163.5	69.1	88.3	98.1	64.3	23.4	9.9	79.3	57.6	198.0	134.4	1126.3
2011.	22.3	19.4	45.8	7.1	67.8	20.0	133.2	1.0	18.2	93.5	106.9	48.7	583.9
2012.	26.8	36.3	1.4	92.9	57.7	25.6	5.7	0.0	108.8	143.6	42.5	196.7	738.0
2013.	91.1	97.8	175.2	63.8	73.8	53.5	0.3	6.2	70.3	136.3	138.0	61.7	968.0
2014.	107.4	150.6	50.1	120.6	45.0	127.0	110.2	44.1	180.7	11.3	129.5	132.4	1208.9
2015.	60.0	125.2	38.1	62.1	85.7	49.0	14.4	52.2	62.7	207.7	41.8	0.0	798.9
2016.	103.8	112.7	60.0	23.2	71.1	32.5	5.0	16.8	56.1	109.7	128.0	0.1	719.0
2017.	50.0	68.9	67.6	35.5	40.9	4.4	3.2	0.0	91.8	28.7	88.0	61.6	540.6
<b>Min.</b>	0.7	3.8	1.4	7.1	7.6	4.4	0.3	0.0	10.6	4.1	34.2	0.0	486.6
<b>Max.</b>	207.8	163.5	175.2	123.8	141.3	172.6	133.2	172.0	214.9	207.7	235.7	235.5	1208.9
<b>Avg.</b>	69.6	63.4	58.4	62.3	55.2	50.5	23.8	33.8	79.4	85.6	111.9	87.2	781.0
<b>STD.</b>	49.2	41.5	42.4	30.5	29.9	42.6	29.6	42.1	58.1	51.5	56.2	63.3	191.8





**Slika 8.** Godišnji hod prosječne temperature zraka i ukupnih godišnjih oborina, njihovih srednjih vrijednosti s ucrtanom linijom linearnog trenda za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Split Marjan

## 3.2.3. Analiza klimatskih pokazatelja područja šibensko-kninske županije

**Tablica 13.** Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (°C) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Šibenik

Godina	Mjesec												Srednjak
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	10.1	8.0	9.4	13.3	18.8	20.8	27.3	25.5	20.2	16.9	8.5	7.8	15.6
1989.	7.1	9.7	12.7	14.7	17.7	20.6	24.6	24.0	19.8	14.4	10.4	8.9	15.4
1990.	7.4	10.4	12.6	13.3	18.9	21.9	25.2	25.1	19.9	17.7	12.3	6.9	16.0
1991.	6.9	6.1	12.5	12.2	15.0	22.4	25.4	25.2	21.8	15.2	11.8	5.4	15.0
1992.	6.9	7.3	10.3	14.1	19.6	21.5	24.8	27.5	21.4	17.6	13.3	7.6	16.0
1993.	6.6	6.3	8.3	13.6	20.1	23.2	24.2	26.2	20.6	17.8	9.2	10.0	15.5
1994.	8.6	7.4	12.5	14.0	19.3	22.4	27.2	26.7	22.3	16.0	13.1	8.5	16.5
1995.	6.3	10.1	8.9	12.5	17.5	20.9	26.3	23.4	18.8	17.3	9.9	9.2	15.1
1996.	8.2	5.7	7.9	14.0	18.6	23.3	24.7	24.2	17.2	15.6	12.6	7.8	15.0
1997.	8.8	8.6	11.4	10.2	18.7	23.3	24.4	24.3	21.0	14.4	12.1	8.8	15.5
1998.	8.3	9.9	9.0	14.2	18.5	23.0	26.2	26.2	19.8	16.5	9.2	6.2	15.6
1999.	7.4	5.7	10.9	14.0	19.0	22.9	25.0	25.5	22.0	16.6	10.7	8.5	15.7
2000.	5.2	7.9	9.9	15.7	20.5	24.2	24.6	26.4	20.7	18.0	14.6	10.4	16.5
2001.	9.2	8.7	13.9	13.0	20.2	21.9	25.9	26.4	18.3	18.2	10.3	4.6	15.9
2002.	5.7	9.7	12.4	13.9	19.5	24.5	25.9	23.8	19.3	16.4	14.4	8.5	16.2
2003.	6.8	4.1	10.0	13.5	21.2	26.6	26.8	28.1	19.8	14.8	13.6	9.2	16.2
2004.	5.4	7.2	9.3	13.8	16.7	21.8	25.6	24.7	21.2	18.5	12.1	9.5	15.5

2005.	5.5	4.4	8.9	13.4	19.1	23.0	25.6	22.8	21.0	15.9	10.9	7.2	14.8
2006.	5.6	6.8	8.3	14.1	18.6	22.4	26.7	22.9	21.5	17.9	11.9	9.5	15.5
2007.	9.7	10.5	11.9	16.2	20.2	24.3	26.6	25.2	18.7	15.1	9.8	6.7	16.2
2008.	8.8	8.1	11.2	14.4	20.0	23.3	26.0	26.1	19.7	17.0	12.8	8.8	16.4
2009.	6.9	6.9	10.4	15.0	20.6	21.6	25.9	26.2	22.3	15.3	12.2	8.3	16.0
2010.	5.8	7.8	9.8	14.2	18.0	22.9	26.2	24.7	20.1	14.8	13.4	7.4	15.4
2011.	6.8	7.8	10.1	15.8	19.6	24.1	25.2	26.4	24.1	15.9	11.7	10.0	16.5
2012.	6.6	2.9	13.0	13.8	18.0	25.3	27.8	27.3	21.6	17.0	14.8	7.7	16.3
2013.	8.2	7.1	10.1	15.5	18.0	22.2	26.5	26.1	20.6	17.3	12.9	9.8	16.2
2014.	10.5	11.5	11.9	14.8	17.3	23.1	23.9	24.4	19.6	17.0	14.8	9.2	16.5
2015.	8.3	7.7	10.7	13.8	19.9	23.7	28.0	26.5	21.8	16.1	11.6	8.8	16.4
2016.	8.1	11.0	10.9	15.5	18.0	23.1	26.5	24.5	21.3	15.4	12.0	8.1	16.2
2017.	3.1	9.5	12.5	13.4	18.7	24.6	26.4	27.5	19.5	15.9	11.2	7.9	15.9
<b>Min.</b>	3.1	2.9	7.9	10.2	15.0	20.6	23.9	22.8	17.2	14.4	8.5	4.6	14.8
<b>Max.</b>	10.5	11.5	13.9	16.2	21.2	26.6	28.0	28.1	24.1	18.5	14.8	10.4	16.5
<b>Avg.</b>	7.3	7.8	10.7	14.0	18.9	23.0	25.8	25.5	20.5	16.4	11.9	8.2	15.8
<b>STD.</b>	1.6	2.1	1.6	1.2	1.3	1.4	1.1	1.4	1.4	1.2	1.7	1.4	0.5
<b>CV (%)</b>	22.4	26.6	15.0	8.5	6.9	5.9	4.1	5.4	6.9	7.2	14.3	16.5	3.2

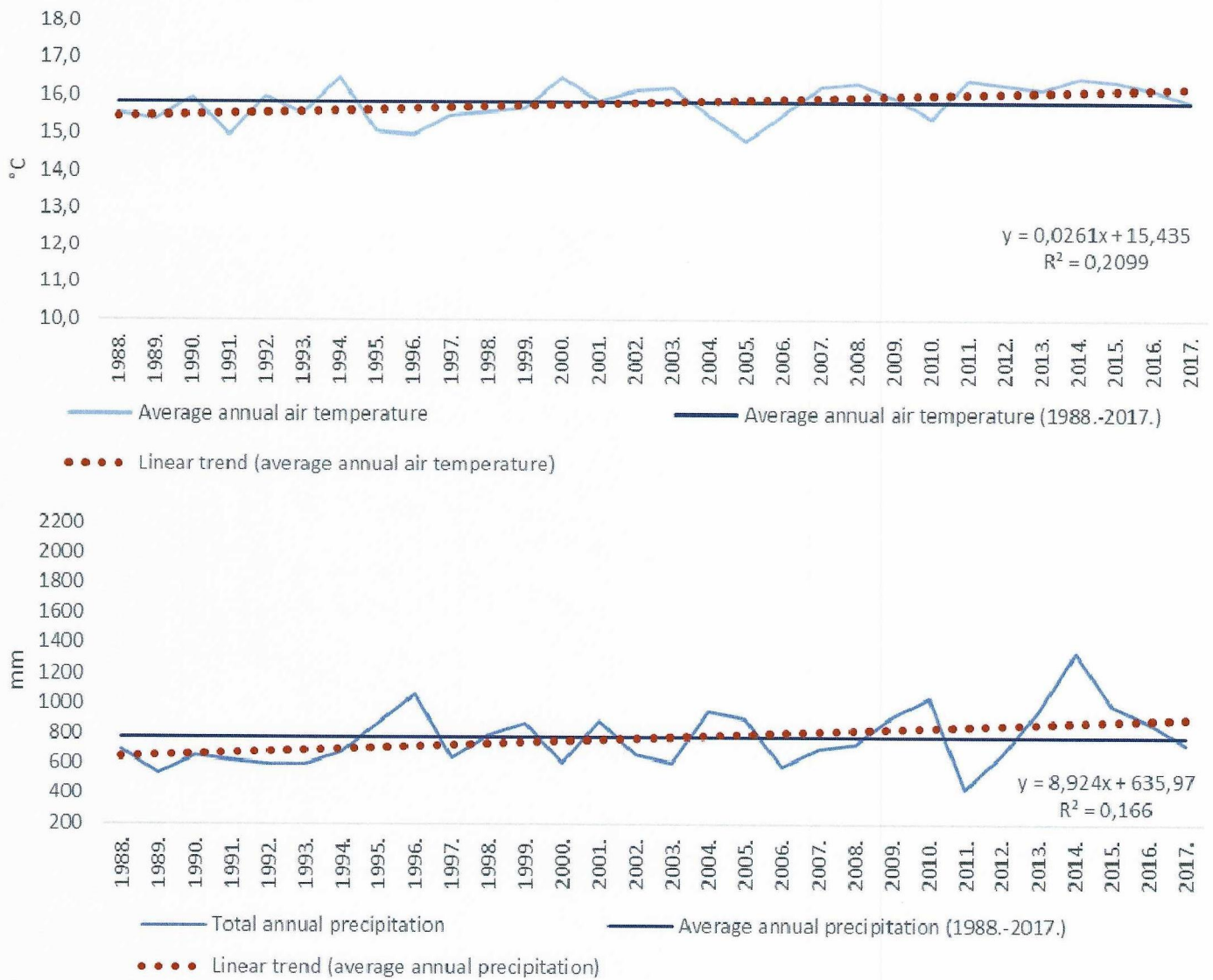
**Tablica 14.** Mjesečne i godišnje količine oborina (mm) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Šibenik

Godina	Mjesec												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	110.3	103.3	47.7	30.2	85.2	94.7	0.0	65.1	19.1	47.3	57.4	36.9	697.2
1989.	0.0	26.5	57.4	47.8	37.3	39.3	71.7	81.5	57.8	60.3	43.8	11.4	534.8
1990.	1.7	25.4	18.6	98.6	50.3	56.7	10.6	15.5	55.5	88.9	148.8	88.0	658.6
1991.	28.0	33.2	50.8	105.5	76.6	15.9	27.6	11.3	24.5	91.1	124.4	37.8	626.7



1992.	36.2	14.6	55.5	44.1	26.0	75.0	21.6	0.0	36.2	150.1	90.5	50.5	600.3
1993.	9.3	5.7	51.5	40.2	12.2	24.6	17.6	11.3	74.5	106.3	149.1	98.3	600.6
1994.	95.7	59.8	13.3	87.1	63.4	42.0	15.6	59.4	34.5	70.6	92.6	44.2	678.2
1995.	47.2	53.4	111.9	50.0	86.9	86.2	20.2	27.8	134.9	3.9	54.6	196.5	873.5
1996.	81.8	40.2	80.9	28.8	76.9	20.1	1.4	172.2	219.6	70.8	138.0	128.9	1059.6
1997.	20.2	40.2	5.9	91.0	28.8	36.1	48.8	27.0	69.6	60.4	124.6	88.1	640.7
1998.	66.3	10.5	11.6	97.5	37.3	111.4	30.9	44.3	188.0	70.0	54.0	67.5	789.3
1999.	59.1	50.2	18.7	102.6	108.4	85.0	63.9	29.7	76.7	77.4	104.1	93.0	868.8
2000.	20.9	24.8	62.3	70.0	36.0	9.3	17.4	0.0	77.5	51.6	169.7	71.6	611.1
2001.	177.1	23.9	81.7	70.3	29.2	48.4	28.2	17.6	198.4	14.6	162.0	31.5	882.9
2002.	22.5	54.6	8.0	44.4	48.3	10.4	22.3	128.7	90.6	46.5	74.7	109.5	660.5
2003.	171.5	7.7	4.7	33.0	6.8	11.2	33.8	32.8	68.0	105.2	86.0	50.4	611.1
2004.	72.8	83.9	87.5	83.9	65.3	80.7	26.8	2.5	13.0	54.7	115.6	260.0	946.7
2005.	8.9	79.8	70.9	95.5	30.4	6.4	8.7	77.0	41.5	152.1	131.8	201.1	904.1
2006.	68.2	69.3	88.0	60.5	57.8	34.0	29.3	65.9	34.8	5.0	45.5	28.4	586.7
2007.	34.1	118.6	169.7	0.7	59.5	17.0	26.8	51.4	25.1	55.9	99.8	49.5	708.1
2008.	43.7	23.5	94.9	80.3	1.7	115.6	7.3	1.0	10.5	16.4	183.9	159.7	738.5
2009.	162.2	38.4	44.7	100.4	27.9	141.5	5.7	45.7	26.1	101.7	98.6	123.4	916.3
2010.	137.7	123.5	48.9	65.4	83.0	62.3	51.3	29.0	116.5	48.0	180.0	94.2	1039.8
2011.	27.3	12.5	39.1	17.0	21.0	18.7	59.0	0.2	19.3	96.0	51.8	72.6	434.5
2012.	59.1	7.5	3.2	96.5	16.1	29.5	15.5	0.2	149.7	85.0	46.3	157.4	666.0
2013.	85.5	69.0	167.6	81.5	73.0	40.2	3.4	30.0	86.8	128.5	154.8	35.3	955.6
2014.	139.1	174.2	43.2	71.6	41.7	67.0	98.5	40.5	319.4	13.9	132.4	195.8	1337.3
2015.	77.2	150.5	41.1	41.3	60.0	35.0	21.4	90.4	57.1	370.1	44.2	0.0	988.3
2016.	79.7	137.2	47.6	43.6	59.5	52.5	4.7	29.0	81.8	159.6	183.0	1.1	879.3
2017.	80.2	71.2	44.6	73.8	45.2	8.0	5.9	4.2	164.1	26.6	149.3	60.5	733.6
<b>Min.</b>	0.0	5.7	3.2	0.7	1.7	6.4	0.0	0.0	10.5	3.9	43.8	0.0	434.5
<b>Max.</b>	177.1	174.2	169.7	105.5	108.4	141.5	98.5	172.2	319.4	370.1	183.9	260.0	1337.3
<b>Avg.</b>	67.5	57.8	55.7	65.1	48.4	49.2	26.5	39.7	85.7	81.0	109.7	88.1	774.3

<b>STD.</b>	50.5	45.9	42.2	28.5	26.5	36.0	23.1	40.2	72.7	69.1	46.5	65.1	192.8
<b>CV (%)</b>	74.9	79.5	75.7	43.9	54.7	73.2	87.2	101.4	84.8	85.4	42.4	73.9	24.9



**Slika 9.** Godišnji hod prosječne temperature zraka i ukupnih godišnjih oborina, njihovih srednjih vrijednosti s ucrtanom linijom linearnog trenda za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Šibenik



## 3.2.4. Analiza klimatskih pokazatelja područja zadarske županije

**Tablica 15.** Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (°C) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Zadar

Godina	Mjesec												Srednjak
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	9.9	8.5	9.7	13.1	18.2	20.9	25.5	23.8	19.4	16.6	8.6	7.9	15.2
1989.	7.2	9.3	11.8	14.3	17.2	20.0	23.5	22.7	18.8	14.3	10.3	8.5	14.8
1990.	7.2	9.6	11.3	12.8	18.0	21.0	23.5	23.5	18.9	16.6	11.9	7.0	15.1
1991.	6.8	5.2	11.1	11.7	14.2	20.7	24.1	23.9	21.0	14.6	11.4	6.0	14.2
1992.	7.2	7.3	9.6	13.7	18.9	21.1	23.7	25.8	20.3	16.8	13.5	8.6	15.5
1993.	7.6	6.1	7.8	13.1	19.5	22.8	23.6	24.5	19.7	16.8	9.7	10.0	15.1
1994.	8.7	7.4	11.8	13.4	18.2	21.7	26.1	26.0	21.6	15.8	13.1	8.9	16.1
1995.	6.5	9.4	8.9	12.0	16.7	20.3	25.3	23.3	19.1	17.5	11.0	9.1	14.9
1996.	8.2	5.8	8.1	13.5	18.2	22.5	23.6	23.7	17.5	15.7	12.7	8.0	14.8
1997.	8.7	8.5	11.0	10.6	17.8	22.0	23.7	23.7	20.9	15.0	12.3	9.2	15.3
1998.	8.4	9.3	9.4	13.6	17.9	22.8	26.0	25.9	20.0	16.7	10.0	6.8	15.6
1999.	7.8	6.1	10.3	13.9	18.7	22.8	24.6	24.6	21.8	16.9	11.3	8.8	15.6
2000.	5.8	8.0	9.8	14.5	20.2	23.9	23.7	25.4	20.6	18.0	14.7	10.9	16.3
2001.	9.3	8.9	13.2	13.0	19.5	21.3	24.7	25.5	18.3	18.0	11.1	5.4	15.7
2002.	6.0	9.4	11.9	13.8	18.7	23.1	24.6	23.3	19.5	16.5	14.3	9.0	15.8
2003.	7.4	4.4	9.5	13.1	19.8	25.4	26.1	27.2	19.9	15.0	13.5	9.6	15.9
2004.	6.0	7.6	9.1	13.7	16.6	21.6	24.8	24.4	20.7	18.2	12.2	9.7	15.4
2005.	6.5	5.0	8.6	13.3	18.8	22.3	24.8	22.4	20.8	16.1	11.7	7.6	14.8
2006.	6.1	7.2	8.5	13.8	18.2	22.0	25.6	22.5	21.3	17.7	12.3	10.0	15.4
2007.	10.2	10.5	11.7	15.8	19.8	23.9	26.0	24.2	18.5	14.9	10.1	7.4	16.1

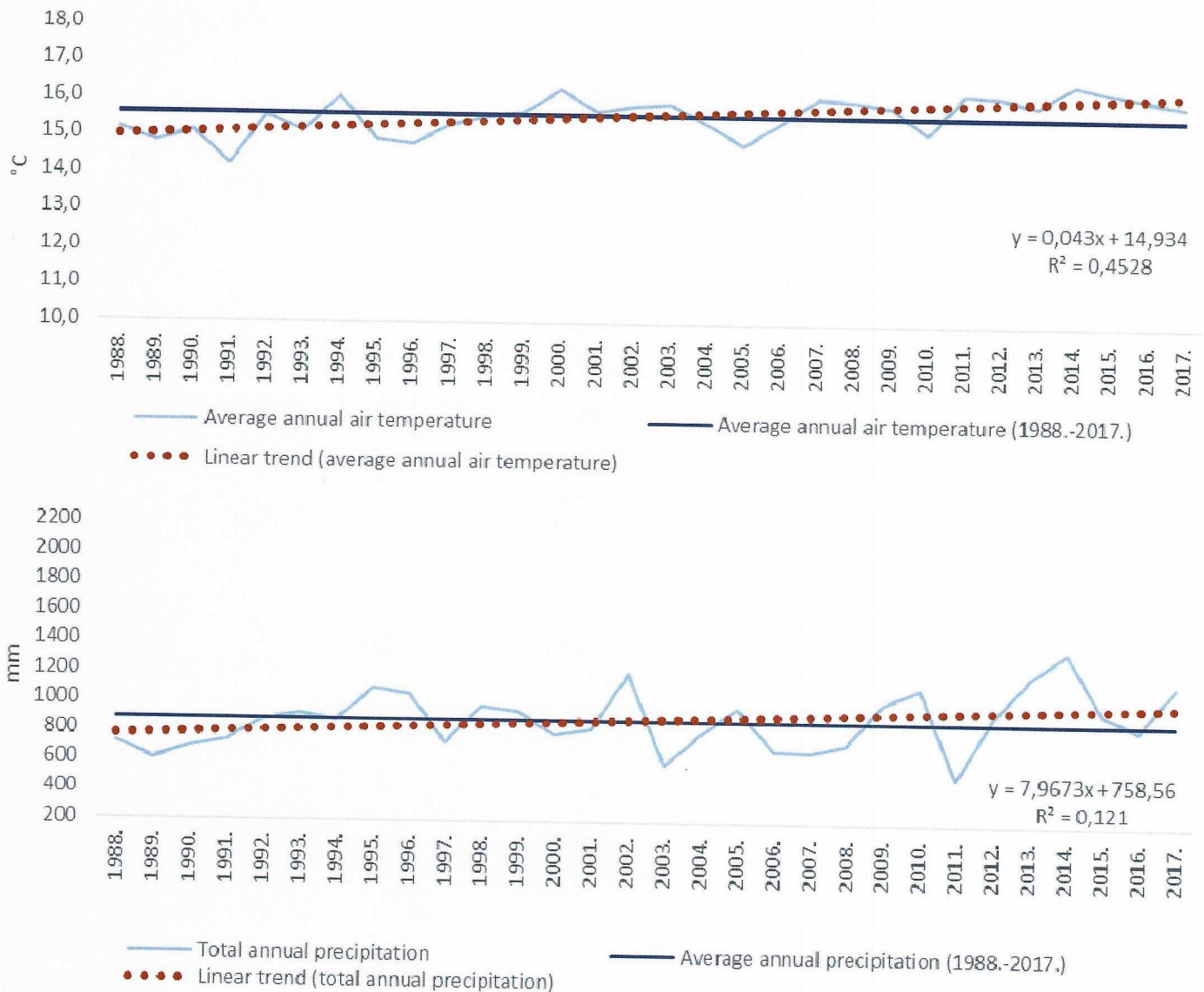


2008.	8.9	8.3	10.7	14.0	18.9	22.6	25.4	25.0	19.3	16.9	12.8	9.4	16.0
2009.	7.2	7.4	10.4	14.6	19.8	21.3	25.4	25.4	22.0	15.4	12.7	8.9	15.9
2010.	6.3	7.9	9.6	14.0	17.6	22.3	25.2	23.7	19.5	14.9	13.4	7.6	15.2
2011.	7.3	7.7	10.3	15.0	19.0	23.5	24.4	25.4	23.5	16.0	12.2	10.6	16.2
2012.	7.4	4.4	12.2	13.8	17.6	23.9	27.1	26.1	21.1	17.2	14.6	8.5	16.1
2013.	8.7	7.3	10.0	14.7	17.4	21.7	25.9	24.9	20.5	17.0	12.9	10.1	15.9
2014.	10.9	11.0	11.9	14.9	17.3	22.4	23.7	24.1	19.9	17.5	15.1	9.8	16.5
2015.	8.7	8.1	10.8	13.5	18.6	23.2	27.3	25.6	21.1	16.3	12.2	10.4	16.3
2016.	8.5	10.9	10.9	14.9	17.6	22.7	25.8	24.2	21.2	15.5	12.1	9.0	16.1
2017.	4.3	9.6	12.0	13.9	18.8	24.2	26.0	26.4	19.7	16.4	11.9	8.6	16.0
<b>Min.</b>	4.3	4.4	7.8	10.6	14.2	20.0	23.5	22.4	17.5	14.3	8.6	5.4	14.2
<b>Max.</b>	10.9	11.0	13.2	15.8	20.2	25.4	27.3	27.2	23.5	18.2	15.1	10.9	16.5
<b>Avg.</b>	7.7	7.9	10.4	13.7	18.3	22.3	25.0	24.6	20.2	16.4	12.2	8.7	15.6
<b>STD.</b>	1.5	1.8	1.4	1.0	1.2	1.2	1.1	1.2	1.3	1.1	1.5	1.3	0.6
<b>CV (%)</b>	19.0	22.9	13.0	7.6	6.6	5.6	4.4	5.0	6.2	6.6	12.6	15.2	3.6

**Tablica 16.** Mjesečne i godišnje količine oborina (mm) za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Zadar

Godina	Mjesec												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1988.	92.9	92.8	75.6	47.7	86.8	74.3	0.2	70.1	41.3	27.8	64.4	49.6	723.5
1989.	1.6	21.9	43.9	75.5	53.0	53.0	80.5	81.0	55.0	68.2	57.8	19.1	610.5
1990.	4.9	26.9	29.1	114.0	22.3	27.2	23.6	18.2	54.4	108.7	118.5	140.3	688.1
1991.	38.2	30.8	26.9	121.8	76.4	38.0	58.1	17.8	38.5	138.0	126.7	22.0	733.2
1992.	46.4	21.9	50.0	42.3	35.7	83.9	70.5	18.1	86.8	257.0	124.8	37.1	874.5
1993.	4.4	26.3	56.2	62.2	3.7	54.8	19.7	22.5	111.7	181.7	256.3	107.6	907.1
1994.	113.8	61.0	22.6	101.9	42.8	34.2	13.3	64.5	120.5	109.8	53.9	135.1	873.4
1995.	65.7	77.2	73.6	32.4	94.3	159.6	2.8	76.4	213.4	26.6	78.2	182.4	1082.6

1996.	143.5	54.0	53.4	35.3	82.5	39.3	13.3	49.2	200.7	98.2	129.9	150.2	1049.5
1997.	72.0	51.5	14.2	105.8	51.2	38.6	43.3	49.8	39.0	30.6	140.4	95.0	731.4
1998.	40.0	17.7	10.1	105.3	175.3	40.7	13.8	12.4	248.4	140.6	107.2	52.0	963.5
1999.	75.4	69.2	45.2	98.1	94.2	49.0	27.0	21.0	87.5	136.6	122.4	111.8	937.4
2000.	60.5	34.2	68.5	71.2	45.9	0.0	38.9	0.0	58.5	90.9	157.3	156.2	782.1
2001.	128.7	20.9	98.2	68.8	32.0	55.1	3.5	0.3	206.5	30.4	116.0	65.7	826.1
2002.	24.2	137.5	3.2	67.5	151.3	39.2	105.8	160.2	152.2	93.0	146.5	114.9	1195.5
2003.	125.3	8.9	12.8	14.9	14.5	49.8	1.2	22.5	47.1	127.1	98.0	65.7	587.8
2004.	70.4	87.5	63.6	81.3	57.5	40.7	5.4	4.1	38.6	107.6	122.3	121.8	800.8
2005.	21.1	62.5	78.0	66.8	38.1	12.5	62.8	96.4	75.4	198.0	93.1	158.9	963.6
2006.	53.3	34.0	73.5	73.0	59.7	12.9	1.5	189.0	70.6	34.3	50.2	36.2	688.2
2007.	64.8	73.2	83.4	1.4	72.6	14.8	20.0	31.1	161.3	51.5	26.2	77.9	678.2
2008.	67.1	15.0	94.7	53.1	48.5	86.4	15.3	14.8	4.0	35.4	126.6	172.8	733.7
2009.	203.9	78.3	58.5	95.1	14.3	80.6	12.7	13.0	63.1	105.2	157.1	127.3	1009.1
2010.	188.4	135.9	53.2	51.7	82.2	28.1	45.3	30.8	127.5	34.9	193.4	138.3	1109.7
2011.	35.6	5.6	35.2	11.9	24.3	44.1	43.6	0.0	19.9	122.7	26.0	139.9	508.8
2012.	12.4	16.4	0.2	111.3	39.8	27.5	14.0	0.6	259.8	154.5	147.1	137.2	920.8
2013.	171.5	85.6	136.5	79.2	134.2	80.4	0.9	54.6	123.6	109.0	195.7	16.0	1187.2
2014.	83.0	182.2	46.8	69.8	40.2	49.8	341.3	61.1	239.7	13.7	108.4	128.5	1364.5
2015.	61.6	148.2	47.0	28.1	116.9	8.9	10.1	85.3	85.9	283.1	72.9	0.3	948.3
2016.	95.7	124.6	81.3	35.2	111.8	55.8	0.7	60.9	93.3	85.8	97.9	0.3	843.3
2017.	73.5	104.6	43.5	98.7	38.7	15.6	16.8	1.1	459.6	54.2	142.8	90.1	1139.2
<b>Min.</b>	1.6	5.6	0.2	1.4	3.7	0.0	0.2	0.0	4.0	13.7	26.0	0.3	508.8
<b>Max.</b>	203.9	182.2	136.5	121.8	175.3	159.6	341.3	189.0	459.6	283.1	256.3	182.4	1364.5
<b>Avg.</b>	74.7	63.5	52.6	67.4	64.7	46.5	36.9	44.2	119.5	101.8	115.3	95.0	882.1
<b>STD.</b>	53.2	46.9	31.0	32.6	41.8	31.4	63.4	45.9	96.5	66.8	50.6	54.3	201.6
<b>CV (%)</b>	71.2	73.9	58.9	48.4	64.7	67.5	172.1	103.7	80.8	65.6	43.9	57.2	22.9



**Slika 10.** Godišnji hod prosječne temperature zraka i ukupnih godišnjih oborina, njihovih srednjih vrijednosti s ucrtanom linijom linearnog trenda za razdoblje 1988.-2017. meteorološke postaje Zadar



**Tablica 17.** Godišnja potencijalna evapotranspiracija (u milimetrima) za meteorološke postaje Dubrovnik , Ploče, Split, Šibenik i Zadar za razdoblje 1988.-2017. godine

	<i>Šibenik</i>	<i>Zadar</i>	<i>Split</i>	<i>Ploče</i>	<i>Dubrovnik</i>
1988.	1300	1178	1420	1186	1250
1989.	1329	999	1306	1175	1185
1990.	1384	1118	1382	1276	1346
1991.	1405	997	1351	1218	1346
1992.	1343	1019	1365	1201	1366
1993.	1396	1122	1378	1257	1362
1994.	1421	1179	1494	1267	1490
1995.	1319	906	1318	1175	1188
1996.	1319	1043	1326	1163	1134
1997.	1418	1096	1405	1271	1103
1998.	1358	1074	1362	1256	989
1999.	1345	1060	1369	1250	1255
2000.	1419	1048	1430	1308	1299
2001.	1424	1072	1441	1298	1299
2002.	1350	1052	1379	1225	1229
2003.	1481	1213	1573	1356	1398
2004.	1271	1080	1342	1101	1248
2005.	1289	1082	1398	1123	1254
2006.	1272	1101	1370	1101	1277
2007.	1275	1170	1459	1211	1354
2008.	1217	1114	1385	1168	1322
2009.	1236	1150	1429	1158	1353

2010.	1178	1094	1346	1116	1283
2011.	1300	1231	1515	1252	1424
2012.	1288	1225	1482	1258	1356
2013.	1235	1164	1416	1208	1290
2014.	1150	1071	1318	1072	1236
2015.	1322	1120	1429	1192	1364
2016.	1301	1133	1272	1137	1384
2017.	1344	1177	1397	1408	1495
<b>Min.</b>	1150	906	1272	1072	989
<b>Max.</b>	1481	1231	1573	1408	1495
<b>Avg.</b>	1323	1103	1395	1213	1296
<b>STD.</b>	77	73	66	78	108
<b>CV (%)</b>	5.8	6.6	4.7	6.4	8.3

## 4. SUDJELOVANJE U UPRAVLJAČKIM AKTIVNOSTIMA PROJEKTA ASTERIS

Članovi stručnog tima Izvršitelja aktivno su sudjelovali u provedbi (izrada materijala prije i nakon sastanka, prezentacije, diskusija) sastanaka upravljačkog tima koji su se zbog situacije s COVIDOM-19 održavali putem on-line platformi. U razdoblju ožujak –lipanj članovi tima Izvršitelja (Prof. dr. sc. Davor Romić i Doc. dr. sc. Monika Zovko, dalje u tekstu Izvršitelji) sudjelovali su u provedbi sljedećih sastanaka:

24. lipnja 2020. - Izvanredni sastanak upravljačkog tima (partneri iz Italije i Hrvatske) održan putem Skype poziva. Izrada novog niza zadataka koje su predložili partneri ASTERIS-a te sporazum o novim rokovima izvršenja (produljenja) pojedinih isporuka u sklopu Radnih paketa 3, 4 i 5.

19. lipnja 2020. sastanak tima za provedbu Radnog paketa 4. održan putem on-line platforme Google meet. U koordinaciji s partnerima iz Italija (Institute of geosciences and earth resources- Pisa i Općina Fanno) Izvršitelji su izradili prijedlog zadataka i produljenja rokova za isporuke aktivnosti 4.1. Studije slučaja: fizikalna istraživanja

15. lipnja 2020. sastanak voditelja projekta (Simone Galeotti i Vittorio Giorgetti) i tima za provedbu Radnog paketa 4. održan putem Skype poziva. Prijedlog produljenja rokova za isporuke aktivnosti 4.1. Studije slučaja: fizikalna istraživanja

18. svibnja 2020. Izvanredni sastanak upravljačkog tima (partneri iz Italije i Hrvatske) održan putem Skype poziva. Rasprava s obzirom na kašnjenje u isporukama Radnog paketa 4. uslijed novonastale situacije s COVID-om i potrebu da uspostaviti čvrsti plan za realizaciju projekta.

4. ožujka 2020. – 3. sastanak upravljačkog tima projekta ASTERIS održan putem Skype poziva. Izrada prezentacije i rasprava o najvažnijim rezultatima postignutim u posljednjim mjesecima (kratki pregled i gdje se mogu naći rezultati); trenutne poteškoće i izazovi, pregled sljedećih



koraka koje treba poduzeti za Radne pakete 3. i 4.

## 5. REFERENCE

- \*\*\*IUSS WORKING GROUP WRB (2014): World reference base for soil resources 2014. World Soil Resources Reports. FAO, Rome, No. 106, 181 p.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M., 1998. "Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements." Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome, Italy
- Bogunović, M., Vidaček, Ž., Racz, Z., Husnjak, S., Sraka, M. (1996): Namjenska pedološka karte RH mjerila 1:300.000. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za pedologiju
- Husnjak, S. (2014): Sistematika tala Hrvatske. Sveučilišni udžbenik. Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 368 str.
- Ondrašek G., Romić D., Bakić Begić H., Bubalo Kovačić M., Husnjak S., Mesić M., Šestak I., Salajpal K., Barić K., Bažok R., Pintar A., Romić M., Krevh V., Konjačić M., Vnučec I., Zovko M., Brkić Ž., Žiža I., Kušan V. (2019). Određivanje prioriternih područja motrenja podzemnih voda unutar intenzivnog poljoprivrednog prostora (SAGRA 2). Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, 335 str.
- Romić, Davor; Castrignanò, Annamaria; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika (2020). Modelling spatial and temporal variability of water quality from different monitoring stations using mixed effects model theory // Science of The Total Environment, 704, 1-10  
doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135875
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan ; Romić, Marija ; Ondrašek, Gabrijel ; Zovko, Monika

- (2010). Stupanj zaslanjenosti i održivo korištenje tala Donje Neretve (Level of salinity and sustainable use of soil in the Lower Neretva region). World Bank - Neretva and Trebišnjica Management Project Grant No. TF 091967. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan; Mesić, Milan; Salajpal, Krešimir; Barić, Klara; Poljak, Milan; Romić, Marija; Konjačić, Miljenko; Vnućec, Ivan; Bakić, Helena et al. (2014). Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Naručitelj: Hrvatske vode
  - Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Maurović, Nada; Vranješ, Mijo; Srzić, Veljko (2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015) Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
  - Romić, Davor; Romić, Marija; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Husnjak, Stjepan, Stričević, Ivo; Maurović, Nada; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Vranješ, Mijo (2014). Petogodišnje izvješće (2009-2013) monitoringa zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
  - Romić, Davor; Zovko, Monika; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Bakić Begić, Helena; Romić, Marija (2019). Proces, dinamika i trend zaslanjivanja voda i tla u poljoprivrednom području doline Neretve // Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode Zbornik radova / Biondić, Danko ; Holjević, Danko ; Vizner, Marija (ur.). Zagreb: Hrvatske vode, str. 783-791
  - Zovko, Monika; Romić, Davor; Colombo, Claudio; Di Iorio, Erica; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Castrignanò, Annamaria (2018). A geostatistical Vis-NIR spectroscopy index to assess the incipient soil salinization in the Neretva River valley, Croatia // Geoderma, 332, 60-72 doi:10.1016/j.geoderma.2018.07.005



- Zovko, Monika; Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel (2013). Soil and Water Management for Sustained Agriculture in Alluvial Plains and Flood Plains Exposed to Salinity: A Case of Neretva River Valley // Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress / Ahmad, Parvaiz ; Azoos, M.M. ; Prasad, M.N.V. (ur.). New York: Springer, str. 473-494

# D.3.5.1 Razvoj modela rizika koji se temelji na budućim scenarijima



1506  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO



COMUNE  
DI FANO



INSTITUT ZA JADRANSKE KULTURE  
I MELIORACIJU KRŠA SPLIT



METRIS  
ISTANAŽIVA  
CENTAR ZA ISTRAŽIVANJE MATERIJALA  
I ISTARKE ŽUPANIJE



HRVATSKE VODE



## Kontrolni List Dokumenta

<b>Broj projekta:</b>	10048765
<b>Akronim projekta</b>	ASTERIS
<b>Naziv projekta</b>	Adaptation to Saltwater inTrusion in sEa level RIse Scenarios
<b>Početak projekta</b>	Siječanj 2019
<b>Trajanje</b>	24 mjeseca

<b>Povezana aktivnost:</b>	Razvoj modela rizika koji se temelji na budućim scenarijima
<b>Naziv isporuke:</b>	Izrada ekspertne podloge za PILOT PODRUČJE potrebne za razvoj modela rizika
<b>Tip isporuke</b>	Izvješće
<b>Jezik</b>	Hrvatski
<b>Naslov radnog paketa</b>	Modeliranje trenutnog I budućeg prodora soli u priobalne Jadranske vodonosnike
<b>Broj radnog paketa</b>	3
<b>Voditelj radnog paketa</b>	

<b>Status</b>	
<b>Autor (i)</b>	
<b>Verzija</b>	
<b>Rok isporuke</b>	
<b>Datum dostave</b>	



**NARUČITELJ:**

**HRVATSKE VODE**

PRAVNA OSOBA ZA UPRAVLJANJE VODAMA

10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

**IZVRŠITELJ:**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**AGRONOMSKI FAKULTET**

Zavod za melioracije

prof.dr.sc. Davor Romić

doc.dr.sc. Monika Zovko

prof.dr.sc. Marija Romić

prof.dr.sc. Gabrijel Ondrašek

dr.sc. Marina Bubalo Kovačić

dr.sc. Helena Bakić Begić

Marko Reljić, mag.ing.agr.

Dekan



  
Prof. dr. sc. Zoran Grgić

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	PREGLED DOSTUPNIH PODLOGA ZA PROCJENU RIZIKA.....	2
2.1.	HIDROGEOLOŠKE PODLOGE.....	2
2.2.	HIDROGEOLOŠKE PODLOGE.....	5
2.3.	RANJIVOST VODONOSNIKA.....	6
3.	DODATNE POTREBNE PODLOGE ZA PROCJENU RIZIKA.....	9
4.	PRILOZI.....	10
5.	REFERENCE.....	18

# 1. UVOD

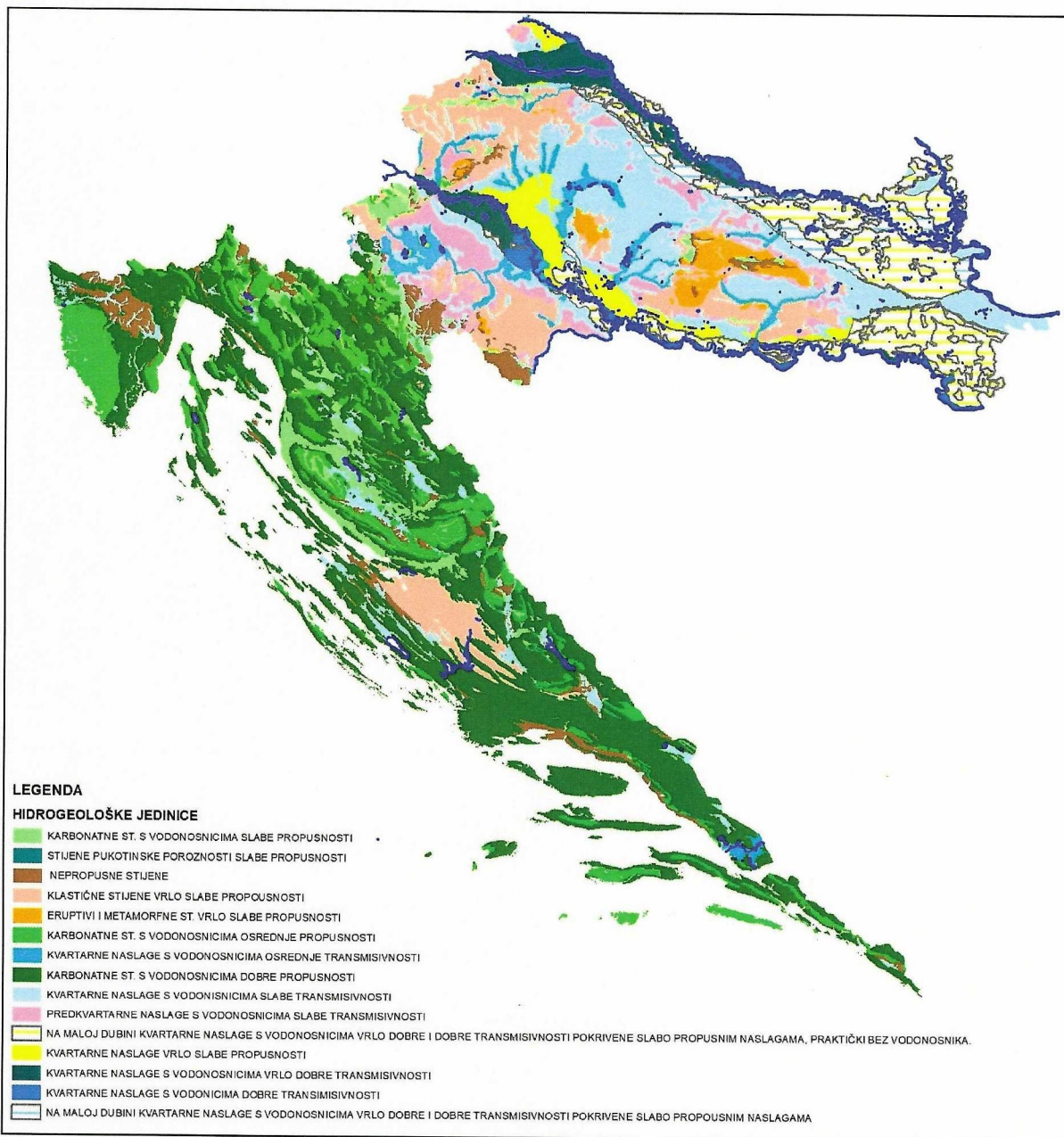
Projekt ASTERIS (eng. *Adaptation to Saltwater inTrusion in sEa level Rise Scenarios*) odobren je u sklopu Programa prekogranične suradnje INTERREG V-A Italija-Hrvatska 2014.-2020, prioriteta 2, mjere 2.1. Cilj projekta je, temeljem zajedničke procjene prostorne i vremenske varijabilnosti prodora morske vode, identificirati i kartirati potrebe i prepreke u upravljanju rizicima zaslanjenja vode te pružiti praktične alate za održivo upravljanje obalnih vodonosnika na lokalnoj razini. Da bi se postigao taj cilj, odabrana su tri kritična i reprezentativna područja za realizaciju specifičnih studija slučaja: regija Emilia-Romagna (općina Ravenna, Italija), regija Marche (općina Fano, Italija) i Dubrovačko-neretvanska županija (područje delte Neretve u daljnjem tekstu **PILOT PODRUČJE**). Projekt se sastoji od pet radnih paketa, a u ovom elaboratu daje se pregled provedenih istraživanja u sklopu radnog paketa br. 3. „Modeliranje trenutnog i budućeg prodora soli u priobalne jadranske vodonosnike“ (dalje u tekstu RP 3.). Cilj RP 3. je kroz dvije aktivnosti izvršiti analizu postojećih teritorijalnih opasnosti i stvoriti bazu podloga za razvoj modela rizika koji se temelji na budućim scenarijima. Ovo izvješće je isporuka (D 3.5.1) koja se odnosi se provedbu aktivnosti 3.5 „Izrada ekspertne podloge za PILOT PODRUČJE koja će sadržavati ulazne podatke za razvoj modela rizika zaslanjivanja vode i tla i izradu scenarija“. U izradi izvješća prema zadanom projektnom zadatku korišteni su podaci i studije dostavljeni od strane Naručitelja.



## 2. PREGLED DOSTUPNIH PODLOGA ZA PROCJENU RIZIKA

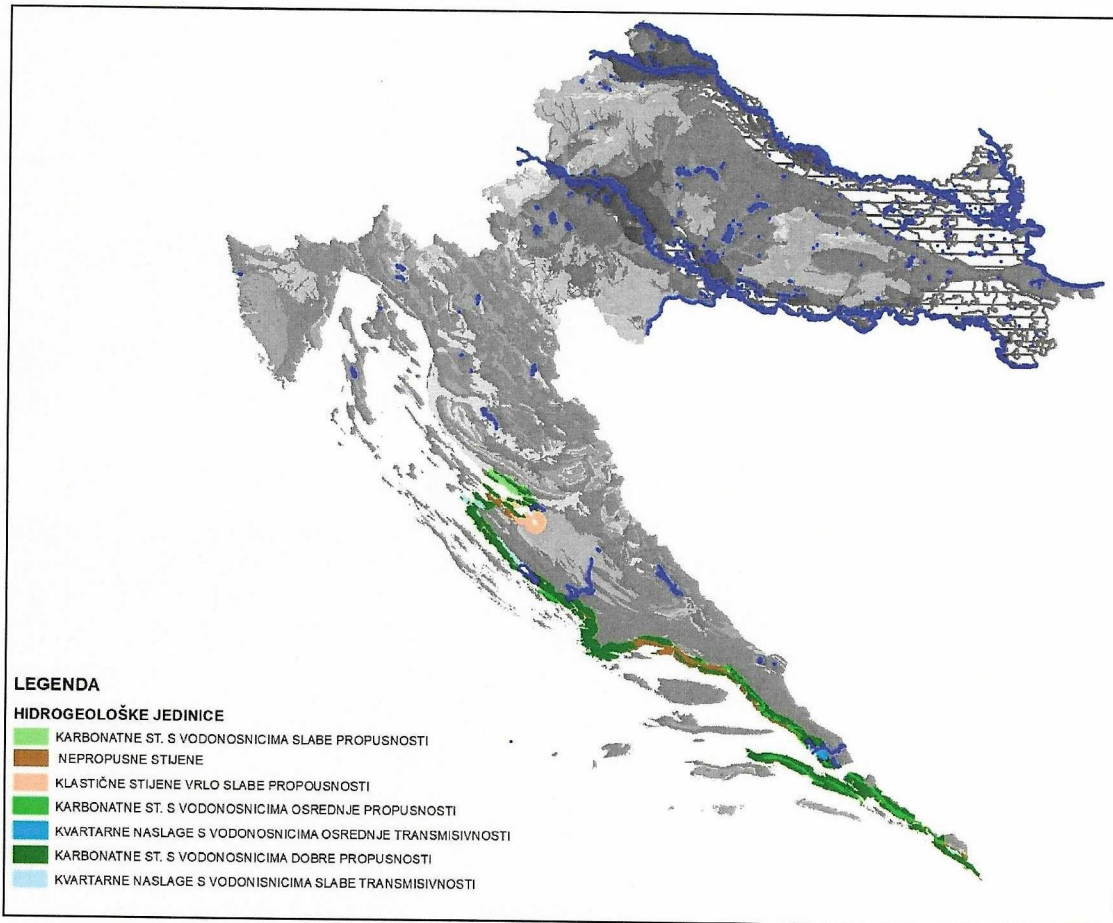
### 2.1. HIDROGEOLOŠKE PODLOGE

Od Naručitelja je zaprimljena postojeće hidrogeološka karta prikazana na slici 1 za područje cijele Republike Hrvatske, a na slici 2 za definirano pilot područje.



**Slika 1.** Hidrogeološka karta za područje Republike Hrvatske





**Slika 2.** Hidrogeološka karta za PILOT PODRUČJE

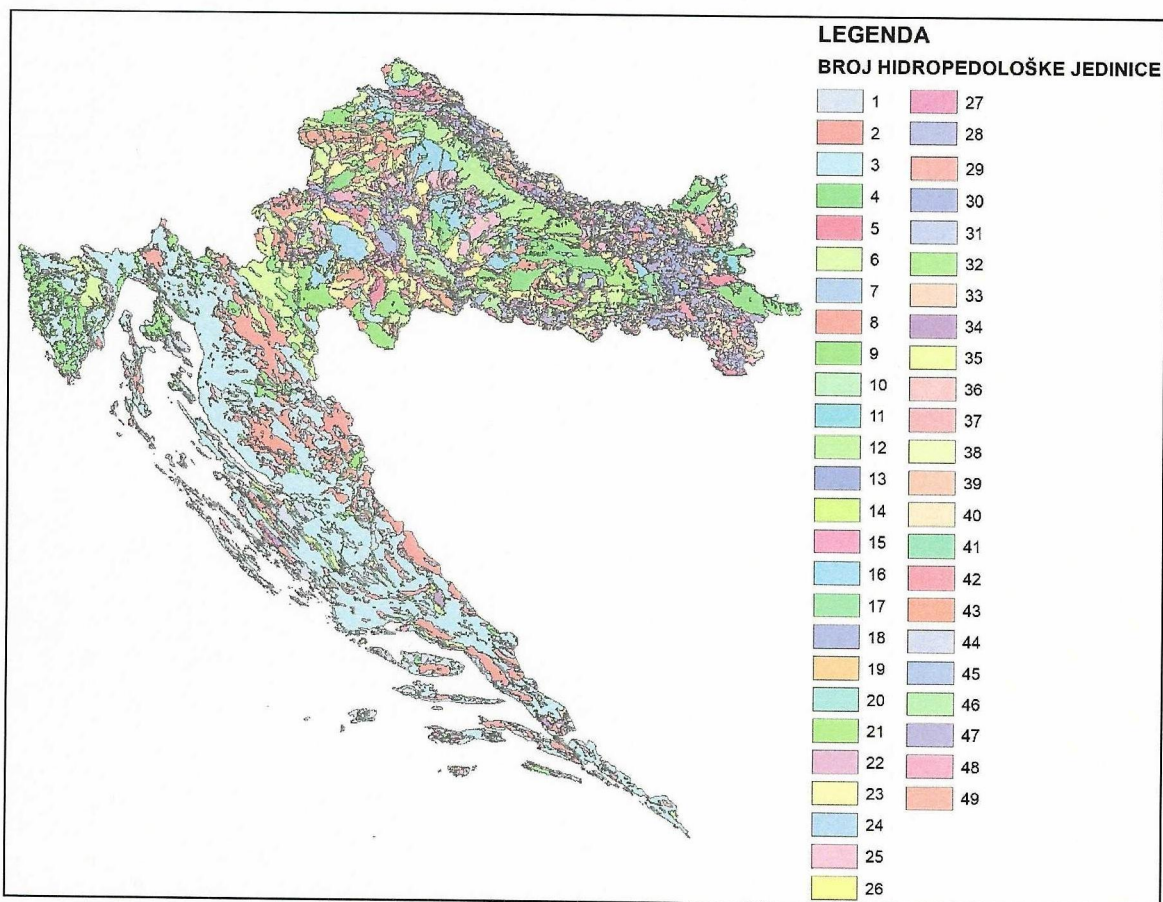
Na cjelokupnom teritoriju Republike Hrvatske je definirano 15 hidrogeoloških jedinica koje se razlikuju po vrsti stijena, propusnosti i poroznosti te su s obzirom na te parametre hidrogeološke jedinice i definirane (uočljivo iz legende na slici). U pilot području je zastupljeno 7 od 15 hidrogeoloških jedinica: karbonate stijene s vodonosnicima slabe, osrednje ili dobre propusnosti, nepropusne stijene, klastične stijene vrlo slabe propusnosti i kvartarne naslage s vodonosnicima slabe ili osrednje transmisivnosti. Od navedenih, pilot područjem dominiraju karbonatne stijene s vodonosnicima osrednje i dobre propusnosti.



## 2.2. HIDROGEOLOŠKE PODLOGE

Na slici 3 je prikazana hidropedološka karta mjerila 1:300.000 za područje cijele Republike Hrvatske, dok je na slici 4 prikazana karta za pilot područje projekta.

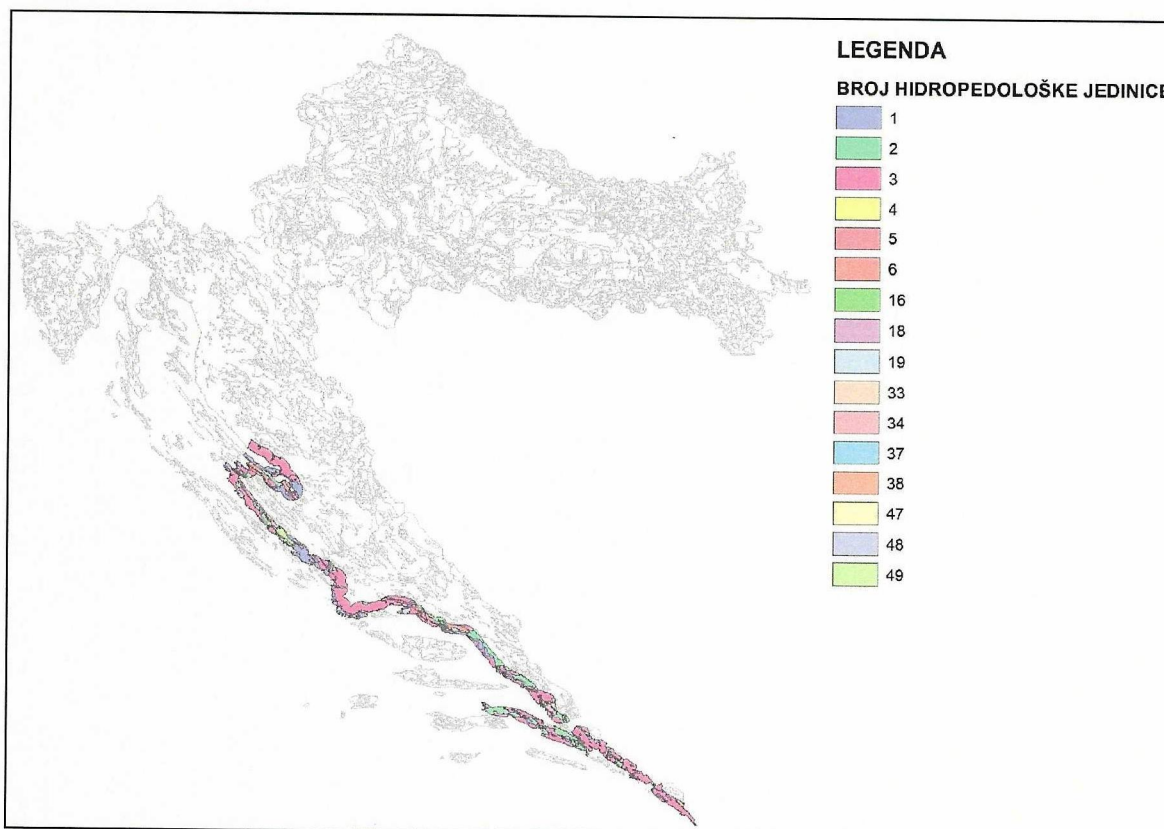
Uočljivo je da je pri izradi karte definirano 47 različitih hidropedoloških jedinica s obzirom na način vlaženja tla, čemu se pridodaju i naselja i vodene površine, što čini ukupno 49 kartiranih jedinica. Detaljan tumač definiranih jedinica nalazi se u Prilogu 1.



**Slika 3.** Hidropedološka karta za područje Republike Hrvatske\*

\*tumač hidropedoloških jedinica se nalazi u Prilogu 1.

Iz prikaza na slici 4 je uočljivo da je unutar definiranog pilot područja zastupljeno 14 različitih hidropedoloških jedinica (oznake iz Priloga 1.: 1-6, 16,18,19, 33, 34, 37, 38, 47), uz naselja i vodene površine (48 i 49), pri čemu dominira jedinica 3 (automorfni način vlaženja, dobro/eksczesivno drenirani).



**Slika 4.** Hidropedološka karta za PILOT PODRUČJE

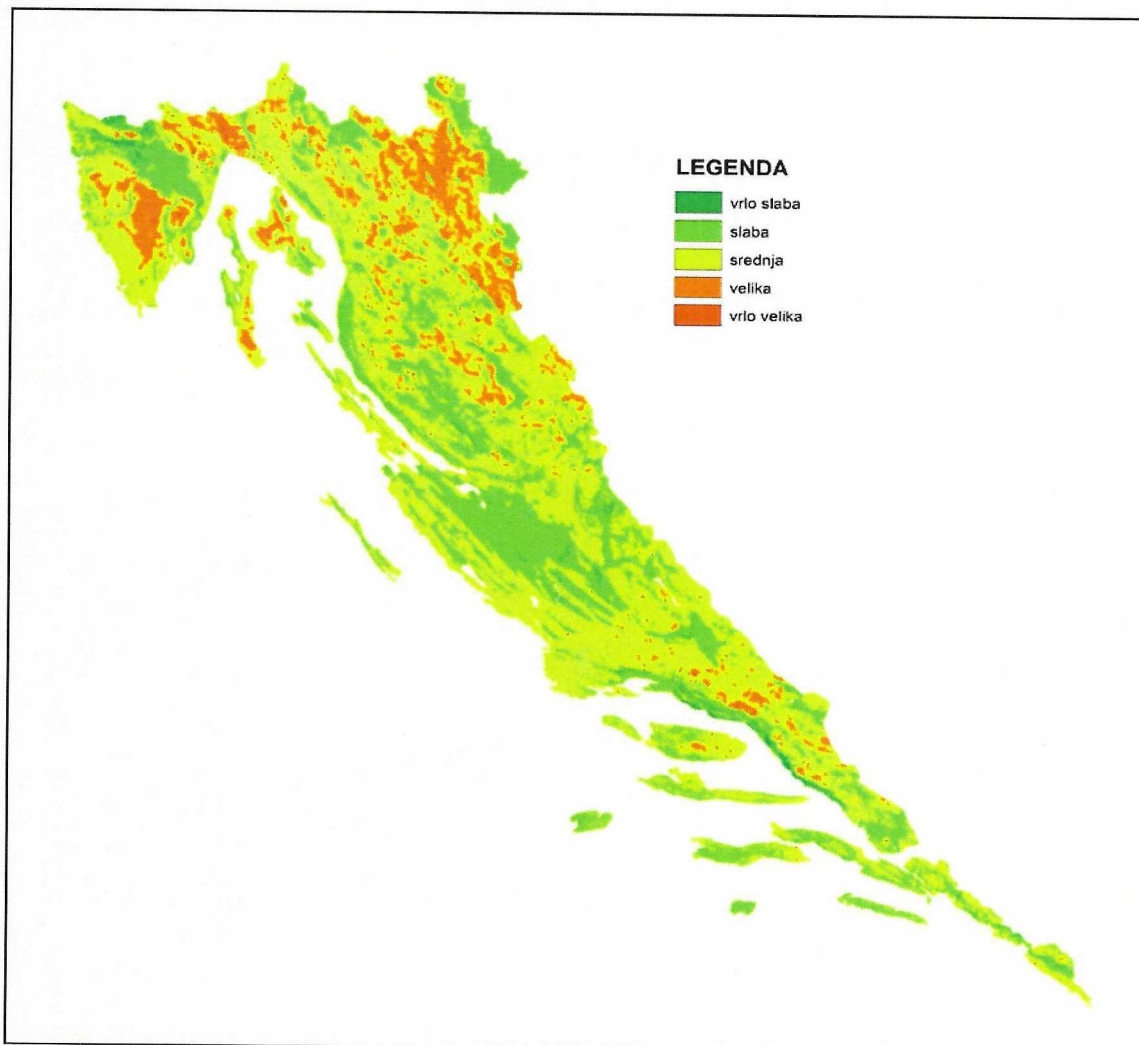
## 2.3. RANJIVOST VODONOSNIKA

Kao jedna od potrebnih podloga za procjenu rizika, dostupna je i karta prirodne ranjivosti vodonosnika prikazana na slici 5 za područje jadranskog sliva. Karta prirodne ranjivosti na ovom



području je načinjena na temelju tri grupe podataka: hidrogeološke karakteristike vodonosnika (prvenstveno litološka građa), stupanj okršenosti (koncentracija vrtača, jame s vodom, ponori) te nagib terena i količina padalina (Biondić i sur., 2009). Prema litološkom sastavu, stijene i naslage su podijeljene u šest kategorija, a ovisno o stupnju propusnosti dodijeljeni su im bodovi od 0 do 10. Za jače okršena područja, odnosno područja s najvećom koncentracijom vrtača pretpostavljeno je povećano poniranje, a time i visoka ranjivost vodonosnika. Jame do vode i ponori su točke u kojima postoji izravna veza između površine terena (time i moguće onečišćujuće tvari) i saturirane zone vodonosnika zbog čega su takvi točkasti podaci također 250 definirani kao zone visoke ranjivosti vodonosnika. Preklapanjem ove dvije podloge (karte vrtača i karte jama s vodom i ponora) dobivena je podloga koja je klasificirana u dvadeset kategorija (bodovi od 1 do 20). Za nagib terena i količinu padalina je pretpostavljeno da imaju važnu ulogu u ocjeni prirodne ranjivosti jer u zaravnjenim područjima i kod velike količine padalina postoji mogućnost dužeg zadržavanja vode na površini terena, a time i potencijalne onečišćujuće tvari. I jednoj i drugoj grupi podataka (nagib terena i količina padalina) dodijeljeni su bodovi od 0 do 10. Zbrajanjem bodova za sve tri grupe podataka rezultiralo je u konačnom broju bodova na temelju kojih je ranjivost podijeljena u pet kategorija: vrlo slaba, slaba, srednja, velika i vrlo velika ranjivost. Unutar obuhvata pilot područja dominira srednja ranjivost vodonosnika.





Slika 5. Karta ranjivosti vodonosnika za područje jadranskog sliva

### 3. DODATNE POTREBNE PODLOGE ZA PROCJENU RIZIKA

Da bi procjena rizika prodora soli u priobalne vodonosnike mogla biti učinjena, potrebno je, prije svega, postojeće dostupne podloge klasificirati na način da njihov doprinos bude izražen kao brojčana vrijednost koliko doprinose ili su podložni prodoru soli. Na primjeru ranjivosti vodonosnika to je jednostavno učiniti jer se trenutno definiranim kategorijama može dodijeliti broj od 1 do 5 (od vrlo slabe do vrlo visoke), ali u slučaju hidropedološke podloge, a slično i kod hidrogeološke podloge, potrebno je generalizirati 47 kartiranih jedinica koje bi se onda također trebale brojčano rangirati.

Nakon toga, potrebno bi bilo uvrstiti dodatne podloge: podatke o podizanju razine more, crpljenju vodonosnika za potrebe vodoopskrbe da bi se utvrdilo u kojoj mjeri dolazi do eventualnih promjena, što bi se u konačnici opet izrazilo kao numerička vrijednost utjecaja na povećanje rizika. U procjenu rizika moguće je uključiti i ekonomske gubitke kao posljedicu zaslanjenja vodonosnika te ih na sličan način uključiti u model za procjenu rizika.

## 4. PRILOZI

**Prilog 1.** Tumač Osnovne hidropedološke karte jedinica načina vlaženja i režima vlažnosti tla mjerila 1:300.000

1) Kartografske jedinice					
Broj	Načini vlaženja – klasa i/ili tip*	% zastupljenosti	% stjenovitosti**	% kamenitosti**	Ukupno, ha
1	2	3	4	5	6
1	Automorfni, ekscesivno drenirani	80	do 90	do 60	260.391,7
	Automorfni, umjereno dobro drenirani	20			
2	Automorfni, ekscesivno drenirani	70	do 50	do 40	507.718,6
	Automorfni, dobro drenirani	30			
3	Automorfni, dobro drenirani	60	do 90	do 30	1.458.277,9
	Automorfni, ekscesivno drenirani	40			
4	Automorfni, dobro drenirani	100	do 8	do 1	389.527,5
5	Automorfni, umjereno dobro drenirani	70	0	0	103.639,2
	Automorfni, dobro drenirani	30			
6	Automorfni, dobro drenirani	50	do 10	0	387.581,6
	Automorfni, umjereno dobro drenirani	50			
7	Automorfni, umjereno dobro drenirani	60	0	0	4.789,2
	Automorfni, dobro drenirani	40			
8	Automorfni, dobro drenirani	90	0	0	169.129,6
	Slabo pseudoglejni	10			
9	Automorfni, dobro drenirani	80	0	0	182.777,5
	Slabo pseudoglejni	20			



10	Automorfni, dobro drenirani	80	0	0	1.389,4
	Slabo pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima	20			
11	Automorfni, dobro drenirani	70	0	0	19.402,6
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	30			
12	Automorfni, dobro drenirani	60	0	0	172.040,6
	Automorfni, umjereno dobro drenirani	20			
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	20			
13	Automorfni, dobro drenirani	60	0	0	29.284,1
	Automorfni, umjereno dobro drenirani	20			
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	20			
14	Automorfni, dobro drenirani	60	0	0	10.253,2
	Srednje duboki hipoglejni	20			
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	10			
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni	10			
15	Automorfni, dobro drenirani	60	0	0	2.570,5
	Srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	20			
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	10			
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	10			

16	Automorfni, umjereno dobro drenirani	50	0	0	184.053,9
	Automorfni, dobro drenirani	20			
	Slabo pseudoglejni	20			
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	10			
17	Automorfni, umjereno dobro drenirani	50	0	0	20.161,2
	Automorfni, dobro drenirani	20			
	Slabo pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima	20			
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	10			
18	Aluvijalni, neplavljeni	50	0	0	61.435,60
	Srednje duboki hipoglejni	30			
	Aluvijalni, plavljeni	20			
19	Aluvijalni, neplavljeni	50	0	0	50.559,20
	Srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	30			
	Aluvijalni, plavljeni	20			
20	Aluvijalni, neplavljeni	90	0	0	42.961,40
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	10			
21	Slabo pseudoglejni,	60	0	0	78.337,30
	Automorfni, dobro drenirani	20			
	Automorfni, umjereno dobro drenirani	20			
22	Slabo pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima		0	0	3.662,60
	Automorfni, dobro drenirani	60			

	Automorfni, umjereno dobro drenirani	20			
		20			
23	Slabo pseudoglejni	80	0	0	217.496,40
	Jako pseudoglejni	10			
	Automorfni, umjereno dobro drenirani	10			
24	Slabo pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima	80	0	0	12.903,60
	Jako pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima	10			
	Automorfni, umjereno dobro drenirani	10			
25	Jako pseudoglejni	70	0	0	101.029,80
	Automorfni, dobro drenirani	20			
	Slabo pseudoglejni	10			
26	Jako pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima	70	0	0	29.872,10
	Automorfni, dobro drenirani	20			
	Slabo pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima	10			
27	Jako pseudoglejni	70	0	0	47.810,10
	Pseudoglej-glejni	20			
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	10			
28	Jako pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima	70	0	0	80.769,30
	Pseudoglej-glejni, hidromeliorirani kanalima				
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni,				



	hidromeliorirani kanalima	20			
		10			
29	Srednje duboki hipoglejni	70	0	0	21.881,90
	Jako pseudoglejni	20			
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	10			
30	Srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	70	0	0	76.057,90
	Jako pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima	20			
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	10			
31	Srednje duboki hipoglejni	70	0	0	26.227,40
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	20			
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni	10			
32	Srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	70	0	0	7.519,80
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	20			
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	10			
33	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	100	0	0	7.039,10
34	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	100	0	0	18.354,40
35	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	90	0	0	1.998,50

	Jako pseudoglejni	10			
36	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	90	0	0	42.943,70
	Jako pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima	10			
37	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	60	0	0	137.358,70
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni	20			
	Jako pseudoglejni	10			
	Pseudoglej-glejni	10			
38	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	60	0	0	49.486,20
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	20			
	Jako pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima	10			
	Pseudoglej-glejni, hidromeliorirani kanalima	10			
		10			
39	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	70	0	0	51.462,60
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni	10			
	Srednje duboki hipoglejni	10			
	Aluvijalni, neplavljeni i plavljeni	10			

40	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima		0	0	139.388,60
		70			
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima				
	Srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	10			
	Aluvijalni, neplavljeni i plavljeni	10			
		10			
41	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	60	0	0	8.679,00
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni	40			
42	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima		0	0	28.788,50
		60			
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	40			
43	Pseudoglej-glejni	60	0	0	29.408,20
	Jako pseudoglejni	20			
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	10			
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni	10			
44	Pseudoglej-glejni, hidromeliorirani kanalima		0	0	27.534,50
		60			
	Jako pseudoglejni, hidromeliorirani kanalima				
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	20			
	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	10			



		10			
45	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni	80	0	0	42.805,70
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni	20			
46	Epiglejni i srednje duboki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	80	0	0	98.263,70
	Vrlo plitki i plitki hipoglejni, hidromeliorirani kanalima	20			
47	Hidromeliorirani cijevnom drenažom	100	0	0	117.855,6
Ukupno					5.562.880,1
48	Naselja				44.612,0
49	Vodene površine				53.883,9
SVEUKUPNO					5.661.376,0

## 5. REFERENCE

- Biondić, R., Biondić, B., Rubinić, J., Meaški, H., Kapelj, S., Tepeš, P., 2009. Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda na krškom području u Republici Hrvatskoj, Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin
- Romić, Davor; Castrignanò, Annamaria; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika (2020). Modelling spatial and temporal variability of water quality from different monitoring stations using mixed effects model theory // Science of The Total Environment, 704, 1-10  
doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135875
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan ; Romić, Marija ; Ondrašek, Gabrijel ; Zovko, Monika (2010). Stupanj zaslanjenosti i održivo korištenje tala Donje Neretve (Level of salinity and sustainable use of soil in the Lower Neretva region). World Bank - Neretva and Trebišnjica Management Project Grant No. TF 091967. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan; Mesić, Milan; Salajpal, Krešimir; Barić, Klara; Poljak, Milan; Romić, Marija; Konjačić, Miljenko; Vnućec, Ivan; Bakić, Helena et al. (2014). Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Maurović, Nada; Vranješ, Mijo; Srzić, Veljko (2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015) Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Romić, Marija; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Husnjak, Stjepan, Stričević, Ivo; Maurović, Nada; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Vranješ,

Mijo (2014). Petogodišnje izvješće (2009-2013) monitoringa zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode

- Romić, Davor; Zovko, Monika; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Bakić Begić, Helena; Romić, Marija (2019). Procesi, dinamika i trend zaslanjivanja voda i tla u poljoprivrednom području doline Neretve // Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode Zbornik radova / Biondić, Danko ; Holjević, Danko ; Vizner, Marija (ur.). Zagreb: Hrvatske vode,. str. 783-791
- Zovko, Monika; Romić, Davor; Colombo, Claudio; Di Iorio, Erica; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Castrignanò, Annamaria (2018). A geostatistical Vis-NIR spectroscopy index to assess the incipient soil salinization in the Neretva River valley, Croatia // Geoderma, 332, 60-72 doi:10.1016/j.geoderma.2018.07.005
- Zovko, Monika; Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel (2013). Soil and Water Management for Sustained Agriculture in Alluvial Plains and Flood Plains Exposed to Salinity: A Case of Neretva River Valley // Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress / Ahmad, Parvaiz ; Azoos, M.M. ; Prasad, M.N.V. (ur.). New York: Springer, str. 473-494



# D.4.1.1 Studije slučaja: fizikalna istraživanja



1506  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO



COMUNE  
DI FANO



INSTITUT ZA JADRANSKE KULTURE  
I MELIORACIJU KRŠA SPLIT



METRIS  
LUSTANOVKA  
CENTAR ZA ISTRAŽIVANJE MATERIJALA  
ISTARSKE ŽUPANIJE



HRVATSKE VODE

## Kontrolni List Dokumenta

<b>Broj projekta:</b>	10048765
<b>Akronim projekta</b>	ASTERIS
<b>Naziv projekta</b>	Adaptation to Saltwater inTrusion in sEa level RIse Scenarios
<b>Početak projekta</b>	Siječanj 2019
<b>Trajanje</b>	24 mjeseca

<b>Povezana aktivnost:</b>	Studije slučaja: fizikalna istraživanja
<b>Naziv isporuke:</b>	Prostorna, vremenska I metodološka karakterizacija monitoring voda za PILOT PODRUČJE
<b>Tip isporuke</b>	Izvješće
<b>Jezik</b>	Hrvatski
<b>Naslov radnog paketa</b>	Identifikacija potreba i prepreka u upravljanju obalnim vodonsnicima
<b>Broj radnog paketa</b>	4
<b>Voditelj radnog paketa</b>	

<b>Status</b>	
<b>Autor (i)</b>	
<b>Verzija</b>	
<b>Rok isporuke</b>	
<b>Datum dostave</b>	



**NARUČITELJ:**

**HRVATSKE VODE**

PRAVNA OSOBA ZA UPRAVLJANJE VODAMA

10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

**IZVRŠITELJ:**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**AGRONOMSKI FAKULTET**

Zavod za melioracije

prof.dr.sc. Davor Romić

doc.dr.sc. Monika Zovko

prof.dr.sc. Marija Romić

prof.dr.sc. Gabrijel Ondrašek


dr.sc. Marina Bubalo Kovačić

dr.sc. Helena Bakić Begić

Marko Reljić, mag.ing.agr.

Dekan



  
Prof. dr. sc. Zoran Grgić



# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	PROSTORNA, VREMENSKA I METODOLOŠKA KARAKTERIZACIJA MONITORINGA VODA ZA PILOT PODRUČJE .....	2
3.	PROSTORNA, VREMENSKA I STATISTIČKA ANALIZA KAKVOĆE VODA ZA PILOT PODRUČJE.....	8
4.	ZAKLJUČCI .....	37
5.	REFERENCE.....	38

# 1. UVOD

Projekt ASTERIS (eng. *Adaptation to Saltwater intrusion in sea level rise scenarios*) odobren je u sklopu Programa prekogranične suradnje INTERREG V-A Italija-Hrvatska 2014.-2020, prioriteta 2, mjere 2.1. Cilj projekta je, temeljem zajedničke procjene prostorne i vremenske varijabilnosti prodora morske vode, identificirati i kartirati potrebe i prepreke u upravljanju rizicima zaslivanja vode te pružiti praktične alate za održivo upravljanje obalnih vodonosnika na lokalnoj razini. Da bi se postigao taj cilj, odabrana su tri kritična i reprezentativna područja za realizaciju specifičnih studija slučaja: regija Emilia-Romagna (općina Ravenna, Italija), regija Marche (općina Fano, Italija) i Dubrovačko-neretvanska županija (područje delte Neretve u daljnjem tekstu **PILOT PODRUČJE**). Projekt se sastoji od pet radnih paketa, a u ovom elaboratu daje se pregled provedenih istraživanja u sklopu radnog paketa br. 4. „Utvrdjivanje potreba i prepreka u upravljanju obalnim vodonosnicima“ (dalje u tekstu RP 4.). Cilj RP 4. je kroz tri aktivnosti identificirati i kartirati potrebe i prepreke u upravljanju obalnim podzemnim vodama u procijenjenim scenarijima rizika. Ovo izvješće je isporuka (D 4.1.1) koja se odnosi na provedbu aktivnosti 4.1 „Studije slučaja: gospodarenje obalnim vodonosnicima, upravljanje i korištenje“. Isporuka (D 4.1.1) je izvješće u formi elaborata prostorne, vremenske i metodološke karakterizacije monitoringa voda za PILOT PODRUČJE te prostorne, vremenske i statističke analize kakvoće voda za PILOT PODRUČJE.

U izradi izvješća prema zadanom projektnom zadatku korišteni su podaci i studije dostavljeni od strane Naručitelja.

## 2. PROSTORNA, VREMENSKA I METODOLOŠKA KARAKTERIZACIJA MONITORINGA VODA ZA PILOT PODRUČJE

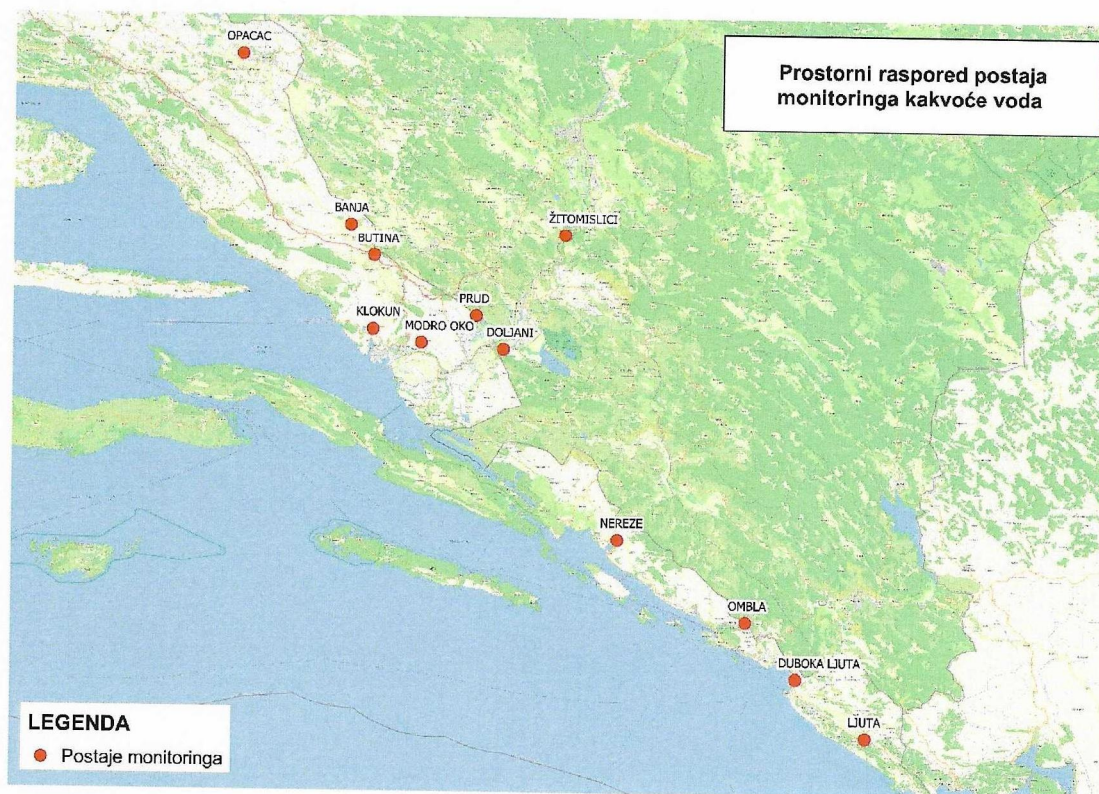
Prostorna, vremenska i metodološka karakterizacija monitoringa voda za PILOT PODRUČJE (Dolina/Sliv rijeke Neretve) definirana je sukladno podacima dostavljenim od strane Naručitelja. Područje zahvaćeno monitoringom definira se kao područje Cjelina podzemne vode (CPV) Neretve (površina 2.035 km<sup>2</sup>) koje je prekogranično vodno tijelo čiji je najveći dio u susjednoj Bosni i Hercegovini. S hidrogeološkog aspekta CPV Neretva na teritoriju Republike Hrvatske može se podijeliti na:

- vodno područje izvorišta duž desne obale rijeke Neretve,
- vodno područje izvorišta duž lijeve obale rijeke Neretve i Dubrovačkog primorja,
- delta rijeke Neretve s debelim naslagama aluvijalnog i marinskog nanosa
- poluotok Pelješac (Biondić i sur., 2016.).

Prostorni raspored svih postaja monitoringa stanja voda za koje su dostavljeni podaci, a uključuje ukupno 12 mjernih postaja prikazan je na slici 2.1. Najsjevernija mjerna točka je krško izvorište Opačac koje se nalazi u Imotskom polju. Slijede mjerne lokacije izvora Banja u Rastočkom i izvora Butina u Vrgoračkom polju. U dolini rijeke Neretve nalaze se tri mjerne postaje na kojima se provodi monitoring izvora Klokun, Modro Oko i Prud. Postaje monitoringa koje su iznimno značajne za područje rijeke Neretve, a nalaze su u susjednoj Bosni i Hercegovini su još postaja Doljani i postaja Žitomislíci (slika 2.2). Postaja Doljani se nalazi uzvodno od grada Metkovića, neposredno uz državnu granicu. Postaja Žitomislíci predstavlja mjerodavni profil za

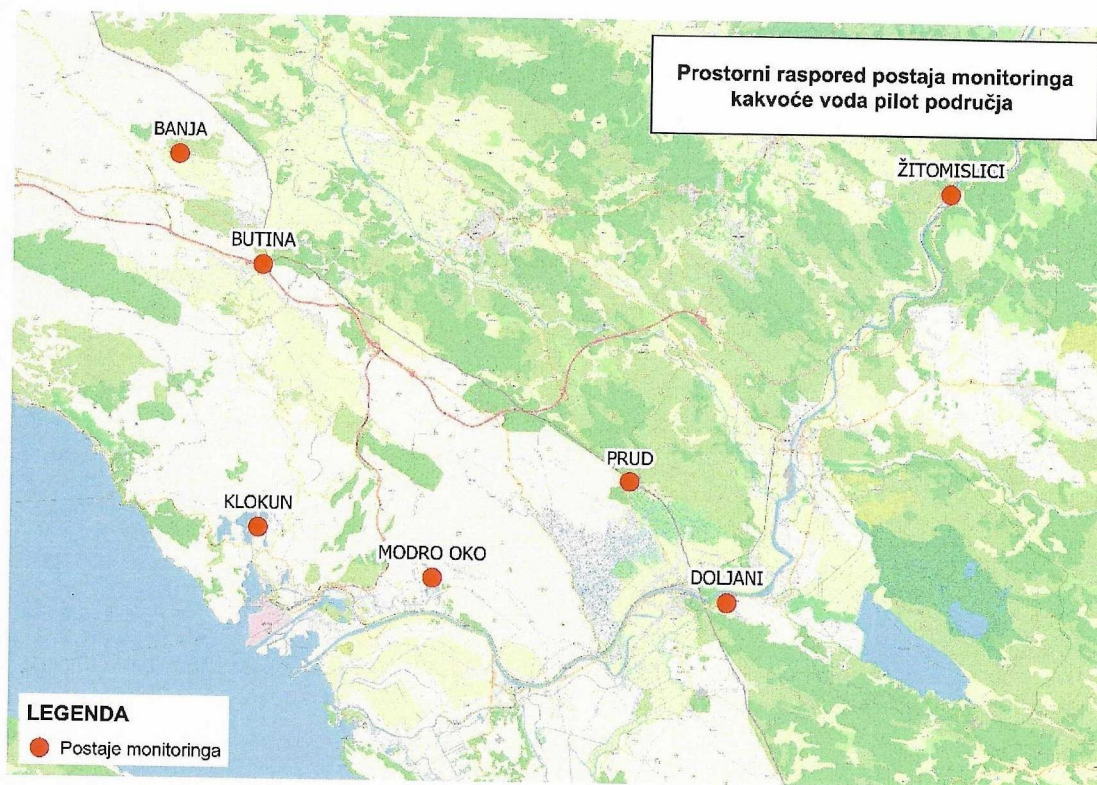


dotoke koji dolaze u područje delte s gornjeg dijela sliva rijeke Neretve. Južno od područja doline rijeke Neretve nalazi se još nekoliko postaja monitoringa elemenata kakvoće voda, a to su Nereze u mjestu Slano, u Dubrovačkom primorju to su Ombla i Duboka Ljuta, te najjužnija postaja monitoringa, Ljuta koji se nalazi na području Konavla.



**Slika 1.** Prostorni raspored postaja monitoringa elemenata kakvoće voda





**Slika 2.** Prostorni raspored postaja monitoringa elemenata kakvoće voda pilot područja

Kao uzvodni rubni uvjet elemenata kakvoće voda rijeke Neretve korišteni su podaci mjerne postaje Žitomislíci koja se nalazi u Bosni i Hercegovini, a pod izravnim je utjecajem rada hidroelektrane Mostar. Podaci o kakvoći vode na navedenoj postaji javno su dostupni na stranicama Agencije za vodno područje Jadranskog mora iz Mostara, a obuhvaćaju razdoblje od 2009.-2019. godine. Uz postaju Žitomislíci, postaja monitoringa koja predstavlja ulaznu točku u Republiku Hrvatsku je postaja Doljani na samoj granici između Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine, za koju se raspolagalo s podacima za razdoblje 2010.-2019. Pored navedene dvije postaje, za šire područje rijeke Neretve dostavljeni su podaci sa preko 20 postaja monitoringa elemenata kakvoće voda, međutim učestalost uzorkovanja se značajno razlikuje od postaje do postaje, od jednom godišnje do jednom mjesečno. Također se razlikuje i dužina razdoblja raspoloživosti podataka. Podaci provedenog monitoringa su dostupni od 2010. do 2019. za

većinu postaja, dok su za njih pet dostupni samo za razdoblje od 2015. do 2019. godine. Tablica 1 prikazuje sve postaje za koje je Naručitelj dostavio podatke, vremensko razdoblje raspoloživosti podataka, učestalost provedenog uzorkovanja i parametre kakvoće vode koji su analizirani.

**Tablica 1.** Postaje monitoringa kakvoće voda na području Dubrovačko-neretvanske županije i njihova karakterizacija

Postaja monitoringa	Razdoblje	Učestalost motrenja	Vrsta vode	Parametri kakvoće vode	Izvor podataka
Žitomislići	2009.- 2020.	mjesečno	Površinska	Temperatura, pH, BPK5, Otopljeni kisik, EC, Suspendirane tvari, KMnO <sub>4</sub> , Zasićenje kisikom, Ukupni P, Ukupni N, NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub>	Agencija za vodno područje Jadranskog mora
Doljani	2010.- 2019.	tjedno		pH, EC, Cl <sup>-</sup> , KMnO <sub>4</sub>	Zavod za javno zdravstvo Dubrovačko-neretvanske županije
Prud	2010.- 2019.	Više puta godišnje		pH, EC, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , KMnO <sub>4</sub>	Zavod za javno zdravstvo Dubrovačko-neretvanske županije



<b>Izvorište Opačac</b>	2009.- 2019.	Mjesečno/ kvartalno	Površinska	EC, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Hrvatske vode
<b>Butina, izvorište</b>	2009.- 2019.	Mjesečno/ kvartalno	Površinska	EC, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Hrvatske vode
<b>Izvorište Norin, Prud</b>	2009.- 2019.	Mjesečno/ kvartalno	Površinska	EC, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Hrvatske vode
<b>Ombla, izvorište</b>	2009.- 2019.	Mjesečno/ kvartalno	Površinska	EC, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Hrvatske vode
<b>Ljuta, izvorište Konavle</b>	2009.- 2019.	Mjesečno/ kvartalno	Površinska	EC, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Hrvatske vode
<b>Banja</b>	2015.- 2019.	Kvartalno	Podzemna	Temperatura, EC, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Hrvatske vode
<b>Duboka Ljuta</b>	2015.- 2019.	Kvartalno	Podzemna	Temperatura, EC, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Hrvatske vode
<b>Nereze, Slano</b>	2015.- 2019.	Kvartalno	Podzemna	Temperatura, EC, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Hrvatske vode
<b>Klokun</b>	2015.- 2019.	Kvartalno	Podzemna	Temperatura, EC, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Hrvatske vode
<b>Modro Oko</b>	2015.- 2019.	Kvartalno	Podzemna	Temperatura, EC, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Hrvatske vode

Parametri kakvoće voda koji su analizirani na pojedinim postajama također se međusobno razlikuju. Parametri kakvoće koji bi ukazivali na probleme intruzije morske vode u obalne

vodonosnike obuhvaćaju pH, električnu vodljivost, koncentraciju klorida te koncentraciju sulfata (tablica 2).

**Tablica 2.** Parametri kakvoće vode na pojedinim postajama monitoringa

Postaja/parametar	pH	EC	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Žitomislići	•	•		
Doljani	•	•	•	
Prud	•	•	•	•
Opačac		•	•	•
Butina		•	•	•
Norin (Prud)		•	•	•
Ombla		•	•	•
Ljuta		•	•	•
Banja		•	•	•
Duboka Ljuta		•	•	•
Nereze		•	•	•
Klokun		•	•	•
Modro Oko		•	•	•

### 3. PROSTORNA, VREMENSKA I STATISTIČKA ANALIZA KAKVOĆE VODA ZA PILOT PODRUČJE

Dostupni podaci korišteni u analizi obuhvaćaju 12 postaja monitoringa kakvoće vode.

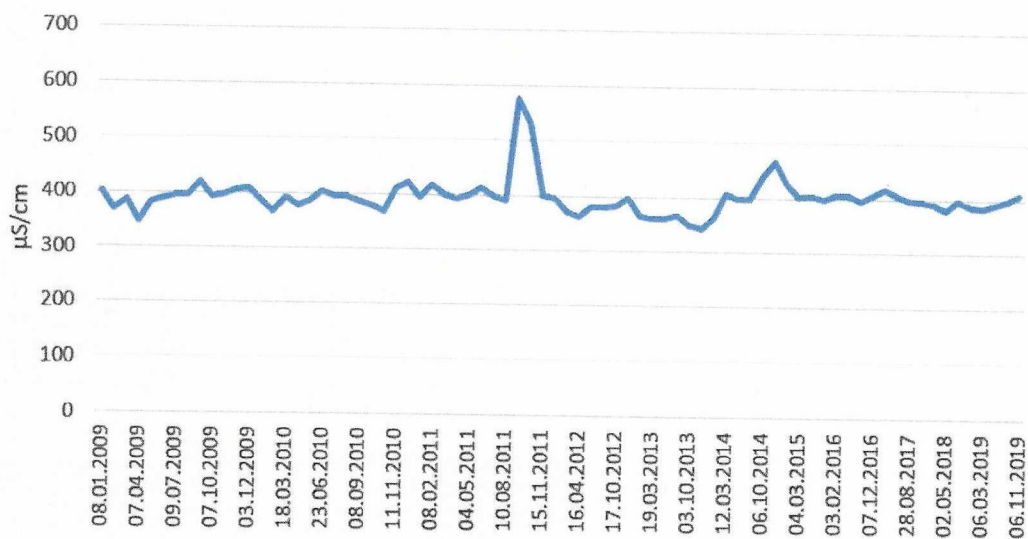
Za najsjeverniju postaju monitoringa Opačac analizirani su podaci za električnu vodljivost (EC), koncentraciju klorida ( $\text{Cl}^-$ ) i koncentraciju sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) za razdoblje 2009.-2019. Tablica 3 prikazuje pregled rezultata statističke analize tih podataka.

**Tablica 3.** Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Opačac

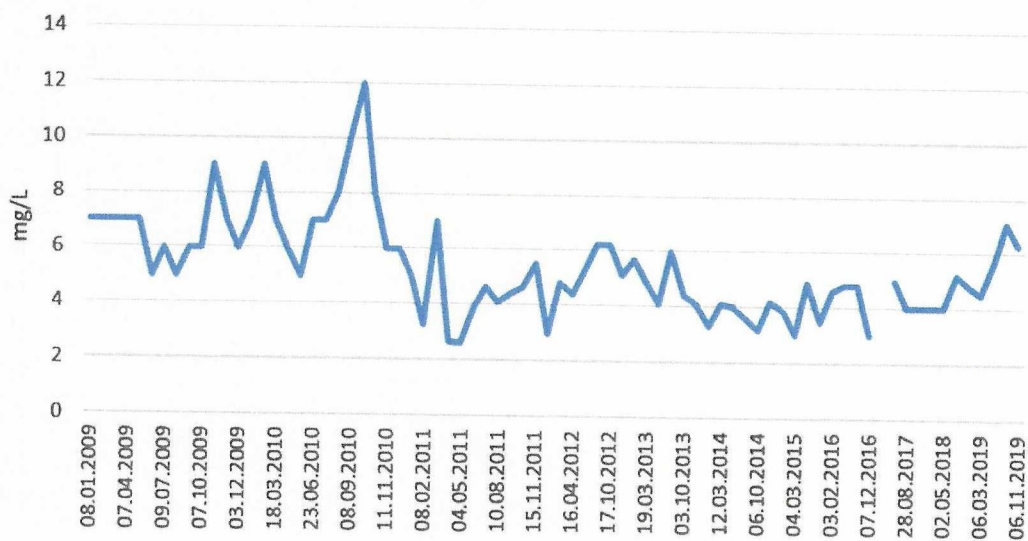
	EC	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$
	$\mu\text{S}/\text{cm}$	mg/l	
<b>N</b>	76	75	75
<b>Aritmetička sredina</b>	398	5,4	11
<b>Minimum</b>	344	2,6	2,4
<b>Maksimum</b>	575	12	50
<b>Standardno odstupanje</b>	33	1,7	6,9
<b>Koeficijent varijabilnosti (%)</b>	8,3	32	61

Iz analize dostupnih podataka ( $n=76$ ) vidljivo je da je u razdoblju 2009.-2019. električna vodljivost kretala se u rasponu između 344  $\mu\text{S}/\text{cm}$  i 575  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a prosječna vrijednost iznosila je 398  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (slika 3). Koncentracija  $\text{Cl}^-$  u vodi kretala se od minimalnih 2,6 mg/l do maksimalnih 12 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 5,4 mg/l (slika 4). Koncentracija  $\text{SO}_4^{2-}$  u vodi kretala se od minimalnih 2,4 mg/l do maksimalnih 50 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 11,3 mg/l (slika 5).

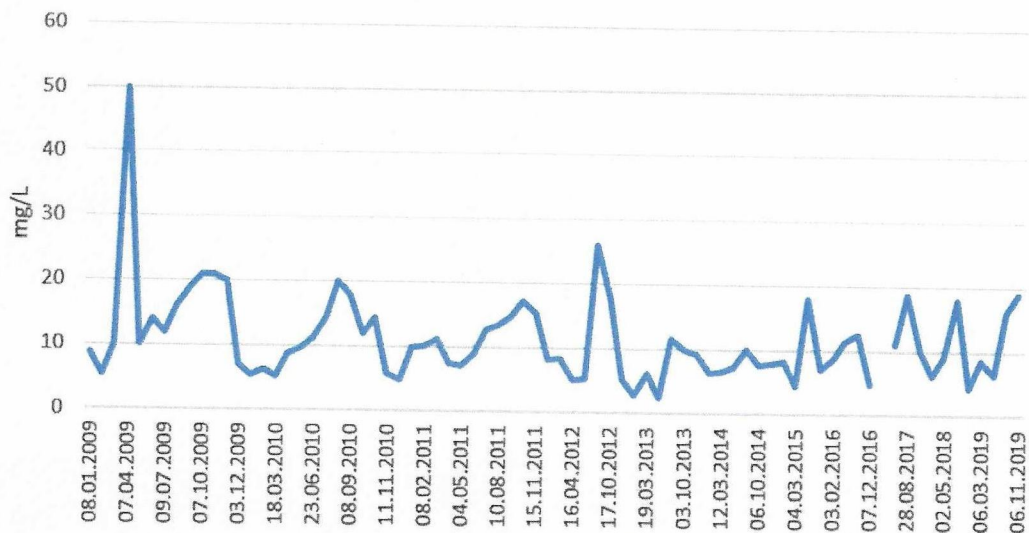




Slika 3. Vrijednosti električne vodljivosti za postaju Opačac (2009.-2019.)



Slika 4. Vrijednosti koncentracije klorida za postaju Opačac (2009.-2019.)



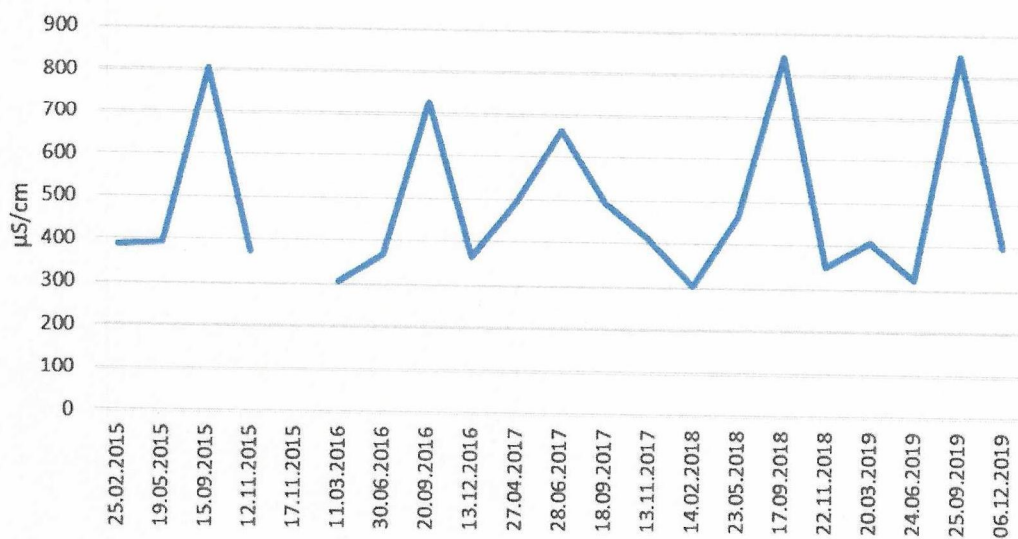
**Slika 5.** Vrijednosti koncentracije sulfata za postaju Opačac (2009.-2019.)

Za postaju monitoringa Banja analizirani su podaci za električnu vodljivost, koncentraciju klorida i koncentraciju sulfata u vodi za razdoblje 2015.-2019. Tablica 4 prikazuje pregled rezultata statističke analize podataka.

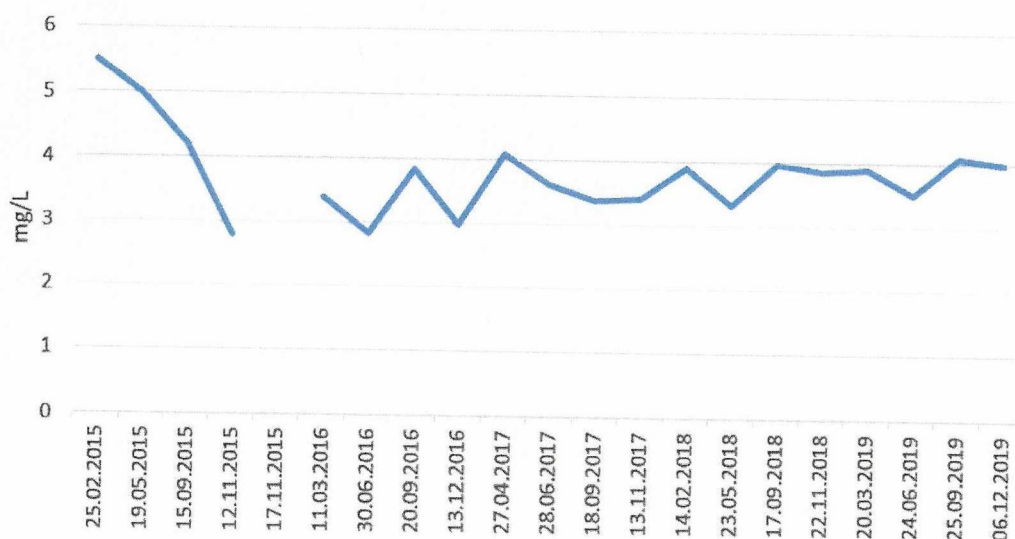
**Tablica 4.** Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Banja

	EC	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	μS/cm	mg/l	
<b>N</b>	20	20	20
<b>Aritmetička sredina</b>	487	3,8	75
<b>Minimum</b>	303	2,8	3,2
<b>Maksimum</b>	850	5,5	270
<b>Standardno odstupanje</b>	179	0,64	90
<b>Koeficijent varijabilnosti (%)</b>	37	17	121

Iz analize dostupnih podataka vidljivo je da je u razdoblju 2015.-2019. provedeno samo 21 uzorkovanje. Vrijednost električne vodljivosti vode kretala se od 303  $\mu\text{S}/\text{cm}$  do 850  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , s prosjekom od 487  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (slika 6). Koncentracija klorida u vodi kretala se od 2,8 mg/l do maksimalnih 5,5 mg/l, s prosjekom od 3,8 mg/l (slika 7). Izražen je varijabilnost koncentracija  $\text{SO}_4^{2-}$  (koeficijent varijabilnosti > 100%) koji su kretali od minimalnih 3,2 mg/l do maksimalnih 270 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 75 mg/l (slika 8).

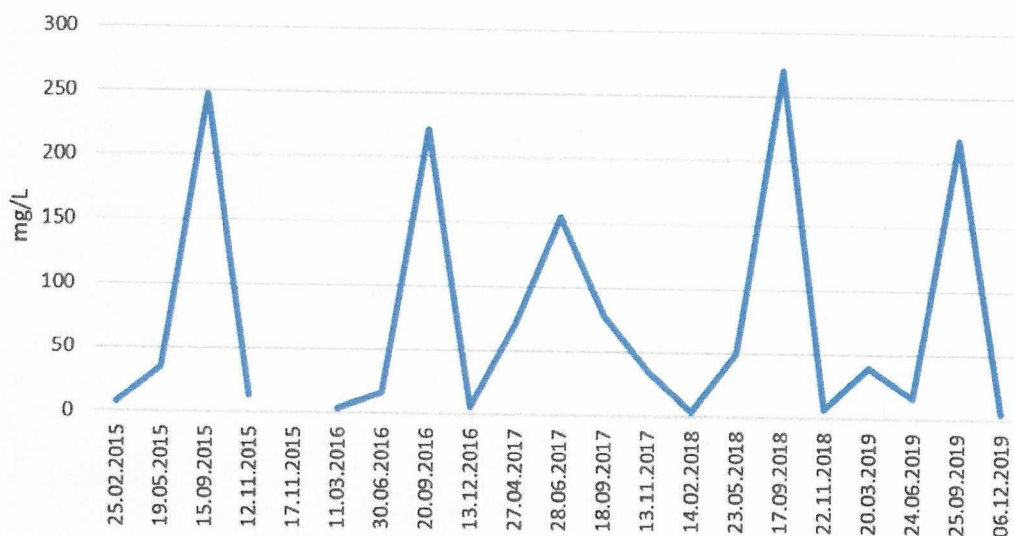


Slika 6. Vrijednosti električne vodljivosti za postaju Banja (2015.-2019.)



Slika 7. Vrijednosti koncentracije klorida za postaju Banja (2015.-2019.)





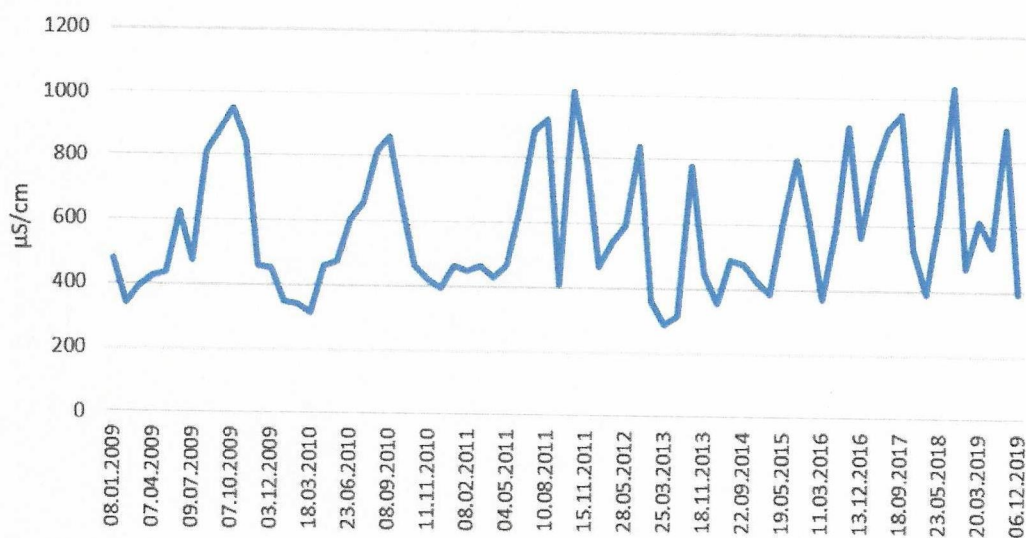
Slika 8. Vrijednosti koncentracije sulfata za postaju Banja (2015.-2019.)

Za postaju monitoringa Butina analizirani su podaci za električnu vodljivost, koncentraciju klorida i koncentraciju sulfata u vodi za razdoblje 2009.-2019. Tablica 5 prikazuje pregled rezultata statističke analize podataka.

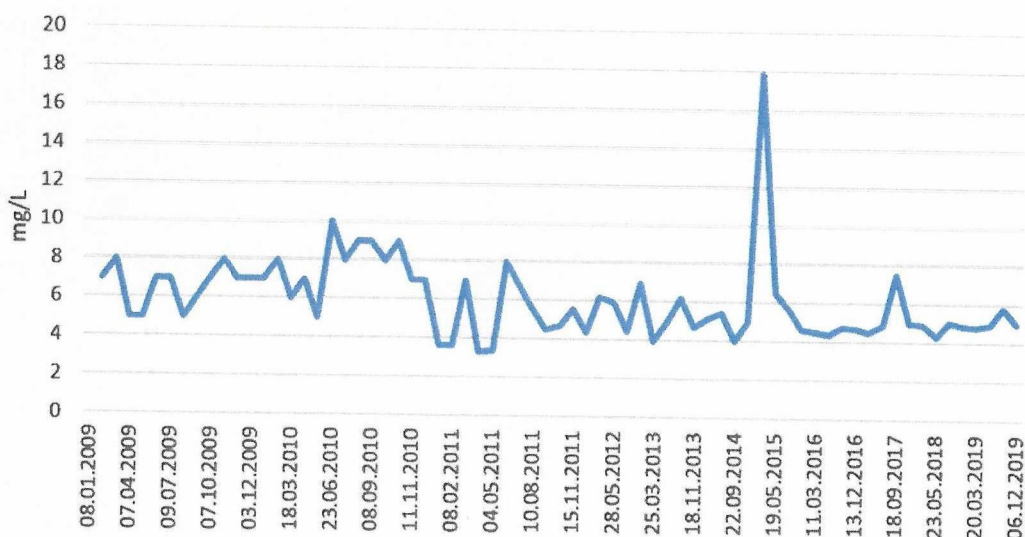
Tablica 5. Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Butina

	EC	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	μS/cm	mg/l	
<b>N</b>	70	70	70
<b>Aritmetička sredina</b>	581	6,0	136
<b>Minimum</b>	287	3,3	11
<b>Maksimum</b>	1036	18	400
<b>Standardno odstupanje</b>	205	2,1	124
<b>Koeficijent varijabilnosti (%)</b>	35	35	91

Iz analize dostupnih podataka vidljivo je da je u razdoblju 2009.-2019. provedeno ukupno 70 uzorkovanja. Vrijednost električne vodljivosti vode kretala se u rasponu između 287  $\mu\text{S}/\text{cm}$  i 1036  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a prosječna vrijednost iznosila je 581  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (slika 9). Koncentracija klorida u vodi kretala se od minimalnih 3,3 mg/l do maksimalnih 17,9 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 6,0 mg/l (slika 10). Koncentracija sulfata u vodi kretala se od minimalnih 11,2 mg/l do maksimalnih 400 mg/l, s prosjekom od 136,0 mg/l (slika 11).

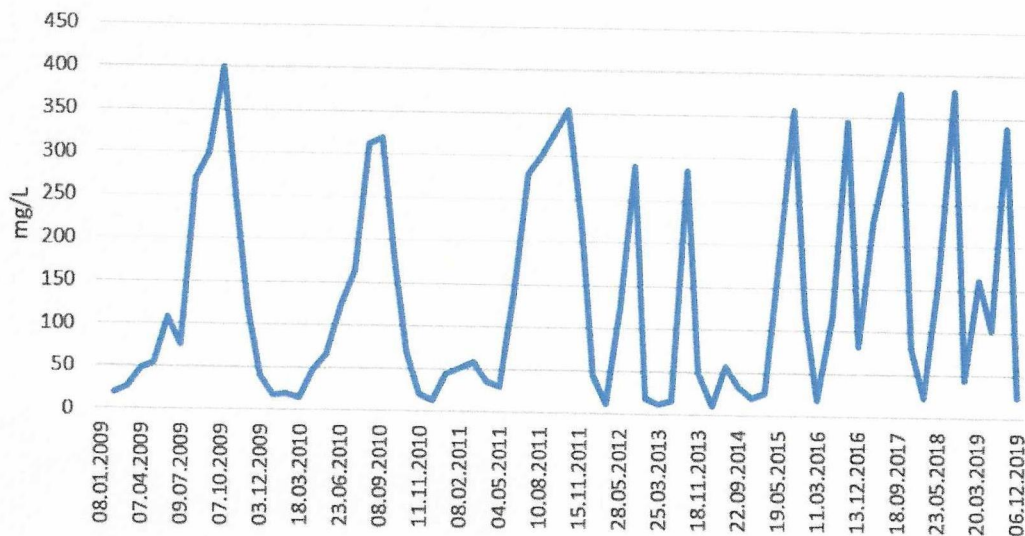


**Slika 9.** Vrijednosti električne vodljivosti za postaju Butina (2009.-2019.)



**Slika 10.** Vrijednosti koncentracije klorida za postaju Butina (2009.-2019.)





**Slika 11.** Vrijednosti koncentracije sulfata za postaju Butina (2009.-2019.)

Za postaju monitoringa Klokun analizirani su podaci za električnu vodljivost, koncentraciju klorida i koncentraciju sulfata u vodi za razdoblje 2015.-2019. Tablica 6 prikazuje pregled rezultata statističke analize podataka.

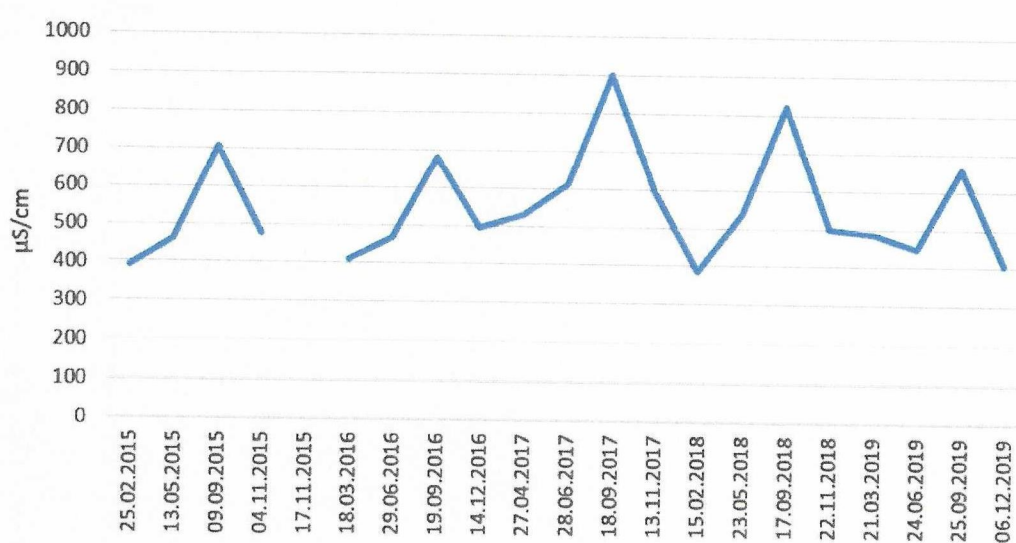
**Tablica 6.** Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Klokun

	EC	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	μS/cm	mg/l	
<b>N</b>	20	20	20
<b>Aritmetička sredina</b>	550	5,2	104
<b>Minimum</b>	387	4,1	19
<b>Maksimum</b>	900	8,1	346
<b>Standardno odstupanje</b>	143	1,0	90
<b>Koeficijent varijabilnosti (%)</b>	26	20	87

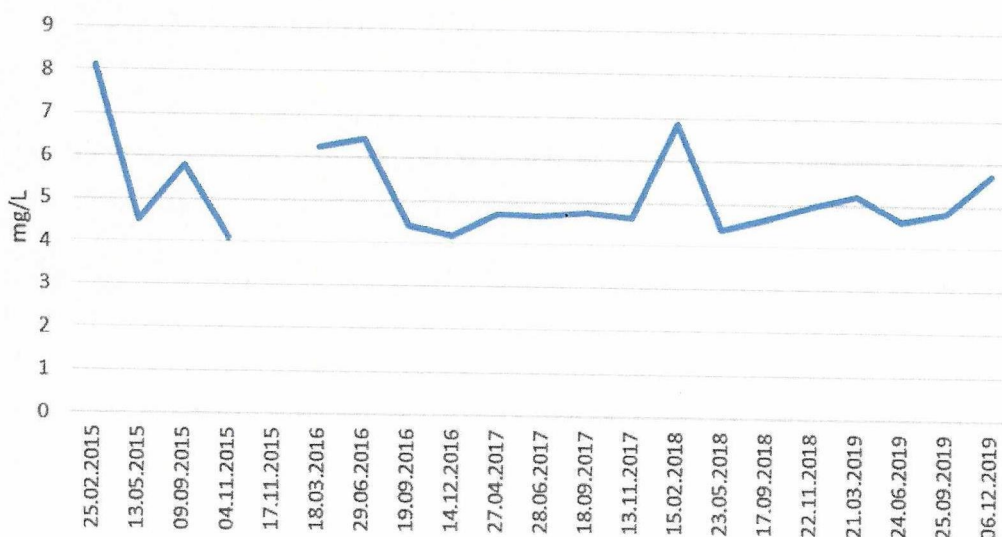
Iz analize dostupnih podataka vidljivo je da je u razdoblju 2015.-2019. provedeno samo 21



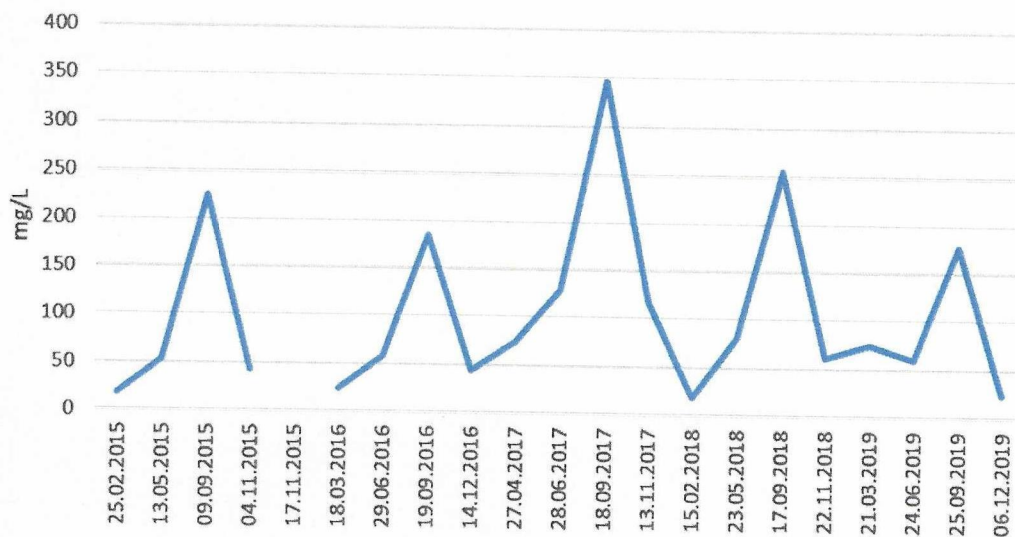
uzorkovanje. Vrijednost električne vodljivosti vode kretala se od 387  $\mu\text{S}/\text{cm}$  do 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , s prosjekom od 550  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (slika 12). Koncentracija klorida u vodi kretala se od 4,1 mg/l do maksimalnih 8,1 mg/l, s prosjekom od 5,2 mg/l (slika 13). Koncentracija sulfata u vodi kretala se od minimalnih 18,7 mg/l do maksimalnih 346,4 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 103,5 mg/l (slika 14).



Slika 12. Vrijednosti električne vodljivosti za postaju Klokun (2015.-2019.)



Slika 13. Vrijednosti koncentracije klorida za postaju Klokun (2015.-2019.)



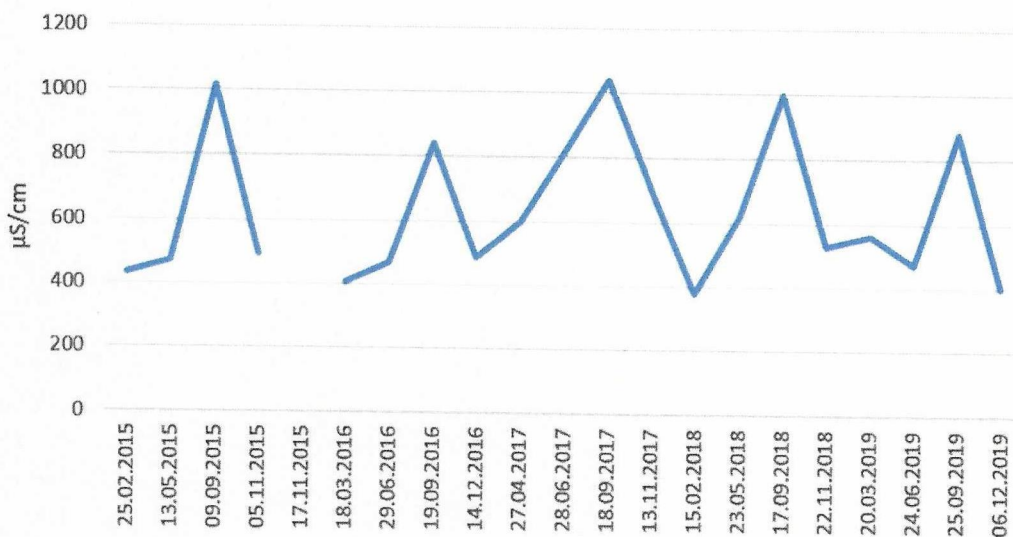
**Slika 14.** Vrijednosti koncentracije sulfata za postaju Klokun (2015.-2019.)

Za postaju monitoringa Modro Oko analizirani su podaci za električnu vodljivost, koncentraciju klorida i koncentraciju sulfata u vodi za razdoblje 2015.-2019. Tablica 7 prikazuje pregled rezultata statističke analize podataka.

**Tablica 7.** Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Modro Oko

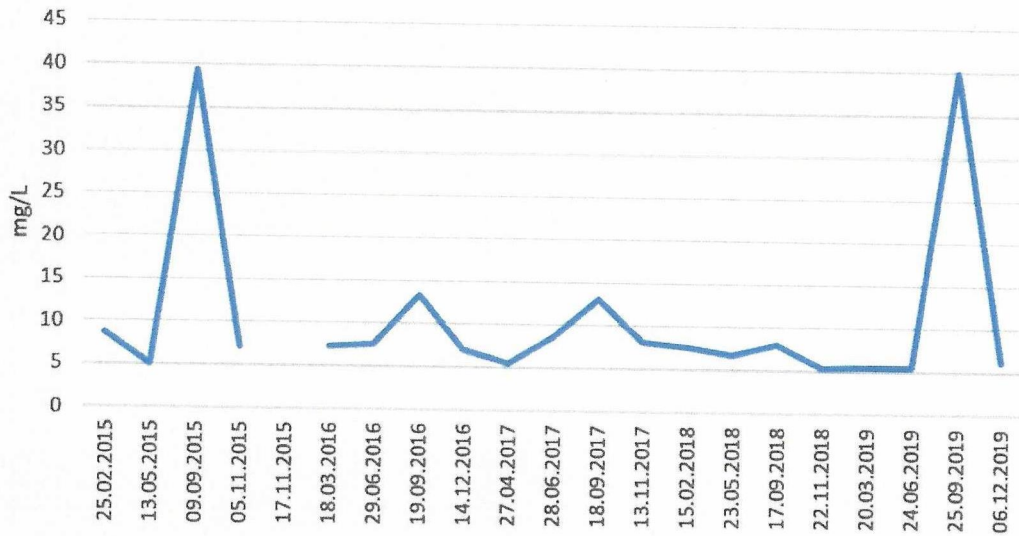
	EC	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	μS/cm	mg/l	
<b>N</b>	20	20	20
<b>Aritmetička sredina</b>	631	11	147
<b>Minimum</b>	378	5,0	18
<b>Maksimum</b>	1039	40	384
<b>Standardno odstupanje</b>	222	10	128
<b>Koeficijent varijabilnosti (%)</b>	35	95	87

Iz analize dostupnih podataka vidljivo je da je u razdoblju 2015.-2019. provedeno samo 21 uzorkovanje. Vrijednost električne vodljivosti vode kretala se od 378  $\mu\text{S}/\text{cm}$  do maksimalnih 1039  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , s prosjekom od 631  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (slika 15). Koncentracija klorida u vodi kretala se od 5,0 mg/l do maksimalnih 40,0 mg/l, s prosjekom od 10,7 mg/l (slika 16). Koncentracija sulfata u vodi kretala se od minimalnih 18,1 mg/l do maksimalnih 383,6 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 147,4 mg/l (slika 17).

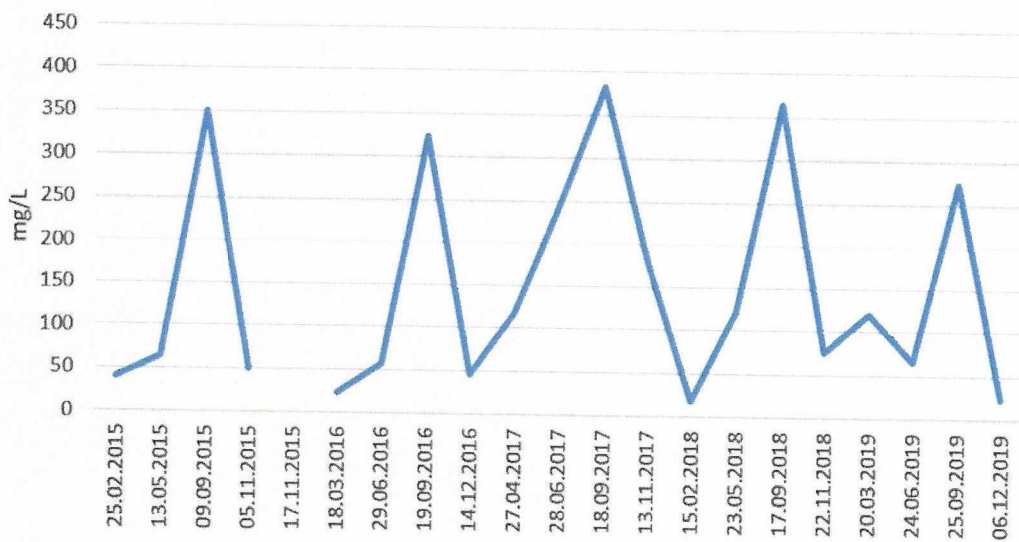


Slika 15. Vrijednosti električne vodljivosti za postaju Modro Oko (2015.-2019.)





Slika 16. Vrijednosti koncentracije klorida za postaju Modro Oko (2015.-2019.)



Slika 17. Vrijednosti koncentracije sulfata za postaju Modro Oko (2015.-2019.)

Za postaju monitoringa Prud analizirani su podaci za pH, električnu vodljivost, koncentraciju klorida i koncentraciju sulfata u vodi za razdoblje 2010.-2019. Tablica 8 prikazuje pregled rezultata statističke analize podataka.

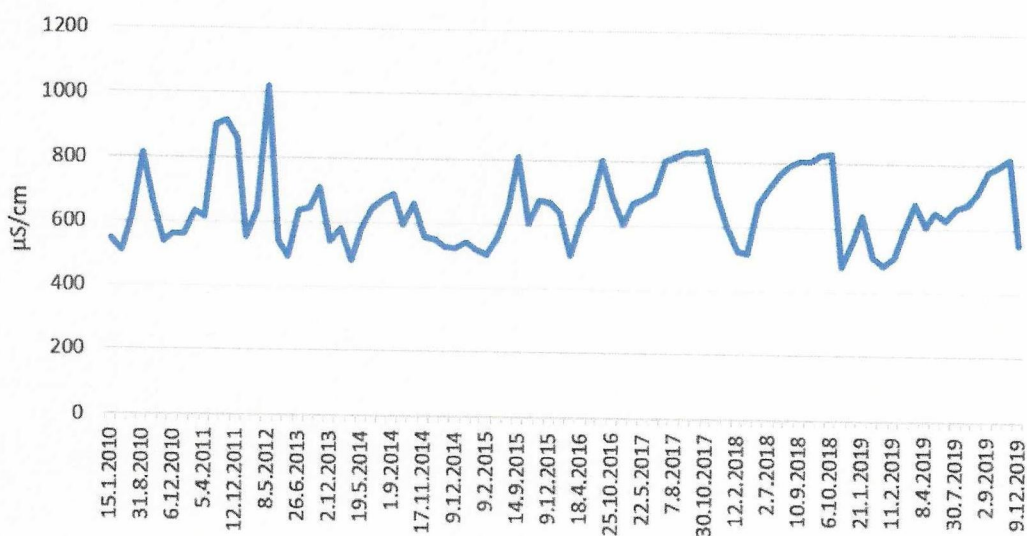
**Tablica 8.** Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Prud

	pH	EC	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
		μS/cm	mg/l	
<b>N</b>	88	88	88	87
<b>Aritmetička sredina</b>	7,3	655	22	124
<b>Minimum</b>	7	478	4,3	3,9
<b>Maksimum</b>	7,6	1023	41	285
<b>Standardno odstupanje</b>	0,10	119	5,7	77
<b>Koeficijent varijabilnosti (%)</b>	1,4	18	26	62

Iz analize dostupnih podataka vidljivo je da je u razdoblju 2010.-2019. provedeno 88 uzorkovanja. Vrijednost pH kretala se u rasponu između 7,0 i 7,6 s prosjekom od 7,3 (slika 18). Električna vodljivost vode kretala se između 478 μS/cm i 1023 μS/cm, a prosječna vrijednost iznosila je 655 μS/cm (slika 19). Koncentracija klorida u vodi kretala se od minimalnih 4,3 mg/l do maksimalnih 41,4 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 21,6 mg/l (slika 20). Koncentracija sulfata u vodi kretala se od minimalnih 3,9 mg/l do maksimalnih 285,0 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 124,0 mg/l (slika 21).

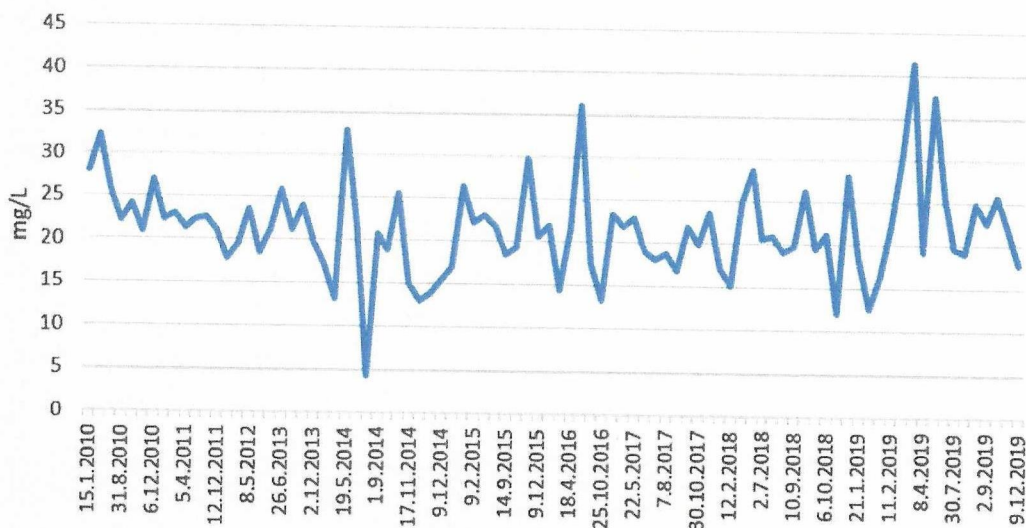


Slika 18. Vrijednosti pH za postaju Prud (2010.-2019.)

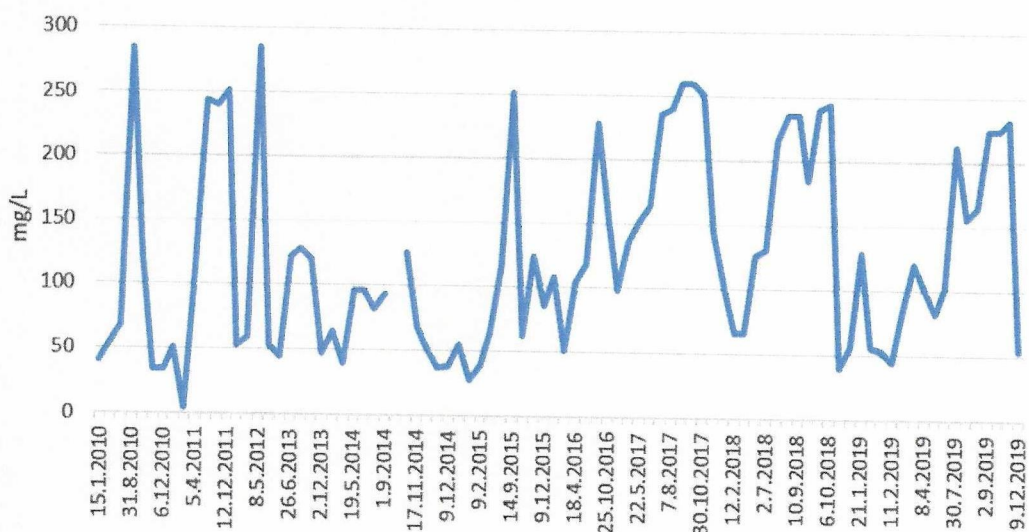


Slika 19. Vrijednosti električne vodljivosti za postaju Prud (2010.-2019.)





**Slika 20.** Vrijednosti koncentracije klorida za postaju Prud (2010.-2019.)



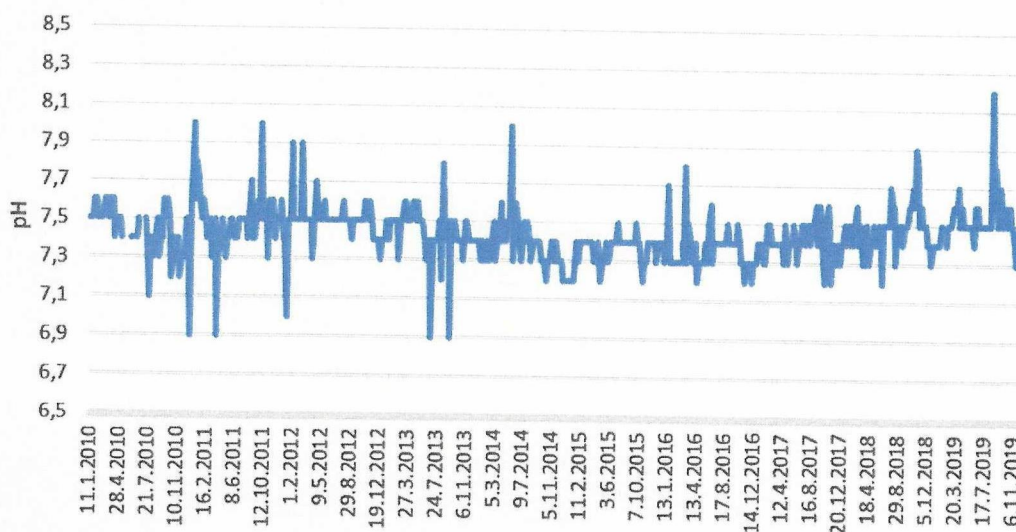
**Slika 21.** Vrijednosti koncentracije sulfata za postaju Prud (2010.-2019.)

Za postaju monitoringa Doljani koja predstavlja ulaznu postaju u Republiku Hrvatsku analizirani su podaci za pH, električnu vodljivost, koncentraciju klorida u vodi za razdoblje 2010.-2019. Tablica 9 prikazuje pregled rezultata statističke analize podataka.

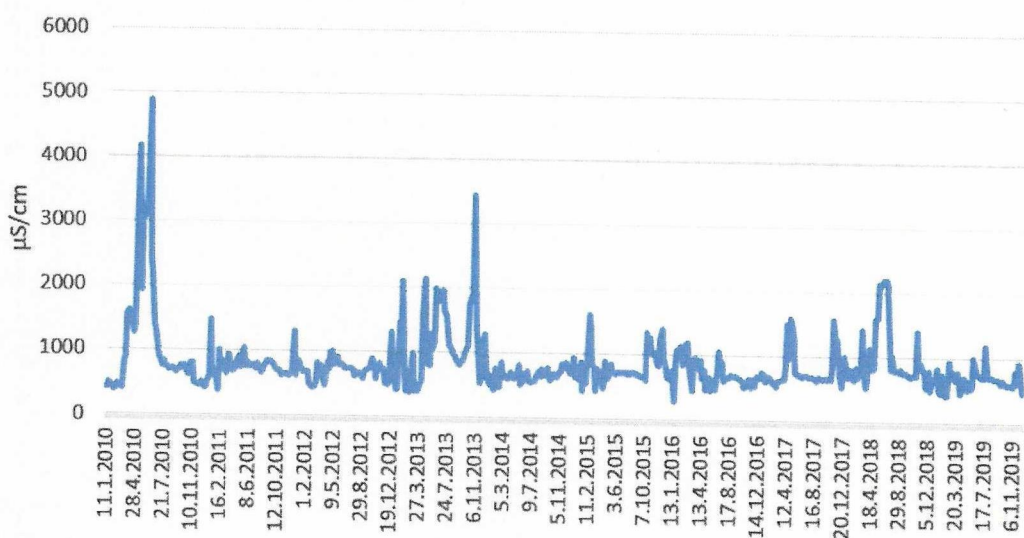
**Tablica 9.** Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Doljani

	EC	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	μS/cm	mg/l	
<b>N</b>	543	551	549
<b>Aritmetička sredina</b>	7,4	847	152
<b>Minimum</b>	6,9	297	3,9
<b>Maksimum</b>	8,2	4880	1358
<b>Standardno odstupanje</b>	0,13	477	155
<b>Koeficijent varijabilnosti (%)</b>	1,8	56	102

Iz analize dostupnih podataka vidljivo je da je u razdoblju 2010.-2019. provedeno 551 uzorkovanje. Vrijednost pH kretala se u rasponu između 6,9 i 8,2 s prosjekom od 7,4 (slika 22). Električna vodljivost vode kretala se između 291 μS/cm i 4880 μS/cm, a prosječna vrijednost iznosila je 847 μS/cm (slika 23). Koncentracija klorida u vodi kretala se od minimalnih 3,9 mg/l do maksimalnih 1358,0 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 152,1 mg/l (slika 24).

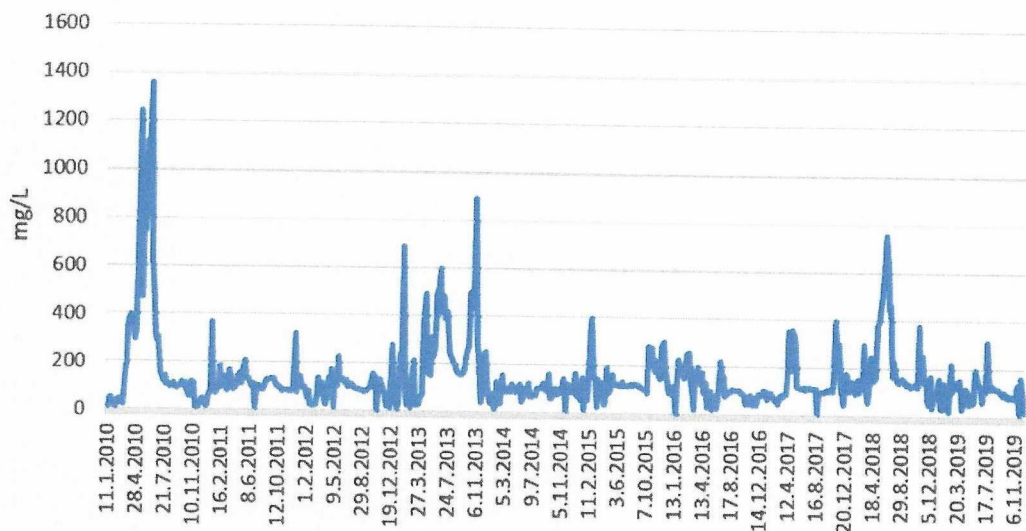


Slika 22. Vrijednosti pH za postaju Doljani (2010.-2019.)



Slika 23. Vrijednosti električne vodljivosti za postaju Doljani (2010.-2019.)





**Slika 24.** Vrijednosti koncentracije klorida za postaju Doljani (2010.-2019.)

Za postaju Žitomislíci analizirani su podaci za parametre kakvoće koji uključuju pH i električnu vodljivost u razdoblju 2009.-2019. Tablica 10 prikazuje pregled rezultata statističke analize podataka.

**Tablica 10.** Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Žitomislíci

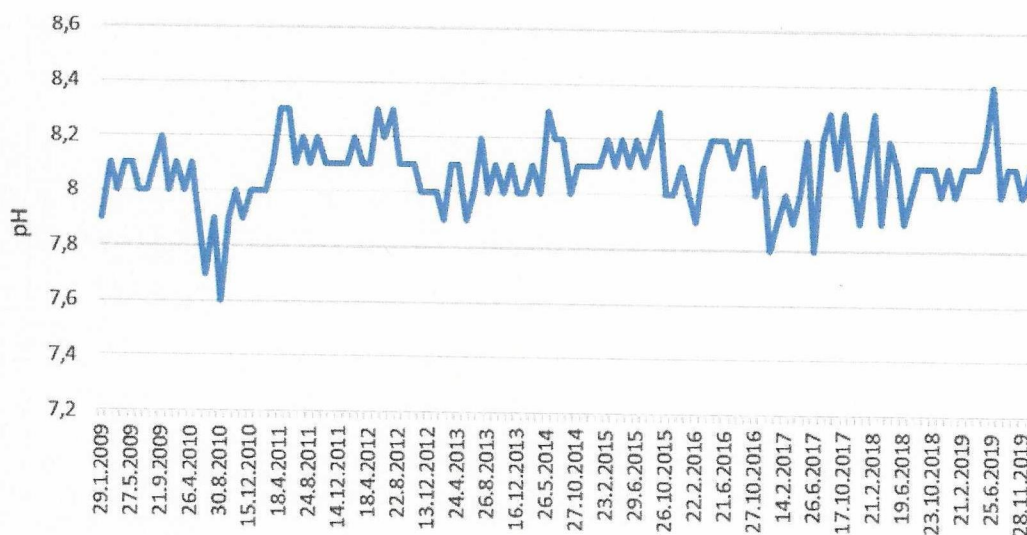
	pH	EC
		$\mu\text{S/cm}$
<b>N</b>	131	131
<b>Aritmetička sredina</b>	8,07	323
<b>Minimum</b>	7,6	263
<b>Maksimum</b>	8,4	410
<b>Standardno odstupanje</b>	0,13	22

Koeficijent varijabilnosti (%)

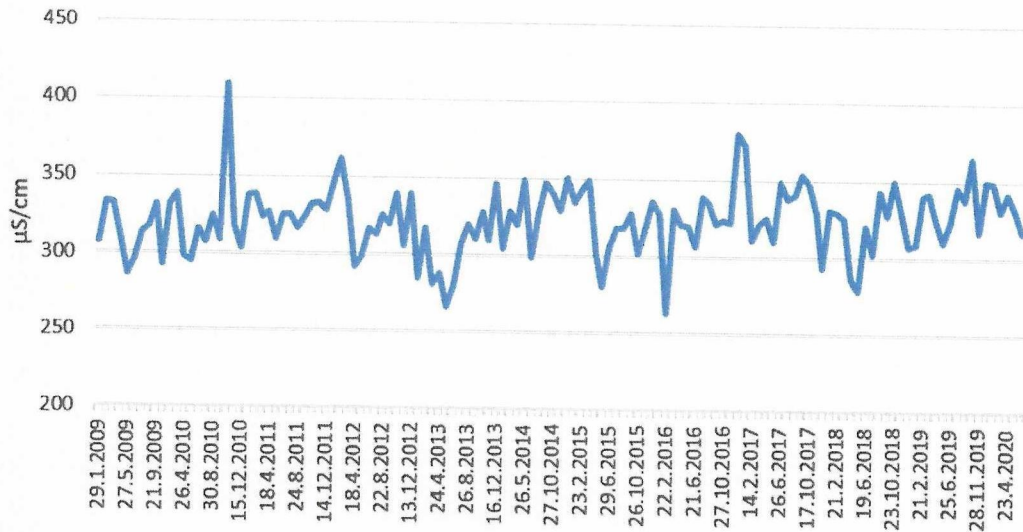
1,6

6,8

Iz analize dostupnih podataka vidljivo je da je ukupni broj uzorkovanja iznosi 131 u razdoblju 2009.-2020. Vrijednost pH kretala se u rasponu između 7,6 i 8,4 s prosjekom od 8,07 (slika 25). Električna vodljivost vode kretala se između 263  $\mu\text{S}/\text{cm}$  i 410  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a prosječna vrijednost iznosila je 323  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (slika 26).



Slika 25. Vrijednosti pH za postaju Žitomislići (2009.-2020.)



Slika 26. Vrijednosti električne vodljivost za postaju Žitomislići (2009.-2020.)

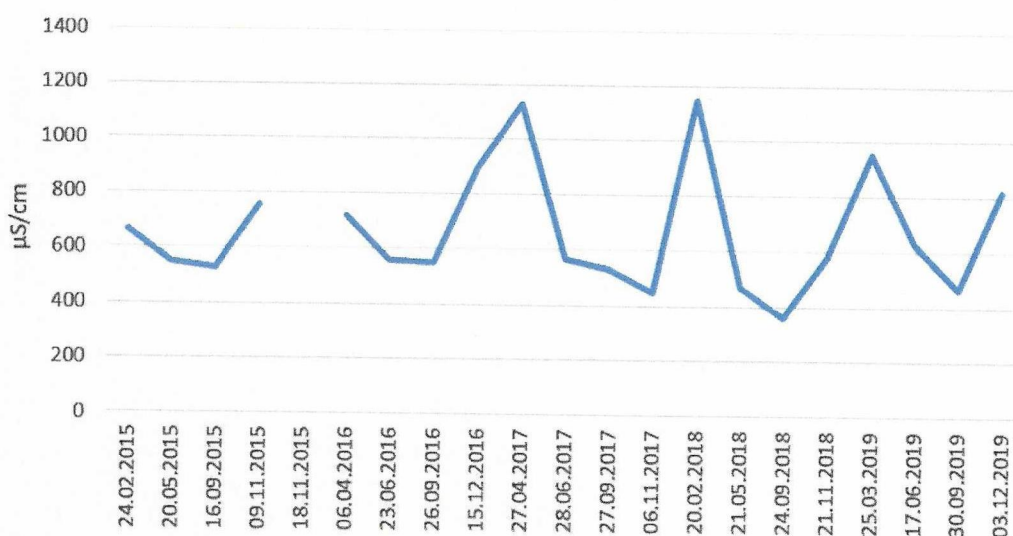
Za postaju monitoringa Nereze analizirani su podaci za električnu vodljivost, koncentraciju klorida i koncentraciju sulfata u vodi za razdoblje 2015.-2019. Tablica 11 prikazuje pregled rezultata statističke analize podataka.

Tablica 11. Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Nereze

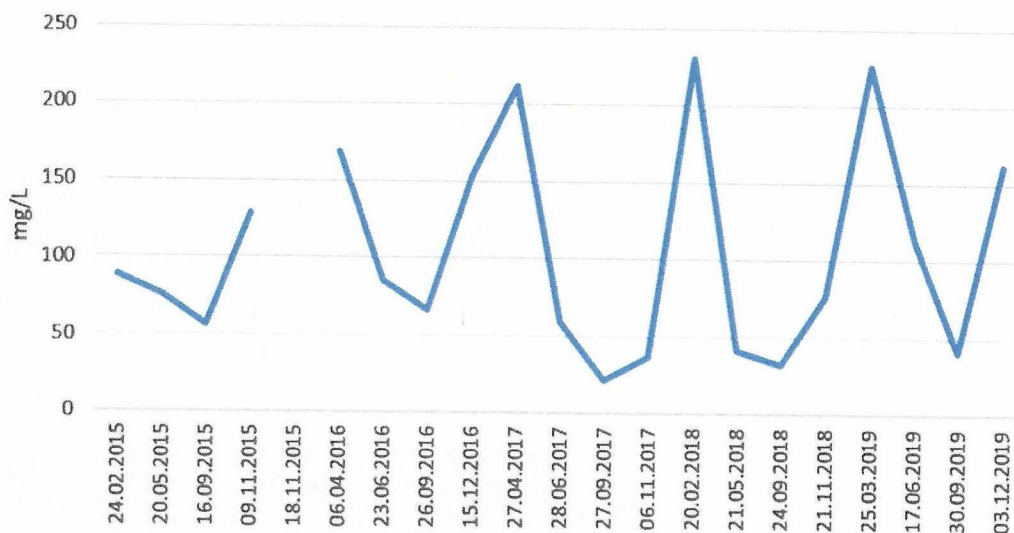
	EC	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	µS/cm	mg/l	
<b>N</b>	20	20	20
<b>Aritmetička sredina</b>	667	104	17
<b>Minimum</b>	362	22	5,5
<b>Maksimum</b>	1148	231	34,3
<b>Standardno odstupanje</b>	221	67	8,7
<b>Koeficijent varijabilnosti (%)</b>	33	64	50



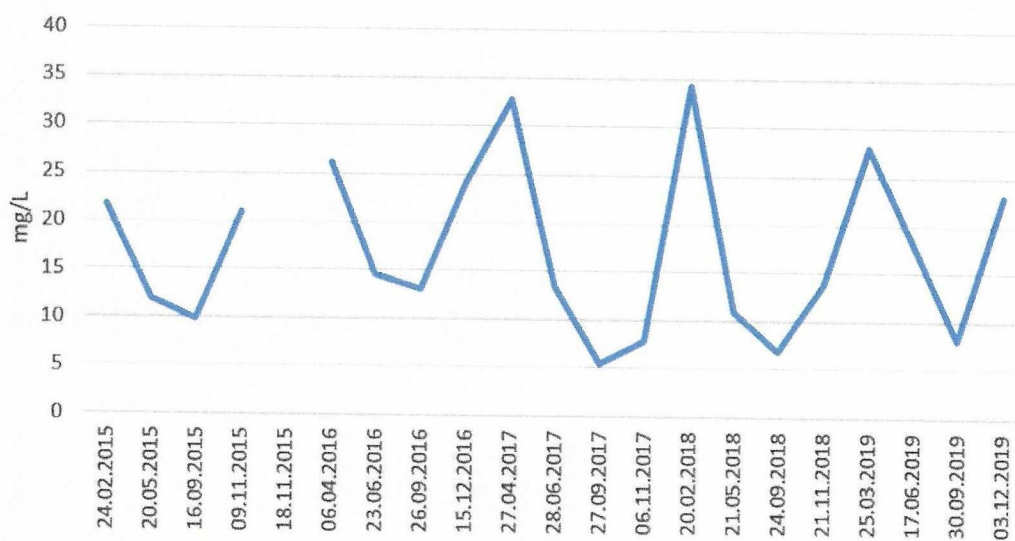
Iz analize dostupnih podataka vidljivo je da je u razdoblju 2015.-2019. provedeno samo 21 uzorkovanje. Vrijednost električne vodljivosti vode kretala se od 362  $\mu\text{S}/\text{cm}$  do maksimalnih 1148  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , s prosjekom od 667  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (slika 27). Koncentracija klorida u vodi kretala se od 21,8 mg/l do maksimalnih 231,0 mg/l, s prosjekom od 104,1 mg/l (slika 28). Koncentracija sulfata u vodi kretala se od minimalnih 5,5 mg/l do maksimalnih 34,3 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 17,3 mg/l (slika 29).



Slika 27. Vrijednosti električne vodljivosti za postaju Nereze (2015.-2019.)



Slika 28. Vrijednosti koncentracije klorida za postaju Nereze (2015.-2019.)



Slika 29. Vrijednosti koncentracije sulfata za postaju Nereze (2015.-2019.)

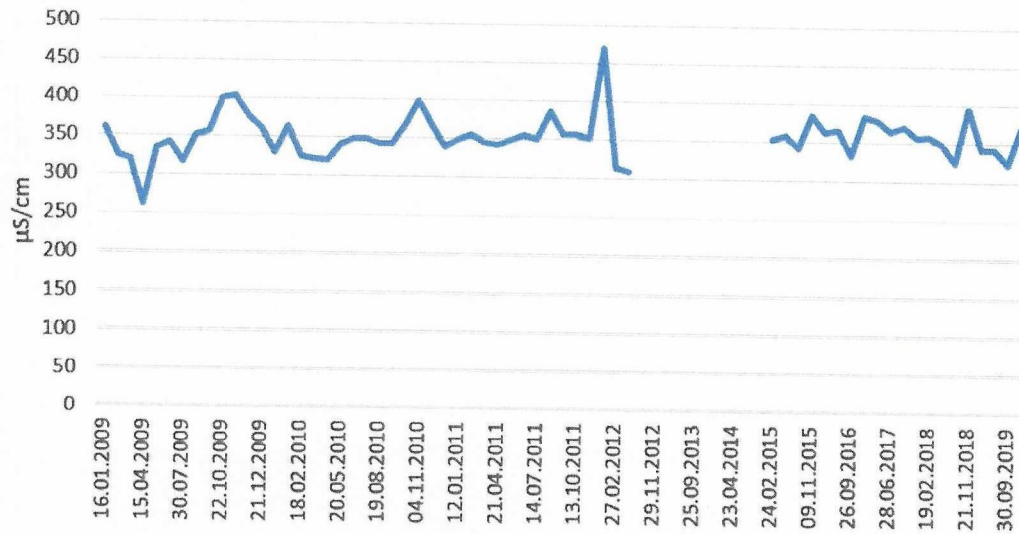
Za postaju monitoringa Ombla analizirani su podaci za električnu vodljivost, koncentraciju klorida i koncentraciju sulfata u vodi za razdoblje 2009.-2019. Tablica 12 prikazuje pregled rezultata statističke analize podataka.

**Tablica 12.** Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Ombla

	EC	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	μS/cm	mg/l	
<b>N</b>	63	63	63
<b>Aritmetička sredina</b>	352	5,3	4,3
<b>Minimum</b>	263	2,7	1,9
<b>Maksimum</b>	471	9,0	8,0
<b>Standardno odstupanje</b>	29	1,7	1,3
<b>Koeficijent varijabilnosti (%)</b>	8,3	32	31

Iz analize dostupnih podataka vidljivo je da je u razdoblju 2009.-2019. provedeno 71 uzorkovanje, ali su korišteni podaci od 63 mjerenja. Vrijednost električne vodljivosti vode kretala se u rasponu između 263 μS/cm i 471 μS/cm, a prosječna vrijednost iznosila je 352 μS/cm (slika 30). Koncentracija klorida u vodi kretala se od minimalnih 2,7 mg/l do maksimalnih 9,0 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 5,3 mg/l (slika 31). Koncentracija sulfata u vodi kretala se od minimalnih 1,9 mg/l do maksimalnih 8,0 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 4,3 mg/l (slika 32).

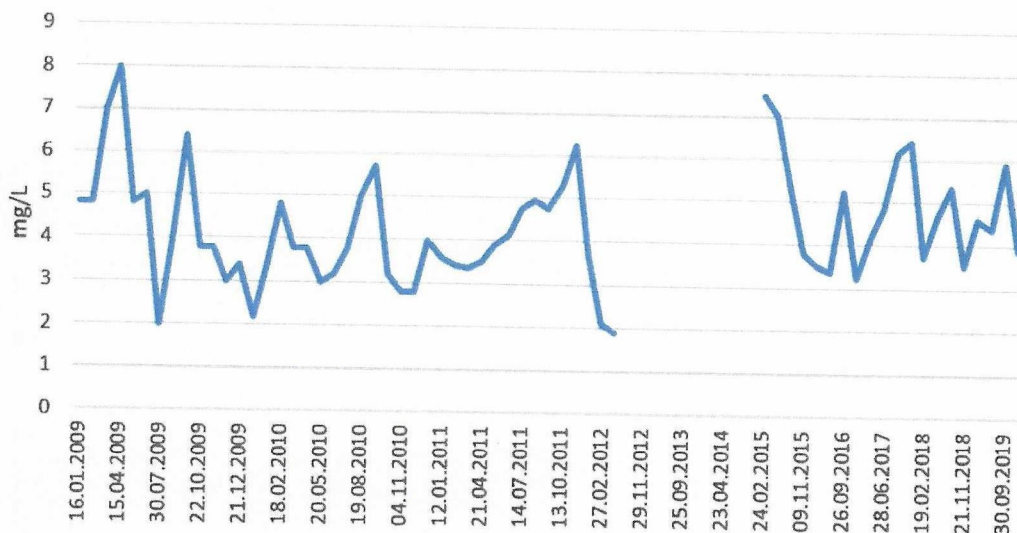




Slika 30. Vrijednosti električne vodljivosti za postaju Ombla (2009.-2019.)



Slika 31. Vrijednosti koncentracije klorida za postaju Ombla (2009.-2019.)



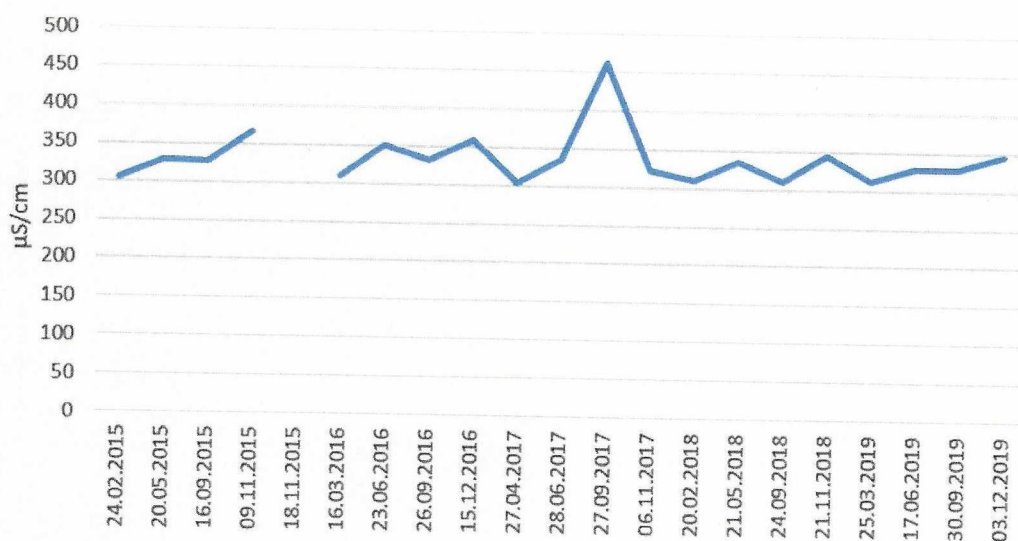
**Slika 32.** Vrijednosti koncentracije sulfata za postaju Ombla (2009.-2019.)

Za postaju monitoringa Duboka Ljuta analizirani su podaci za električnu vodljivost, koncentraciju klorida i koncentraciju sulfata u vodi za razdoblje 2015.-2019. Tablica 13 prikazuje pregled rezultata statističke analize podataka.

**Tablica 13** Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Duboka Ljuta

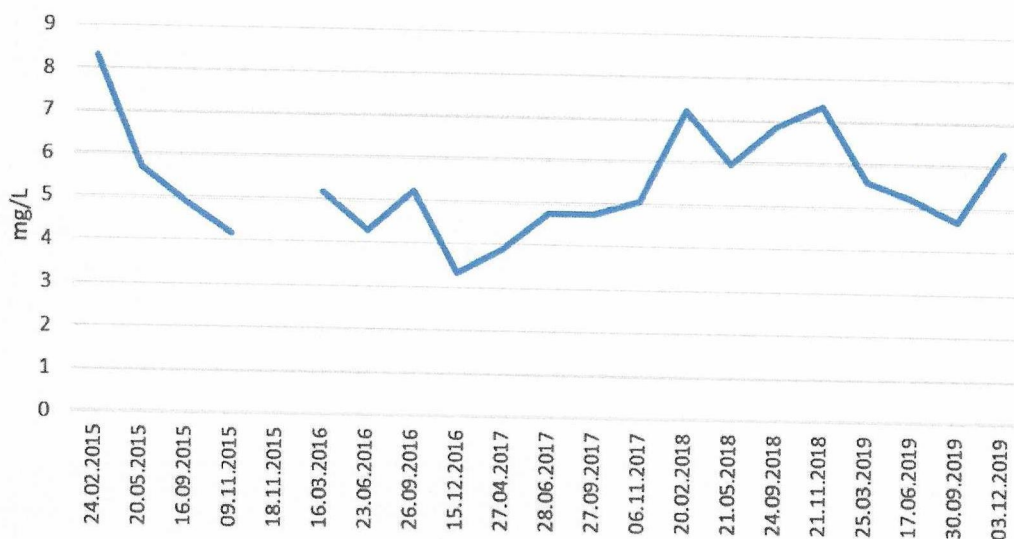
	EC	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	μS/cm	mg/l	
<b>N</b>	20	20	20
<b>Aritmetička sredina</b>	336	5,4	3,5
<b>Minimum</b>	304	3,3	2,3
<b>Maksimum</b>	462	8,3	5,2
<b>Standardno odstupanje</b>	35	1,3	0,64
<b>Koeficijent varijabilnosti (%)</b>	10	23	18

Iz analize dostupnih podataka vidljivo je da je u razdoblju 2015.-2019. provedeno samo 21 uzorkovanje. Vrijednost električne vodljivosti vode kretala se od 304  $\mu\text{S}/\text{cm}$  do maksimalnih 462  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , s prosjekom od 336  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (slika 33). Koncentracija klorida u vodi kretala se od 3,3 mg/l do maksimalnih 8,3 mg/l, s prosjekom od 5,4 mg/l (slika 34). Koncentracija sulfata u vodi kretala se od minimalnih 2,3 mg/l do maksimalnih 5,2 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 3,5 mg/l (slika 35).

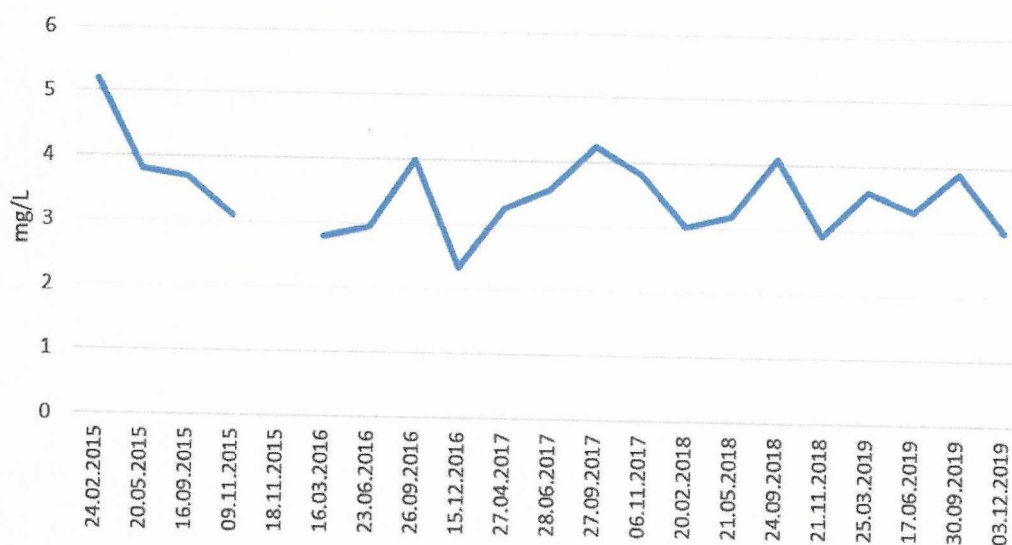


**Slika 33.** Vrijednosti električne vodljivosti za postaju Duboka Ljuta (2015.-2019.)





**Slika 34.** Vrijednosti koncentracije klorida za postaju Duboka Ljuta (2015.-2019.)



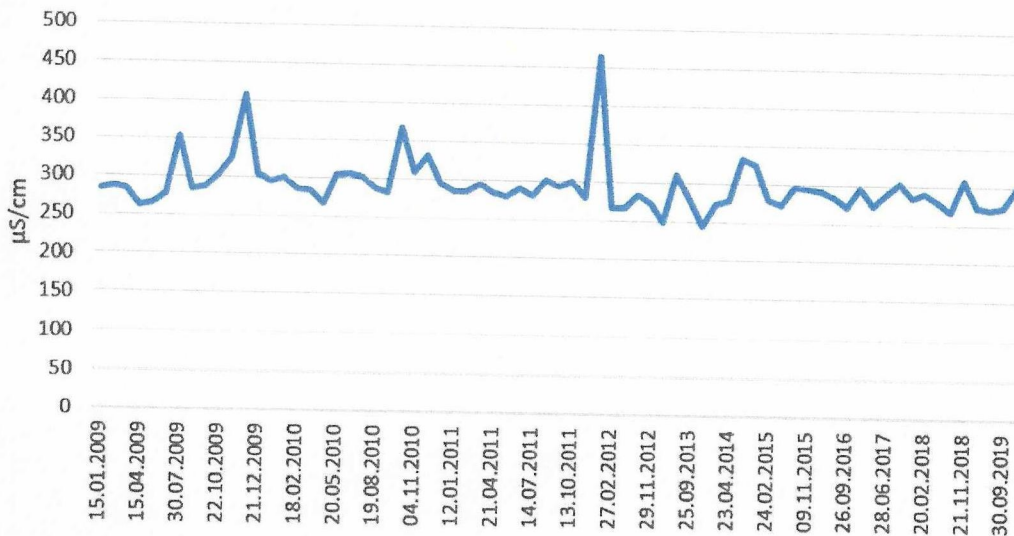
**Slika 35.** Vrijednosti koncentracije sulfata za postaju Duboka Ljuta (2015.-2019.)

Za najjužniju postaju monitoringa, Ljuta analizirani su podaci za električnu vodljivost, koncentraciju klorida i koncentraciju sulfata u vodi za razdoblje 2009.-2019. Tablica 14 prikazuje pregled rezultata statističke analize podataka.

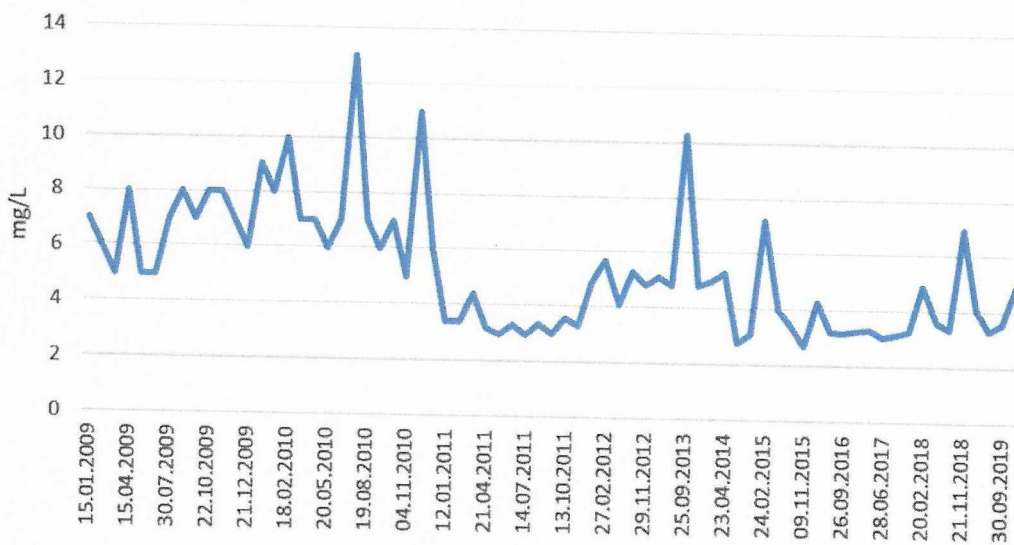
**Tablica 14.** Rezultati statističke analize podataka za postaju monitoringa Ljuta

	EC	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	μS/cm	mg/l	
<b>N</b>	71	71	71
<b>Aritmetička sredina</b>	294	5,3	3,0
<b>Minimum</b>	246	2,7	0,6
<b>Maksimum</b>	464	13	28
<b>Standardno odstupanje</b>	32	2,2	3,1
<b>Koeficijent varijabilnosti (%)</b>	11	41	106

Iz analize dostupnih podataka vidljivo je da je u razdoblju 2009.-2019. provedeno 71 uzorkovanje. Vrijednost električne vodljivosti vode kretala se u rasponu između 246 μS/cm i 464 μS/cm, a prosječna vrijednost iznosila je 294 μS/cm (slika 36). Koncentracija klorida u vodi kretala se od minimalnih 2,7 mg/l do maksimalnih 13,0 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 5,3 mg/l (slika 37). Koncentracija sulfata u vodi kretala se od minimalnih 0,6 mg/l do maksimalnih 28,0 mg/l, s prosječnom vrijednošću od 3,0 mg/l (slika 38).

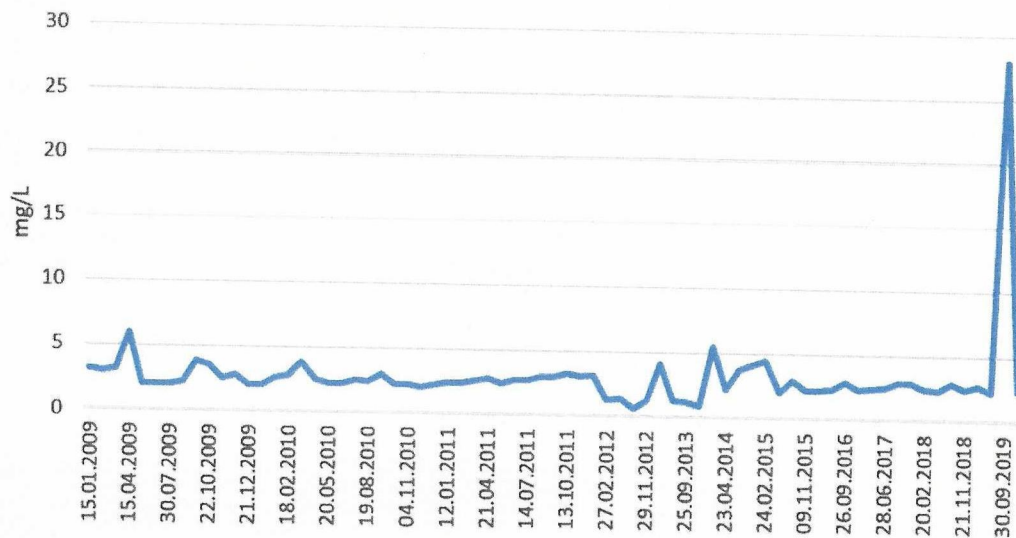


**Slika 36.** Vrijednosti električne vodljivosti za postaju Ljuta (2009.-2019.)



**Slika 37.** Vrijednosti koncentracije klorida za postaju Ljuta (2009.-2019.)





Slika 38. Vrijednosti koncentracije sulfata za postaju Ljuta (2009.-2019.)

## 4. ZAKLJUČCI

U ovom izvješću je analizirano 12 postaja na kojima se provodi monitoring kakvoće vode na PILOT PODRUČJU. Najviša prosječna vrijednost električne vodljivosti i njezin maksimum utvrđena je na postaji monitoringa Doljani. Na toj lokaciji zabilježene su i najviše koncentracije klorida. Od analiziranih izvorišta jedino na postaji monitoringa Doljani utvrđene su vrijednosti sadržaja klorida i električne vodljivosti više od MDK u vodi za piće koja prema trenutnom pravilniku (NN 47/2008) iznosi 250 mg/L Cl, odnosno 2500  $\mu$ S/cm pri 20oC električne vodljivosti. Međutim, prostornu usporedbu parametara kakvoće vode po postajama monitoringa nije bilo moguće adekvatno provesti budući da:

- učestalost (program) monitoringa na svim lokacijama nije jednak, na nekim lokacijama se provodi svega nekoliko puta godišnje, a također su i zabilježeni prekidi u monitoringu
- na lokacijama monitoring ne prate se isti pokazatelji kakvoće vode.

Osim toga, za dostupne vremenske nizove nije utvrđen ni jedan statistički opravdan trend.

## 5. REFERENCE

- Biondić, R., Rubinić, J., Biondić, B., Meaški, H., Radišić, M. (2016): Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području krša u Hrvatskoj, Sveučilište u Zagrebu Geotehnički fakultet, Sveučilište u Rijeci Građevinski fakultet, 14-011/15.
- Ljubenkov, I., Vranješ, M. (2012): Numerički model uslojenog tečenja – primjer zaslanjivanja korita rijeke Neretve (2004), Građevinar 64 (2012) 2, str. 101-112.
- Romić, Davor; Castrignanò, Annamaria; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika (2020). Modelling spatial and temporal variability of water quality from different monitoring stations using mixed effects model theory // Science of The Total Environment, 704, 1-10  
doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135875
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan ; Romić, Marija ; Ondrašek, Gabrijel ; Zovko, Monika (2010). Stupanj zaslanjenosti i održivo korištenje tala Donje Neretve (Level of salinity and sustainable use of soil in the Lower Neretva region). World Bank - Neretva and Trebišnjica Management Project Grant No. TF 091967. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan; Mesić, Milan; Salajpal, Krešimir; Barić, Klara; Poljak, Milan; Romić, Marija; Konjačić, Miljenko; Vnučec, Ivan; Bakić, Helena et al. (2014). Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Maurović, Nada; Vranješ, Mijo; Srzić, Veljko (2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015) Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline



Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode

- Romić, Davor; Romić, Marija; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Husnjak, Stjepan, Stričević, Ivo; Maurović, Nada; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Vranješ, Mijo (2014). Petogodišnje izvješće (2009-2013) monitoringa zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Zovko, Monika; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Bakić Begić, Helena; Romić, Marija (2019). Proces, dinamika i trend zaslanjivanja voda i tla u poljoprivrednom području doline Neretve // Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode Zbornik radova / Biondić, Danko ; Holjević, Danko ; Vizner, Marija (ur.). Zagreb: Hrvatske vode, str. 783-791
- Zovko, Monika; Romić, Davor; Colombo, Claudio; Di Iorio, Erica; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Castrignanò, Annamaria (2018). A geostatistical Vis-NIR spectroscopy index to assess the incipient soil salinization in the Neretva River valley, Croatia // Geoderma, 332, 60-72 doi:10.1016/j.geoderma.2018.07.005
- Zovko, Monika; Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel (2013). Soil and Water Management for Sustained Agriculture in Alluvial Plains and Flood Plains Exposed to Salinity: A Case of Neretva River Valley // Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress / Ahmad, Parvaiz ; Azoos, M.M. ; Prasad, M.N.V. (ur.). New York: Springer, str. 473-494

# D.4.2.1 Studije slučaja: gospodarenje obalnim vodonosnicima, upravljanje i korištenje



1506  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO



COMUNE  
DI FANO



INSTITUT ZA JADRANSKE KULTURE  
I MELIORACIJU KRŠA SPLIT



METRIS  
USTANOVA  
CENTAR ZA ISTRAŽIVANJE MATERIJALA  
ISTARSKE ŽUPANIJE



HRVATSKE VODE



## Kontrolni List Dokumenta

<b>Broj projekta:</b>	10048765
<b>Akronim projekta</b>	ASTERIS
<b>Naziv projekta</b>	Adaptation to Saltwater intrusion in sea level rise Scenarios
<b>Početak projekta</b>	Siječanj 2019
<b>Trajanje</b>	24 mjeseca

<b>Povezana aktivnost:</b>	Studije slučaja: gospodarenje obalnim vodonosnicima, upravljanje i korištenje
<b>Naziv isporuke:</b>	Analiza postojećeg sustava upravljanja i administracije obalnim vodonosnicima na PILOT PODRUČJU
<b>Tip isporuke</b>	Izvješće
<b>Jezik</b>	Hrvatski
<b>Naslov radnog paketa</b>	Identifikacija potreba i prepreka u upravljanju obalnim vodonosnicima
<b>Broj radnog paketa</b>	4
<b>Voditelj radnog paketa</b>	

<b>Status</b>	
<b>Autor (i)</b>	
<b>Verzija</b>	
<b>Rok isporuke</b>	
<b>Datum dostave</b>	



**NARUČITELJ:**

**HRVATSKE VODE**

PRAVNA OSOBA ZA UPRAVLJANJE VODAMA

10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

**IZVRŠITELJ:**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**AGRONOMSKI FAKULTET**

Zavod za melioracije

prof.dr.sc. Davor Romić

doc.dr.sc. Monika Zovko

prof.dr.sc. Marija Romić

prof.dr.sc. Gabrijel Ondrašek

dr.sc. Marina Bubalo Kovačić

dr.sc. Helena Bakić Begić

Marko Reljić, mag.ing.agr.

Dekan



Prof. dr. sc. Zoran Grgić

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	NACIONALNE POLITIKE I STRATEGIJE U UPRAVLJANJU VODAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	3
3.	INSTITUCIJE UKLJUČENE U UPRAVLJANJE PODZEMNIM VODAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	6
3.1.	DOLINA RIJEKE NERETVE .....	9
4.	MONITORING OBALNIH VODONOSNIKA I UPRAVLJANJE PODACIMA .....	13
4.1.	DOLINA RIJEKE NERETVE .....	18
5.	EKSPLOATACIJA PRIOBALNIH VODONOSNIKA .....	22
6.	REFERENCE .....	25

# 1. UVOD

Projekt ASTERIS (eng. *Adaptation to Saltwater intrusion in sea level rise scenarios*) odobren je u sklopu Programa prekogranične suradnje INTERREG V-A Italija-Hrvatska 2014.-2020, prioriteta 2, mjere 2.1. Cilj projekta je, temeljem zajedničke procjene prostorne i vremenske varijabilnosti prodora morske vode, identificirati i kartirati potrebe i prepreke u upravljanju rizicima zaslantjenja vode te pružiti praktične alate za održivo upravljanje obalnim vodonosnicima na lokalnoj razini. Da bi se postigao taj cilj odabrana su tri reprezentativna područja za realizaciju pojedinačnih studija slučaja: regija Emilia-Romagna (općina Ravenna, Italija), regija Marche (općina Fano, Italija) i Dubrovačko-neretvanska županija (područje delte Neretve, u daljnjem tekstu **PILOT PODRUČJE**). Projekt se sastoji od pet radnih paketa, a u ovom elaboratu daje se pregled istraživanja provedenih u sklopu radnog paketa 4. „Utvrdjivanje potreba i prepreka u upravljanju obalnim vodonosnicima“ (dalje u tekstu RP 4). Cilj RP 4 je da se putem triju aktivnosti identificiraju i kartiraju potrebe i prepreke u upravljanju obalnim podzemnim vodama u procijenjenim scenarijima rizika. Ovo izvješće je isporuka (D 4.3.2) koja se odnosi se provedbu aktivnosti 4.3 „Studije slučaja: sinteza i definiranje scenarija budućeg rizika“. Isporuka (D 4.3.2) je „Sinteza rezultata za aktivnosti 4.1. i 4.2 na PILOT PODRUČJU – Delta Neretva“ - izvješće u formi elaborata/analize.

Aktivnost 4.1 Studije slučaja: fizikalna istraživanja, uključuje slijedeće:

- prostorna, vremenska i metodološka karakterizacija nacionalnog monitoringa voda na PILOT PODRUČJU za razdoblje od 1.1. 2009. do 31.12. 2018. godine.
- prostorna, vremenska i statistička analiza kakvoće voda s naglaskom na pokazatelje koji upućuju na intruziju mora iz nacionalnog monitoringa koji se provodi na PILOT PODRUČJU za razdoblje od 1.1. 2009. do 31.12. 2018. godine.

Aktivnost 4.2 Studije slučaja: gospodarenje obalnim vodonosnicima, upravljanje i korištenje,

D.4.2.1 Studije slučaja: gospodarenje obalnim vodonosnicima, upravljanje i korištenje



uključuje slijedeće:

- analiza postojećeg sustava upravljanja i administracije obalnim vodonosnicima na PILOT PODRUČJU s fokusom na analizu administrativnog i regulatornog postupka upravljanja, utvrđivanjem mogućih prepreka uz identifikaciju najboljih praksi, ako postoje i/ili mogućeg rješenja identificiranih problema u upravljanju.

Područje Donje Neretve intenzivno se koristi za poljoprivredu, a ujedno je i ekološki vrlo osjetljivo. Velika prijetnja narušavanju ravnoteže agro-ekosustava je zasljanjivanje vode i tla. Kroz aktivnost radnog paketa 4. provedeni su slijedeći zadaci: i) prikupljanje i obrada podataka nacionalnog monitoringa; ii) rad na dostupnim povijesnim podacima o stupnju zasljanjenosti površinskih i podzemnih voda u području doline Neretve; iii) izrada karte načina korištenja tla, pedološke karta, karte zasljanjenosti tla; iiiii) uspostava kratkoročnog monitoringa - 10 lokacija, 2 sezone: sušno i vlažno razdoblje godine, provedba laboratorijskih ispitivanja – ionski sastav i izotopi  $\delta^{18}O$  i  $\delta D$  te iiiiii) analiza upravljanja površinskim i podzemnim vodama na nacionalnoj razini.

## 2. NACIONALNE POLITIKE I STRATEGIJE U UPRAVLJANJU VODAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Direktiva 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (Okvirna direktiva o vodama) te Zakon o vodama (NN 66/19) definiraju podzemne vode kao sve vode ispod površine tla u zoni zasićenja i u izravnom dodiru s površinom tla ili podzemnim slojem.

Podzemne vode u Hrvatskoj grupirane su u tzv. cjeline podzemnih voda. Inicijalna karakterizacija provedena je u razdoblju od 2005. do 2006. godine za područje Jadranskog sliva (Brkić i sur., 2006) i Crnomorskog sliva (Brkić i sur., 2005). Osnova za izdvajanje cjelina podzemnih voda je bila analiza geološke građe terena, poroznosti, geokemijskog sastava, hidrogeoloških karakteristika, geomorfoloških pojava, smjerova i brzine toka podzemnih voda, izdašnosti izvora i zdenaca, napajanja podzemnih voda, odnosa s površinskim tokovima, položaj cjelina podzemnih voda unutar riječnih slivova te zahtjev Okvirne direktive o vodama (2000/60/EZ) da se označe sva tijela podzemnih voda koja se koriste ili bi se mogle koristiti za javnu vodoopskrbu, a koja osiguravaju vodu prosječno više od 10 m<sup>3</sup>/dan.

Na jadranskom vodnom području je izdvojeno ukupno 98 osnovnih tijela podzemnih voda od čega njih 86 pripada kopnenom dijelu vodnog područja, a ostalih 12 pripadaju većim otocima (Krk, Cres, Rab, Pag, Dugi otok, Čiovo, Šolta, Brač, Hvar, Vis, Korčula, Lastovo) (Brkić i sur., 2006). Optimalno upravljanje onemogućeno je zbog velikog broja osnovnih tijela podzemnih voda, od kojih mnoga zauzimaju malu površinu. Stoga je za potrebe praćenja, ocjenjivanja i upravljanja podzemnim vodama obavljeno grupiranje tijela podzemnih voda. Prema Planu upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021. na jadranskom vodnom području je izdvojeno 13



grupiranih tijela podzemnih voda (TPV) ukupne površine 26 685 km<sup>2</sup>. Većina TPV se prostire u susjedne države Sloveniju i Bosnu i Hercegovinu pa prekogranični dio TPV iznosi 15 757 km<sup>2</sup>, a nacionalni dio 10 928 km<sup>2</sup>. Prema jugu se udio prekograničnog dijela TPV povećava. Na dubrovačkom području se samo izvorišne zone TPV Neretva nalaze u Hrvatskoj, dok je najveći dio TPV Neretva u Bosni i Hercegovini.

Prema Zakonu o vodama (NN 66/19) korištenjem voda smatra se zahvaćanje, crpljenje i uporaba površinskih i podzemnih voda za različite namjene, pri čemu je opskrba stanovništva vodom za piće javni interes i ima prvenstvo u odnosu na korištenje voda za ostale namjene. Radi osiguranja prvenstva u korištenju voda za vodoopskrbu Hrvatske vode će posebno identificirati na svakom vodnom području sljedeće:

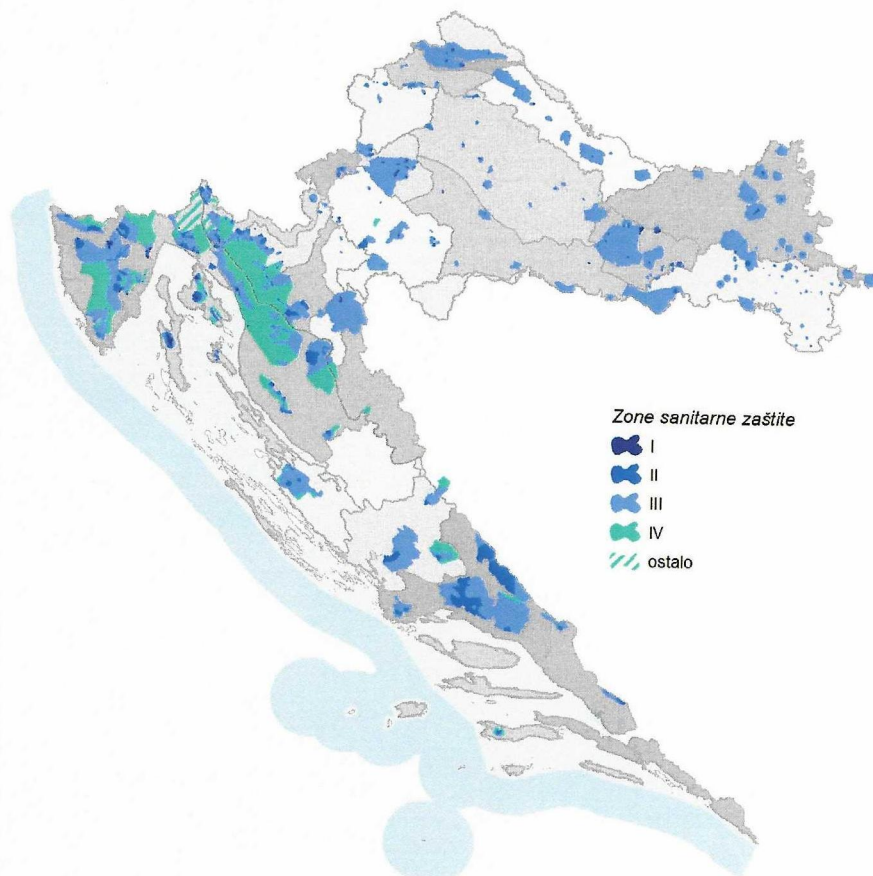
1. sve vode za ljudsku potrošnju koje osiguravaju u prosjeku više od 10 m<sup>3</sup> vode na dan ili kojima se opskrbljuje više od 50 ljudi i
2. sva vodna tijela rezervirana za te namjene u budućnosti.

Područje na kojem se nalazi izvorište ili drugo ležište vode koje se koristi ili je rezervirano za javnu vodoopskrbu mora biti zaštićeno od namjernog ili slučajnog onečišćenja i od drugih utjecaja koji mogu nepovoljno djelovati na zdravstvenu ispravnost voda ili na njezinu izdašnost. U tu svrhu se uspostavljaju zone sanitarne zaštite izvorišta (slika 1). U Republici Hrvatskoj definirano je 16 zaštićenih područja površinskih voda i 320 zaštićenih područja podzemnih voda koja se koriste za potrebe javne vodoopskrbe ili su rezervirana za tu namjenu u budućnosti. Za zaštićena područja nisu propisani dodatni standardi kakvoće vode, jer se za ocjenjivanje koriste isti kriteriji koji vrijede za površinske i podzemne vode općenito. Više koncentracije pojedinih tvari u podzemnoj vodi dopuštene su samo ako su prirodnoga porijekla i ako se ne mogu otkloniti nikakvim preliminarnim mjerama zaštite voda, već samo adekvatnim pročišćavanjem vode prije njene distribucije korisnicima.

Stanje TPV ocjenjuje se sa stajališta količine i kakvoće podzemne vode, a može biti dobro ili loše. Dobro stanje temelji se na zadovoljavanju uvjeta iz Okvirne direktive o vodama i Direktive o zaštiti podzemnih voda. Za ocjenu zadovoljenja tih uvjeta provode se klasifikacijski testovi.



Najlošiji rezultat od svih navedenih testova usvaja se za ukupnu ocjenu stanja tijela podzemne vode.

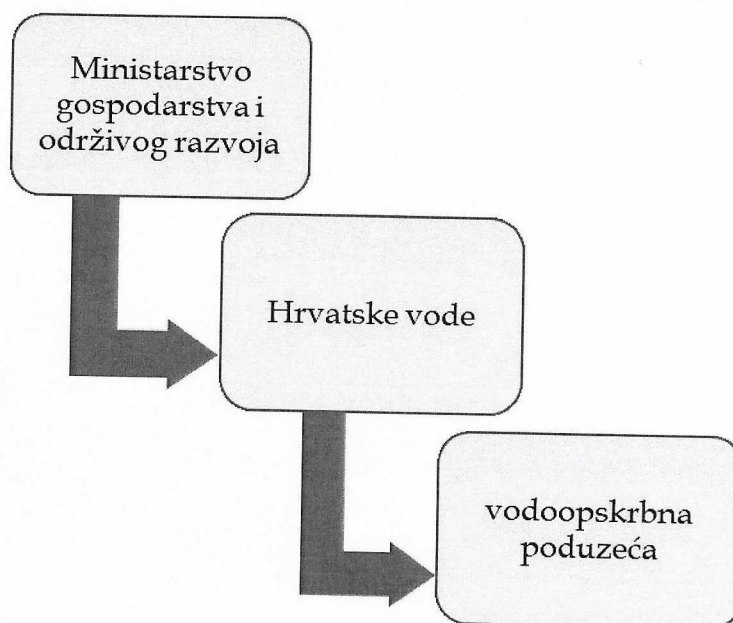


**Slika 1.** Zone sanitarne zaštite izvorišta vode namijenjene ljudskoj potrošnji  
*Izvor: Vlada RH (2016) Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.*

Sukladno Zakonu o vodnim uslugama (NN 66/19) vodne usluge su djelatnosti od općeg interesa i obavljaju se kao javna služba na uslužnim područjima koja se uspostavljaju na jednom ili više postojećih vodoopskrbnih područja te više aglomeracija. Vodne usluge su usluge javne vodoopskrbe i javne odvodnje, a pružaju se na uslužnom području putem jednog javnog isporučitelja vodnih usluga čiji je jedini osnivač jedinica lokalne samouprave.

### 3. INSTITUCIJE UKLJUČENE U UPRAVLJANJE PODZEMNIM VODAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Upravljanje površinskim i podzemnim vodama na nacionalnoj razini vrši se na sljedećim razinama (slika 2).



**Slika 2.** Shematski prikaz institucija uključenih u upravljanje površinskim i podzemnim vodama

Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja predlaže zakone i uredbe, odnosno donosi podzakonske akte na području upravljanja vodama, obavlja upravni i inspekcijski nadzor i ostvaruje međunarodnu suradnju. Ministarstvo je nadležno za transpoziciju pravne stečevine Europske unije u hrvatsko vodno zakonodavstvo, te za sva pitanja uspostave sustava praćenja i



kontrole primjene vodnog zakonodavstva u praksi.

Djelokrug Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja, između ostalog, uključuje i poslove koji se odnose na:

- i) zaštitu i očuvanje okoliša i prirode u skladu s politikom održivog razvoja Republike Hrvatske;
- ii) gospodarenje otpadom i procjene utjecaja na okoliš;
- iii) ublažavanje i prilagodbu klimatskim promjenama;
- iv) upravne i druge poslove u području energetike.

Hrvatske vode su pravna osoba koja provodi aktivnosti vezane uz upravljanje vodama. Tijelo upravljanja Hrvatskih voda je Upravno vijeće od sedam članova od kojih šest članova imenuje i razrješuje Vlada Republike Hrvatske. Voditelj poslovanja Hrvatskih voda je generalni direktor kojega također imenuje i razrješuje Vlada Republike Hrvatske. Hrvatske vode su organizirane sa središnjim uredom u Zagrebu i 6 teritorijalnih jedinica (vodnogospodarski odjeli) s ukupno 33 ispostave.

Djelatnost Hrvatskih voda je upravljanje vodama u granicama sljedećih zadataka:

**a) Priprema planskih dokumenata**

Priprema nacrtu prijedloga: Strategije upravljanja vodama, Plana upravljanja vodnim područjima i višegodišnjih programa gradnje, zatim donošenje detaljnih planova i programa koji prate plan upravljanja vodnim područjima, te priprema prijedloga financijskog plana i donošenje Plan upravljanja vodama;

**b) Studije i analitički zadaci**

Priprema stručnih podloga za izradu propisa u području vodnoga gospodarstva, izrada projektnih zadataka, konceptijskih rješenja, studija i investicijskih programa i revizija projektne dokumentacije, osim kontrole glavnih projekata u smislu propisa o prostornom uređenju i gradnji;

**c) Uređenje voda i zaštita od štetnih učinaka vode**

Praćenje i utvrđivanje hidroloških prilika, procjena rizika od poplava, praćenje stanja vodotoka i



vodnih građevina, investicijski poslovi i upravljanje projektima gradnje i održavanja vodnih građevina, nadzor nad izgradnjom i održavanjem vodnih građevina, upravljanje rizicima od poplave, te rukovođenje, nadzor i provođenje preventivne, redovite i izvanredne obrane od poplava;

**d) Melioracijska odvodnja**

Investicijski poslovi i upravljanje projektima gradnje i održavanje građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju, nadzor nad izgradnjom i održavanjem građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju;

**e) Korištenje voda**

Utvrdjivanje zaliha vode, briga za strateške rezerve vode, istraživački radovi, davanje mišljenja o provedbenim propisima donesenim na temelju Zakona o vodama od strane jedinica lokalne i/ili regionalne samouprave; poduzimanje drugih mjera za namjeravano i racionalno korištenje vode; sufinanciranje izgradnje javnih vodoopskrbnih objekata i nadzor namjenskog korištenja sredstava tijekom gradnje;

**f) Zaštita voda**

Upravljanje kvalitetom voda, primjena i nadzor nad primjenom drugih obveznika primjene mjera iz Državnoga plana mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja, davanje mišljenja i iznimno odobrenja o provedbenim propisima koje su na temelju Zakona o vodama donijele jedinice lokalne i/ili područne (regionalne) samouprave, sufinanciranje izgradnje građevina za javnu odvodnju otpadnih voda i nadzor namjenskog korištenja sredstava tijekom gradnje;

**g) Navodnjavanje**

Upravljanje projektima izgradnje objekata za navodnjavanje u vlasništvu jedinica regionalne samouprave u skladu s nacionalnim programima i projektima, sufinanciranje izgradnje objekata za navodnjavanje u vlasništvu jedinica regionalne samouprave;

**h) Upravljanje javnim vodnim dobrom**

**i) Stručni poslovi**

Vođenje vodne dokumentacije i informacijskog sustava voda, izdavanje vodopravnih akata, poslovi u vezi davanja koncesija za gospodarsko korištenje voda, nadzor nad provođenjem uvjeta iz vodopravnih akata i koncesijskih uvjeta, obračun i naplata naknada za koncesije za gospodarsko korištenje voda i ostalih naknada u skladu sa zakonom kojim se uređuje financiranje vodnoga gospodarstva. Vodoopskrbna poduzeća zadužena su za zahvaćanje i distribuciju vode za piće te prikupljanje, pročišćavanje i ispuštanje otpadnih voda na svom uslužnom području

## 3.1. DOLINA RIJEKE NERETVE

Istraživano područje doline rijeke Neretve nalazi se u najjužnijoj hrvatskoj županiji, Dubrovačko-neretvanskoj koja je teritorijalno organizirana u 22 jedinice lokalne uprave i samouprave što uključuje 5 gradova (Dubrovnik, Korčula, Ploče, Metković i Opuzen) te 17 općina (Blato, Dubrovačko primorje, Janjina, Konavle, Kula Norinska, Lastovo, Lumbarda, Mljet, Orebić, Pojezerje, Slivno, Smokvica, Ston Trpanj, Vela Luka, Zažablje i Župa dubrovačka). Prostor Županije može se podijeliti na tri osnovne funkcionalne i geografske cjeline: Dubrovačko priobalje, dolina donjeg toka rijeke Neretve te poluotok Pelješac i otoci Korčula, Mljet i Lastovo. Dolina donjeg toka rijeke Neretve koju čine prostor donje Neretve i priobalje ima površinu od 414,35 km<sup>2</sup> i obuhvaća gradove Metković, Opuzen i Ploče, te općine Kulu Norinsku, Pojezerje, Slivno i Zažablje. Vodopopskrbu cijele Županije karakterizira veliki broj vodoopskrbnih sustava, njih 13, koji su od regionalnog pa do lokalnog značaja. Regionalni sustav Neretva-Pelješac-Korčula-Lastovo-Mljet (NPKLM) dijeli se na:

- Glavni dovodni cjevovod Neretva-Pelješac-Korčula-Lastovo-Mljet
- Podsustave Vid i Prud
- Podsustave Kula Norinska i Slivno
- Podsustav Opuzen



- Podsustav Janjina
- Podsustav Orebić
- Podsustav Trpanj

Osim regionalnog tu su i vodoopskrbni sustav Ploče (dijeli se na podsustav Klokun i podsustav Modro Oko), vodoopskrbni sustav Metković, vodoopskrbni sustav Blato, vodoopskrbni sustav Lastovo, vodoopskrbni sustav Mljet, vodovod Žuljana, vodoopskrbni sustav Ston, vodoopskrbni sustav Slano, vodoopskrbni sustav Zaton-Orašac-Elafiti, vodoopskrbni sustav Dubrovnik, vodoopskrbni sustav Župa dubrovačka, te vodoopskrbni sustav Konavle (podsustav Konavle-Zapad i podsustav Konavle-Istok). Važno je spomenuti i dva sustava koji se ne nalaze u Dubrovačko-neretvanskoj županiji, ali se s njih opskrbljuju određena područja unutar županije, a to su: vodoopskrbni sustav Vrgorac koji dovodi vodu u podsustav Kobiljača-Staševica i vodoopskrbni sustav Neum koji dovodi vodu u podsustav Moševiči-Visočani.

Vodoopskrbni sustavi koji se nalaze unutar pilot područja, upravljačko tijelo, zahvat i područje opskrbe prikazani su u tablici 1.

**Tablica 1.** Vodoopskrbni sustavi na pilot području

Vodoopskrbni sustavi	Uprava	Zahvat	Područje opskrbe
<b>Regionalni sustav NPKLM - Glavni dovodni cjevovod Neretva-Pelješac-Korčula-Lastovo-Mljet</b>	„NPKLM vodovod“ d.o.o., Korčula	Izvor Prud	Cijelo područje
<b>Regionalni sustav NPKLM - Podsustavi Prud i Vid</b>	„Metković“ d.o.o., Metković	Mjesni vodospremnik „Prud“ – vodozahvat Prud Mjesni vodospremnik „Vid“	Naselja Prud i Vid (grad Metković)



		– vodozahvat Prud	
<b>Regionalni sustav NPKLM - Podsustavi Kula Norinska i Slivno</b>	„NPKLM vodovod“ d.o.o., Korčula	Mjesni vodospremnik „Kula Norinska“ – vodozahvat Prud  Mjesni vodospremnik „Blace“ - vodozahvat Prud  Mjesni vodospremnik „Kremena“ i „Komarna“ - vodozahvat Prud	Zapadni dio općine Kula Norinska i Općina Slivno
<b>Regionalni sustav NPKLM - Podsustav Opuzen</b>	„Vodovod Opuzen“ d.o.o., Opuzen	Mjesni vodospremnik - vodozahvat Prud	Grad Opuzen
<b>Vodoopskrbni sustav Ploče – Podsustav Klokun</b>	JU „Izvor“, Ploče	Izvor Klokun	Grad Ploče, istočni dio Općine Gradac u Splitsko-dalmatinskoj ž.
<b>Vodoopskrbni sustav Ploče – Podsustav Modro Oko</b>	JU „Izvor“, Ploče	Izvor Modro Oko	Dio Općine Kula Norinska (Desne)
<b>Vodoopskrbni sustav Metković</b>	„Metković“ d.o.o., Metković	Izvor Doljani (BiH)	Grad Metković, Općina Zažablje i naselje Doljani (BiH)
<b>Podsustav Kobiljača- Staševica</b>	„Komunalno“ d.o.o., Vrgorac	Izvor Butina	Općina Pojezerje i sjeverni dio grada Ploče – naselja uz rub Jezero polja: Otrići, Kobiljača i Staševica

Izvor: Jakelić et al. (2009) Vodoopskrbni plan Dubrovačko-neretvanske županije

Vlasnička struktura vodoopskrbnih poduzeća (isporučitelja vodnih usluga) na pilot području prikazana je u tablici 2

**Tablica 2.** Vlasnička struktura vodoopskrbnih poduzeća na pilot području

Naziv	Vlasništvo	Udio (%)
<b>NPCLM VODOVOD d.o.o.</b>	Grad Korčula	18
	Grad Metković	12
	Općina Blato	11
	Općina Kula Norinska	-
	Općina Latovo	8
	Općina Mljet	3
	Grad Opuzen	4
	Općina Orebić	14
	Općina Slivno	2
	Općina Smokvica	2
	Općina Ston	7
	Općina Vela Luka	12
	Općina Lumbarda	3
	Općina Janjina	2
<b>JU Izvor Ploče</b>	Grad Ploče (Općina Gradac)	100
<b>Metković d.o.o.</b>	Grad Metković	100
<b>Vodovod Opuzen d.o.o.</b>	Grad Opuzen	100
<b>Komunalno d.o.o. Vrgorac</b>	Grad Vrgorac	100

Izvor: Jakelić et al. (2009) Vodoopskrbni plan Dubrovačko-neretvanske županije



## 4. MONITORING OBALNIH VODONOSNIKA I UPRAVLJANJE PODACIMA

Prema Okvirnoj direktivi o vodama potrebno je razlikovati pojmove vodonosnik i cjelina podzemne vode. Vodonosnik predstavlja podzemni sloj ili slojeve stijena ili drugih geoloških naslaga dovoljne poroznosti i propusnosti da omogućuju znatan protok podzemnih voda ili zahvaćanje znatnih količina podzemnih voda, dok cjelina podzemne vode predstavlja određen volumen podzemnih voda u vodonosniku ili vodonosnicima.

U skladu s Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 96/19) i Pravilnikom o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti uzimanja uzoraka i ispitivanja voda (NN 3/20) u svakom pojedinačnom vodnom tijelu treba pratiti i ocjenjivati kemijsko i količinsko stanje. Elementi za ocjenu količinskog stanja tijela podzemnih voda su:

- razina podzemne vode i
- izdašnost.

Elementi za ocjenu kemijskog stanja tijela podzemnih voda su:

- općenito – električna vodljivost, otopljeni kisik i pH vrijednost i
- onečišćujuće tvari – nitrati, pesticidi i specifične onečišćujuće tvari za koje su propisane granične vrijednosti na razini grupiranih tijela podzemne vode.

Monitoring stanja podzemnih voda se provodi kao nadzorni i operativni monitoring, a prema potrebi i kao istraživački monitoring.

Nadzorni monitoring se provodi u svrhu postizanja sljedećih ciljeva:

1. dopunjavanja i vrednovanja postupka ocjene utjecaja onečišćenja
2. pribavljanja informacija za ocjenu značajnih i trajno rastućih trendova koji su rezultat promjena prirodnih uvjeta i utjecaja ljudske aktivnosti.

Operativni monitoring provodi se radi:

D.4.2.1 Studije slučaja: gospodarenje obalnim vodonosnicima, upravljanje i korištenje



1. utvrđivanja kemijskog stanja svih tijela podzemnih voda za koje je utvrđen rizik nepostizanja ciljeva zaštite voda i na kojima se prati promjena stanja tijekom provedbe programa mjera,
2. utvrđivanja značajnih i trajno rastućih trendova koncentracije onečišćujućih tvari uslijed utjecaja ljudskih aktivnosti.

Nadzorni i operativni monitoring stanja podzemnih voda se provode svake godine u ciklusu plana upravljanja vodnim područjima (kontinuirano) prema utvrđenoj dinamici (tablica 3). Učestalost nadzornog i operativnog monitoringa elemenata količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda propisana je Uredbom o standardu kakvoće voda. Uzorkovanje i pohrana uzoraka za kemijske analize se obavljaju prema hrvatskim normama: Upute za podzemne vode (HRN EN 5667-11) i Smjernice za čuvanje uzoraka i rukovanje uzorcima (HRN ISO 5667-3).

**Tablica 3.** Pokazatelji kemijskog stanja podzemnih voda i godišnja učestalost ispitivanja

Pokazatelj	Učestalost ispitivanja u nadzornom monitoringu	Učestalost ispitivanja u operativnom monitoringu
Elementi kemijskog stanja		
Nitrati	4x	4x-12x
Aktivne tvari u pesticidima (sredstva za zaštitu bilja i biocidi u skladu s propisima o dopuštenim aktivnim tvarima u njima)		
Organoklorovi pesticidi (4,4 DDT, 2,4 DDT, 4,4 DDE, 4,4 DDD, $\alpha$ HCH, $\beta$ HCH, $\gamma$ HCH, $\delta$ HCH, HCB, heptaklor, heptaklorepoksid, heksaklorbutadien, metoksiklor, endosulfan)	4x	4x
Ciklodienski pesticidi (aldrin, dieldrin, endrin, izodrin)	4x	4x
Organofosforni pesticidi (dimetoat, pirimifos-metil, klorvenvifos, klorpirifos (klorpirifos-etil), klorpirifos-metil, ometoat, pirimfos-etil, glifosat)	4x	4x
Triazinski pesticidi (atrazin, simazin, terbutilazin)	4x	4x-12x
Kloracetamidi (acetoklor, s-metolaklor)	4x	4x

Specifične onečišćujuće tvari		
Arsen	4x	4x-12x
Kadmij	4x	4x-12x
Olovo	4x	4x-12x
Živa	4x	4x-12x
Amonij	4x	4x-12x
Kloridi	4x	4x-12x
Sulfati	4x	4x-12x
Ortofosfati	4x	4x-12x
Nitriti	4x	4x-12x
Ukupni fosfor	4x	4x-12x
Trikloretilen	4x	4x-12x
Tetrakloretilen	4x	4x-12x
Vodljivost	4x	4x-12x

Osim navedenih pokazatelja u okviru nadzornog i operativnog monitoringa prate se osnovni i dodatni pokazatelji navedeni u Uredbi o standardu kakvoće voda za koje nisu propisani standardi i granične vrijednosti, kao i ostali pokazatelji izabrani temeljem analize rezultata dosadašnjeg monitoringa.



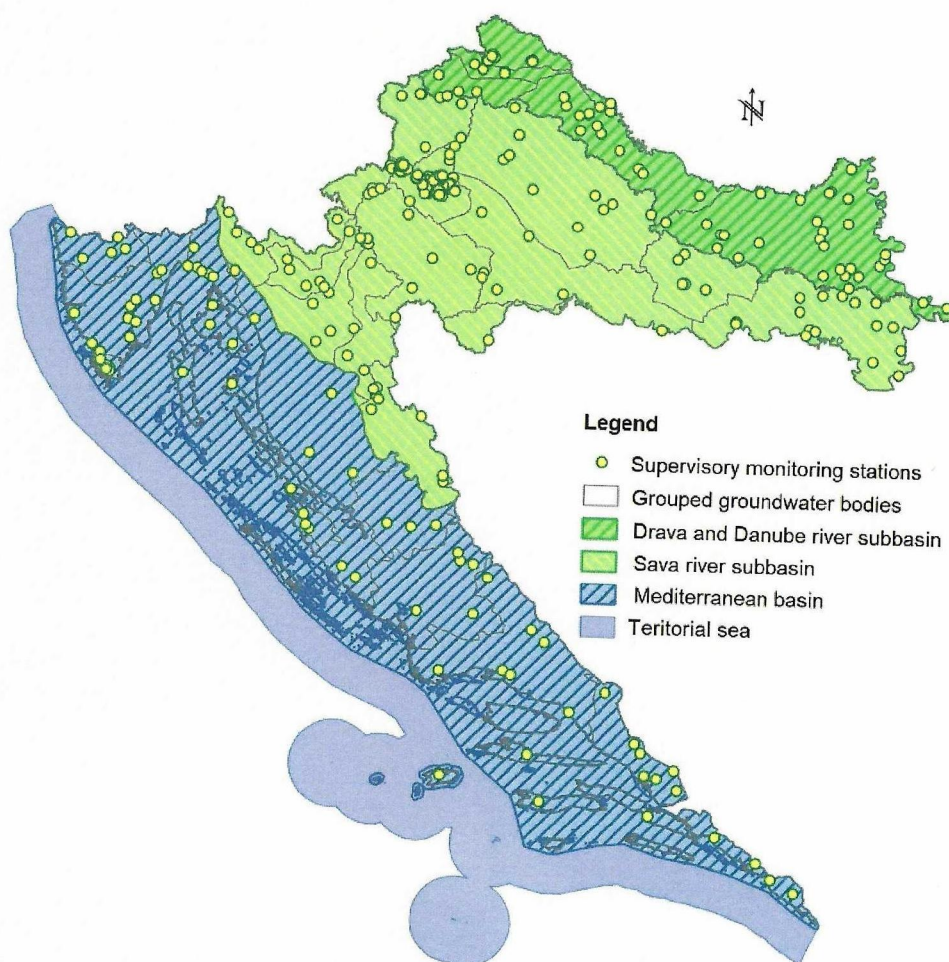
Tablica 4. Dodatni pokazatelji u podzemnim vodama i godišnja učestalost ispitivanja

Pokazatelj	Učestalost ispitivanja u nadzornom monitoringu	Učestalost ispitivanja u operativnom monitoringu
<b>Osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji</b>		
Temperatura	4x-12x	4x-12x
pH	4x-12x	4x-12x
Redoks potencijal	4x-12x	4x-12x
Ukupne suspendirane tvari	4x	4x-6x
Alkalitet	4x-12x	4x-12x
Ukupna tvrdoća	4x-12x	4x-12x
Mutnoća	4x-12x	4x-12x
Otopljeni kisik	4x-12x	4x-12x
KPK Mn	4x-12x	4x-12x
Ukupni organski ugljik (TOC)	4x-12x	4x-12x
Ukupni dušik	4x-12x	4x-12x
<b>Onečišćujuće tvari</b>		
Željezo	4x-12x	4x-12x
Mangan	4x-12x	4x-12x
Bakar	4x-12x	4x-12x
Cink	4x-12x	4x-12x
Krom	4x-12x	4x-12x
Nikal	4x-12x	4x-12x
Aluminij	4x	4x
Barij	4x	4x
Berilij	4x	4x
Vanadij	4x	4x
Cijanidi	4x	4x
Fluoridi	4x	4x
Azitromicin, eritromicin	-	6x
Sulfametoksazol	4x	6x



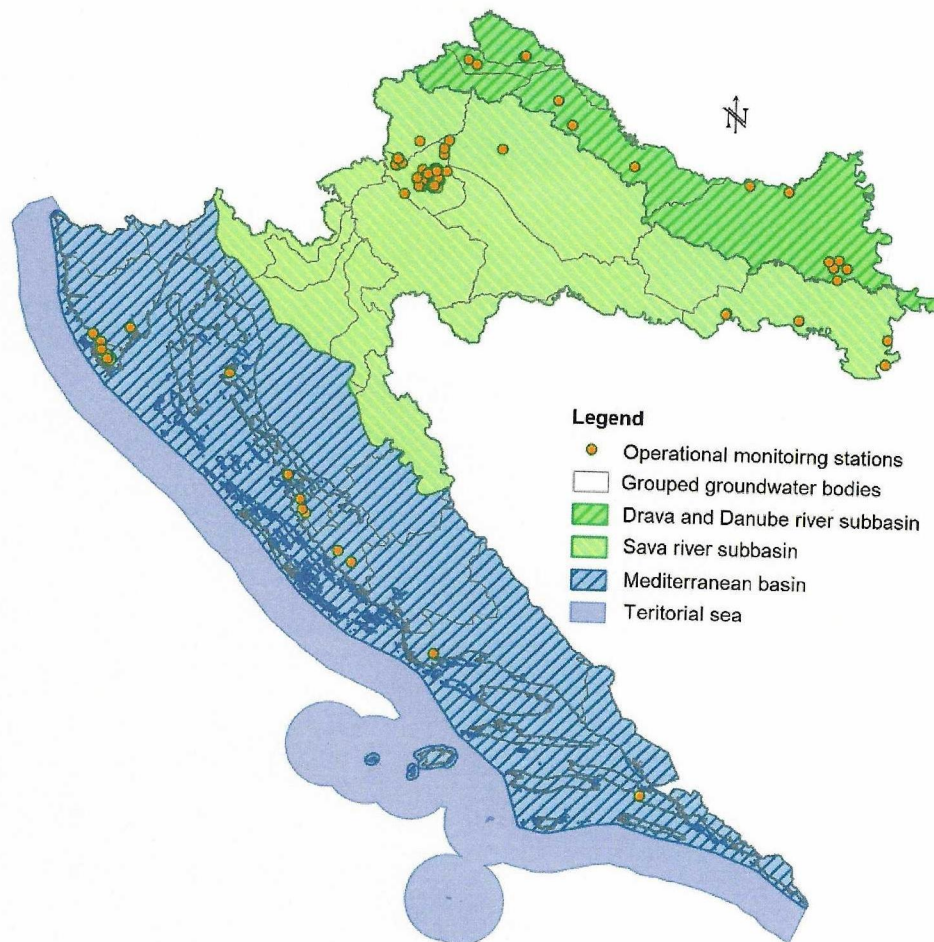
Torasemid	4x	6x
Azitromicin-N-dezmetilazitromicin	4x	6x
Memantin	4x	6x
Varfarin	4x	6x
Halogenirani ugljikovodici	4x-12x	4x-12x
Aromatski ugljikovodici	4x	-

U 2019. godini u Republici Hrvatskoj nadzorni monitoring se provodio na 384 postaje monitoringa (slika 3), a operativni na 118 postaja monitoringa (slika 4).



**Slika 3.** Postaje nadzornog monitoringa podzemnih voda

Izvor: Hrvatske vode (2020), Izvješće o stanju podzemnih voda u 2019. godini



Slika 4. Postaje operativnog monitoringa podzemnih voda

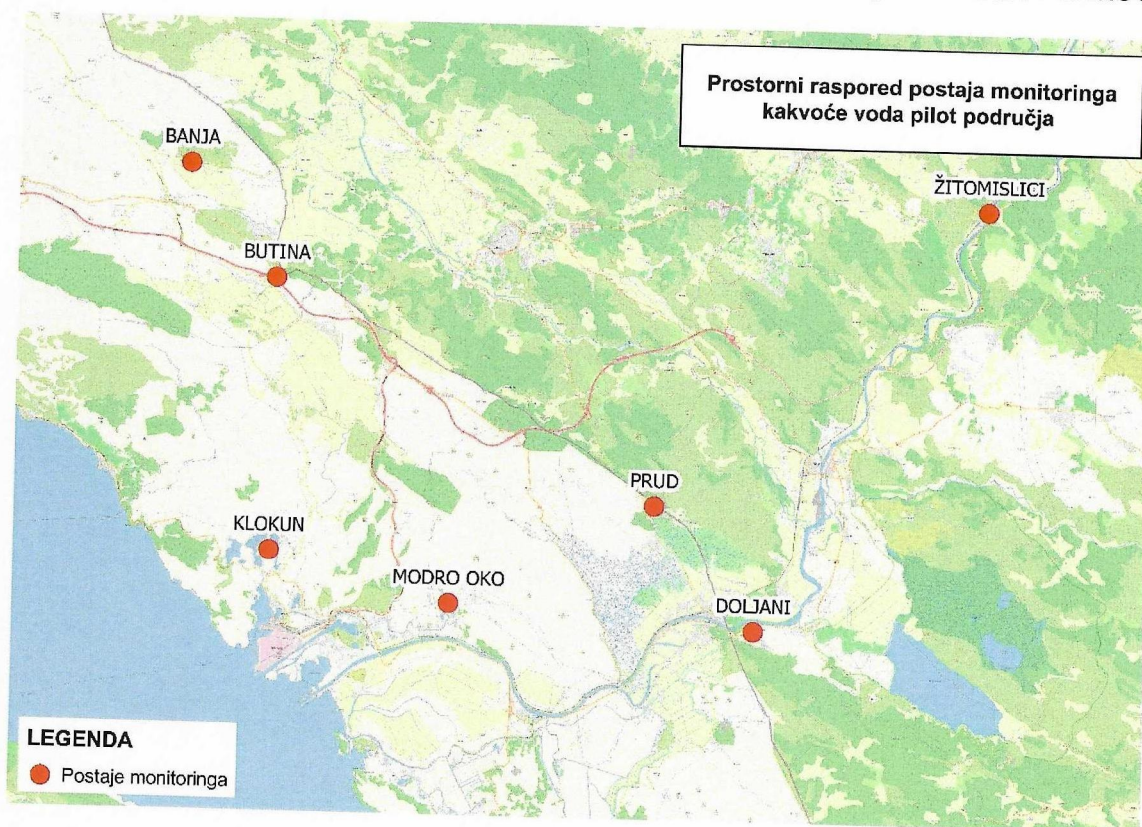
Izvor: Hrvatske vode (2020), Izvješće o stanju podzemnih voda u 2019. godini.

## 4.1. DOLINA RIJEKE NERETVE

Što se tiče tijela podzemne vode Neretva u kojem se nalazi PILOT PODRUČJE u 2019. godini nadzorni monitoring se provodio na 11 postaja, a operativni monitoring na samo jednoj od



ukupno 11 postaja. Od navedenih postaja monitoringa unutar PILOT PODRUČJA nalazi se njih 5 (Butina, Banja, Prud, Klokun i Modro Oko) prikazanih na slici 5. Uz navedene postaje dodane su i postaje Doljani i Žitomislíci koje se nalaze u susjednoj BiH, ali su značajne za PILOT PODRUČJE.

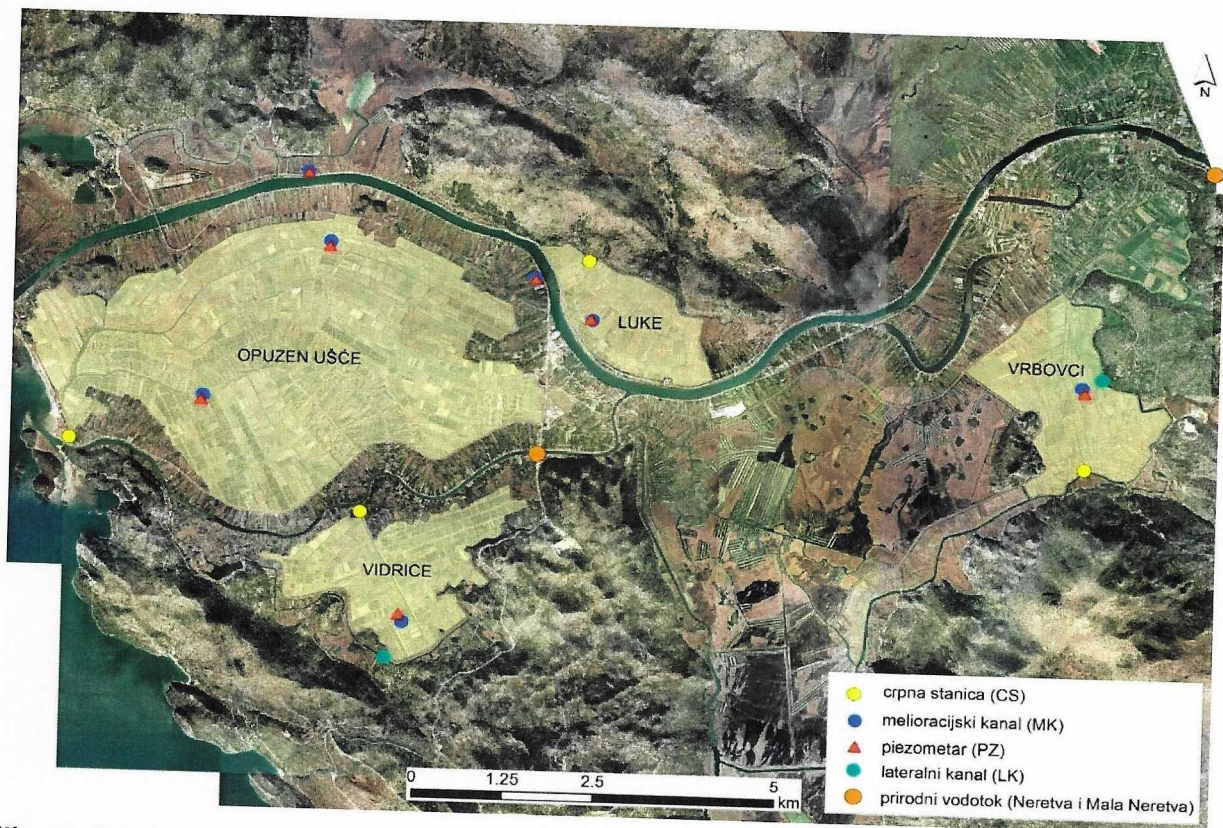


**Slika 5.** Prostorni raspored postaja monitoringa kakvoće voda PILOT PODRUČJA

Pored nadzornog i operativnog monitoringa koji se provode na nacionalnoj razini, na PILOT PODRUČJU je uspostavljen i dugogodišnji monitoring zasljenjenja površinskih i podzemnih voda i poljoprivrednih tala koje provode Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet (slika 6) i Sveučilište u Splitu Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije (slika 7). Putem tog monitoringa je u 2019. godini prikupljeno i analizirano ukupno 318 uzoraka vode i 56 uzoraka tla. Uzorkovanje površinskih voda provodi se na 15 mjernih postaja (mjesečno uzorkovanje), a podzemnih voda iz 7 plitkih piezometara dubine 4,0 m (mjesečno uzorkovanje) smještenih u neposrednoj blizini postaja monitoringa tla. Na četiri para plitkih (10 m) i dubokih (35 m)

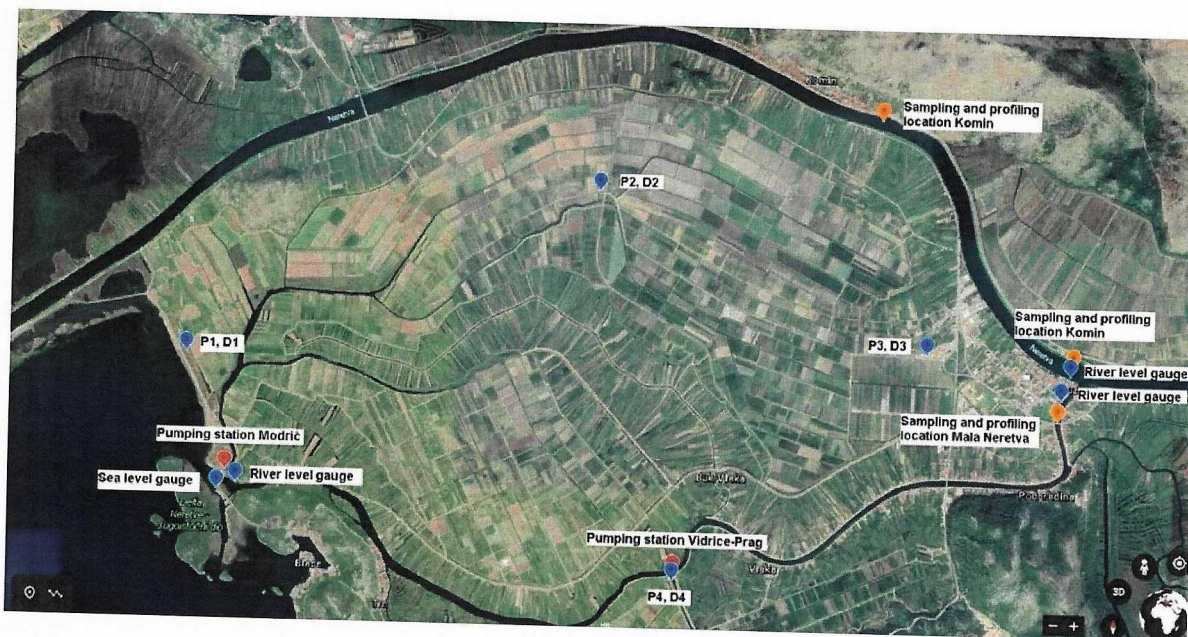


piezometara uzorkovanje podzemnih voda također se provodilo na mjesečnoj bazi, ali ne kroz cijelu godinu, nego u razdoblju od svibnja do listopada uz istovremeno mjerenje: pH, električne vodljivosti, saliniteta i temperature vode. U svim uzorcima analizirano je ukupno 15 fizikalno-kemijskih parametara (pH, EC, ukupna suspenzija krutine,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , TOC).



**Slika 6.** Mreža postaja istraživačkog monitoringa kemijskog stanja (salinitet i hranjive tvari) površinskih voda, podzemnih voda (iz plitkih piezometara) i tla koje su uspostavljene na području doline Neretve (Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet)





**Slika 7.** Mreža postaja istraživačkog monitoringa kemijskog stanja (salinitet i hranjive tvari) površinskih i podzemnih voda koje su uspostavljene na području doline Neretve (Sveučilište u Splitu Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije)

## 5. EKSPLOATACIJA PRIOBALNIH VODONOSNIKA

Dubrovačko-neretvanska županija ima značajan vodeni potencijal koji se koristi u vodoopskrbne svrhe, a prema načinu pojavljivanja može se podijeliti na izvorske vode i izvore podzemne vode. Na pilot području nalazi se ukupno 5 izvora koji se koriste za vodoopskrbu, od kojih su 3 smješteni unutar Dubrovačko-neretvanske županije. Unutar Županije nalaze se izvori Prud, Klokun i Modro Oko, dok se izvor Butina nalazi u krškom polju jugoistočno od grada Vrgorca u Splitsko-dalmatinskoj županiji, a izvor Doljani nalazi se oko 2 km istočno od grada Metkovića u Donjoj Hercegovini (BiH).

Prud, koji se nalazi u istoimenom naselju, izvor je rijeke Norin. To je krški izvor ulaznog tipa koji izvire u manje jezero od kojeg nastaje vodotok Norin. Ovaj se izvor koristi kao glavni zahvat za regionalni vodoopskrbni sustav NPKLM. Instalirani kapacitet na zahvatu je 382 l/s, odnosno 12 000 000 m<sup>3</sup>/godišnje. Iz podataka Hrvatskih voda (1978.-2002.), maksimalni izmjereni protok bio je 17,5 m<sup>3</sup>/s (prosinac 1987.), a minimalni izmjereni protok 2,7 m<sup>3</sup>/s (listopad 1999.). Iako je prema vodnoj dozvoli dopušteno zahvaćanje 382 l/s, s obzirom na minimalni izmjereni protok od 2,7 m<sup>3</sup>/s, na ovom se izvoru mogu zahvatiti mnogo veće količine.

Izvor Klokun nalazi se sjeverno od grada Ploča, a koristi se kao glavni zahvat vodoopskrbnog sustava Ploče, koji opskrbljuje grad Ploče i istočni dio općine Gradac u Splitsko-dalmatinskoj županiji. Instalirani kapacitet je 170 l/s, odnosno 2 500 000 m<sup>3</sup>/ godišnje. Ovaj je izvor također od regionalne važnosti.

Istočno od grada Ploča nalazi se izvor Modro Oko, s kojeg se uzima 6 l/s za potrebe javne vodoopskrbe naselja Desne. Za ovaj izvor nije izdana vodna dozvola, a procjenjuje se da je moguće zahvatiti do 250 l/s, što predstavlja veliki potencijal za potrebe vodoopskrbe Županije.

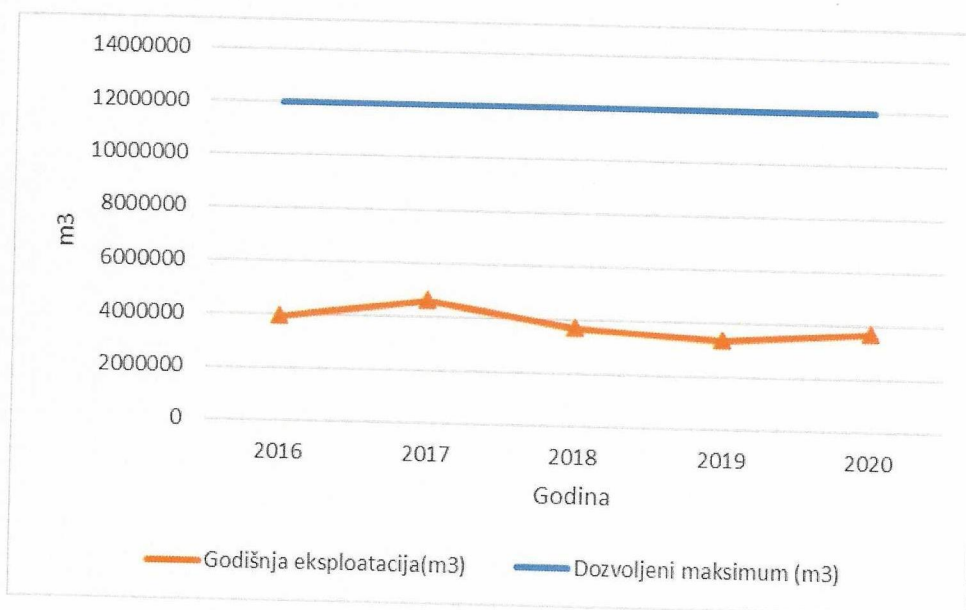
Izvor Butine nalazi se u naselju Dusina (Splitsko-dalmatinska županija). Koristi se kao jedan od zahvata za vodoopskrbni sustav grada Vrgorca - podsustav Kobiljača-Staševica (općina



Pojezerje), gdje je za potrebe javne vodoopskrbe zahvaćeno 35 l/s. Ni za ovaj izvor nije izdana vodna dozvola.

Izvor Doljani nalazi se u susjednoj Bosni i Hercegovini. Koristi se kao glavni zahvat vodoopskrbnog sustava Metković koji opskrbljuje područje naselja Doljane i Metković, te općina Zažablje s ukupno 140 l/s. Za ovaj izvor nije izdana vodna dozvola, a prema podacima Hrvatskih voda, minimalna zabilježena izdašnost je oko 30 l/s, a maksimum 215 l/s.

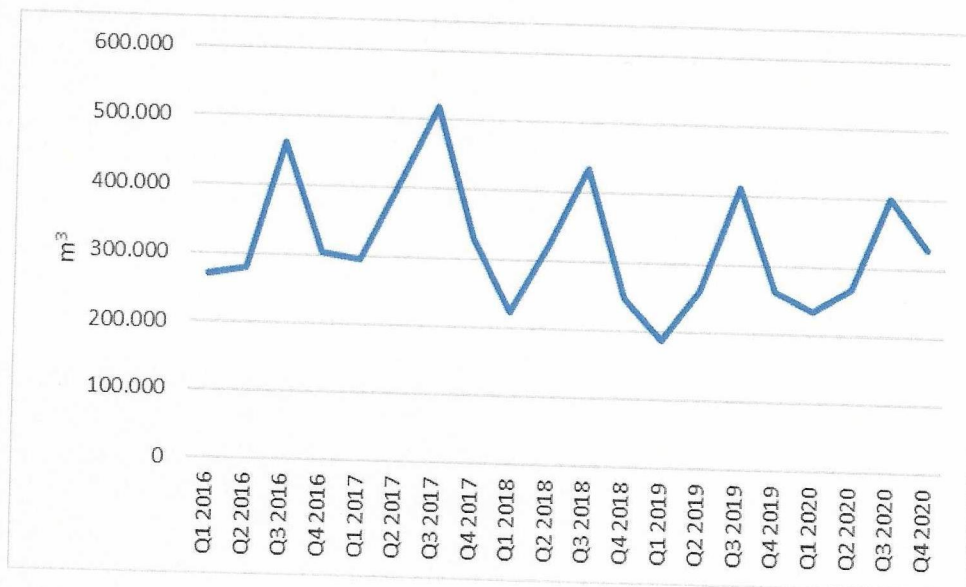
Podaci za NPKLM (slika 8) za razdoblje 2016.-2020. pokazuju da je godišnja eksploatacija u izvoru Prud varirala između 3,3 i 4,7 milijuna m<sup>3</sup> vode. Maksimalni dopušteni kapacitet postavljen je na 382 l/s ili 12 milijuna m<sup>3</sup>/godišnje. U ovom vremenskom razdoblju zahvaćanje vode je variralo između 28 % i 39 % maksimalno dozvoljenog zahvaćanja, što znači da se izvor Prud ne koristi punim kapacitetom.



**Slika 8.** Godišnje zahvaćanje vode na izvoru Prud (2016.-2020.)

Sezonska varijabilnost je tipična za obalne vodonosnike, kao što je prikazano na slici 9 za izvor Prud. Zbog značajnog povećanja broja korisnika tijekom turističke sezone, povećano je i zahvaćanje vode, u prosjeku najmanje 2 puta u odnosu na zimsko razdoblje. Ova je situacija slična na ostalim spomenutim izvorima. Takva sezonska varijabilnost je još očitija na izvorima

unutar PILOT PODRUČJA zbog povećanja potražnje vode u svrhu poljoprivredne proizvodnje praktički u istom razdoblju.



Slika 9. Prosječno kvartalno zahvaćanje vode na izvoru Prud 2016.-2020.



## 6. REFERENCE

- Biondić, R., Biondić, B., Rubinić, J., Meaški, H., Kapelj, S., Tepeš, P., 2009. Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda na krškom području u Republici Hrvatskoj, Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin
- Brkić, Ž., Biondić, R., Kapelj, S., Marković, T., 2005. Karakterizacija vodnih cjelina na Crnomorskom slivu u okviru implementacije Okvirne direktive o vodama, Hrvatski geološki institute, Zagreb
- Brkić, Ž., Biondić, R., Pavičić, A., Slišković, I., Marković, T., Terzić, J., Dukarić, F., Dolić, M., 2006. Određivanje cjelina podzemnih voda na Jadranskom slivu prema kriterijima Okvirne direktive o vodama, Hrvatski geološki institute, Zagreb
- Brkić, Ž., Larva, O., Marković, T., 2009. Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske, Hrvatski geološki institut, Zagreb
- Hrvatske vode, 2020. Izvješće o stanju podzemnih voda u 2019. godini
- Jakelić, Z., Čelan, Z., Mimica, Koščina, Z., Vego, G., Kordek, S., Vuić Graffius, V., Sedinić, D., Rudež, Z., Klobučar, N., Šećer, N., Štambuk-Giljanović, N., Goić, S., 2009. VODOOPSKRBNI PLAN DUBROVAČKO-NERETVANSKE ŽUPANIJE, Institut IGH d.d. i HIDROING d.o.o., Split
- Romić, D.; Romić, M.; Zovko, M.; Bubalo, M.; Ondrašek, G.; Husnjak, S., Stričević, I.; Maurović, N.; Bakić, H.; Matijević, L.; Vranješ, M. (2019). Petogodišnje izvješće (2014-2018) monitoringa zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve. Hrvatske vode.
- Romić, Davor; Castrignanò, Annamaria; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika (2020). Modelling spatial and

temporal variability of water quality from different monitoring stations using mixed effects model theory // Science of The Total Environment, 704, 1-10  
doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135875

- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan ; Romić, Marija ; Ondrašek, Gabrijel ; Zovko, Monika (2010). Stupanj zaslanjenosti i održivo korištenje tala Donje Neretve (Level of salinity and sustainable use of soil in the Lower Neretva region). World Bank - Neretva and Trebišnjica Management Project Grant No. TF 091967. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan; Mesić, Milan; Salajpal, Krešimir; Barić, Klara; Poljak, Milan; Romić, Marija; Konjačić, Miljenko; Vnućec, Ivan; Bakić, Helena et al. (2014). Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Maurović, Nada; Vranješ, Mijo; Srzić, Veljko (2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015) Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Romić, Marija; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Husnjak, Stjepan, Stričević, Ivo; Maurović, Nada; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Vranješ, Mijo (2014). Petogodišnje izvješće (2009-2013) monitoringa zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Zovko, Monika; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Bakić Begić, Helena; Romić, Marija (2019). Prosesi, dinamika i trend zaslanjivanja voda i tla u poljoprivrednom području doline Neretve // Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode Zbornik radova / Biondić, Danko ; Holjević, Danko ; Vizner, Marija (ur.). Zagreb: Hrvatske vode,. str. 783-791



- Vlada RH, 2016. Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021 Vranješ, M. i sur. (1996 do 2004). Zaštita od zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, razvojno-istraživački projekt (Hrvatske vode), Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu
- Zovko, Monika; Romić, Davor; Colombo, Claudio; Di Iorio, Erica; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Castrignanò, Annamaria (2018). A geostatistical Vis-NIR spectroscopy index to assess the incipient soil salinization in the Neretva River valley, Croatia // *Geoderma*, 332, 60-72 doi:10.1016/j.geoderma.2018.07.005
- Zovko, Monika; Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel (2013). Soil and Water Management for Sustained Agriculture in Alluvial Plains and Flood Plains Exposed to Salinity: A Case of Neretva River Valley // *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress* / Ahmad, Parvaiz ; Azoos, M.M. ; Prasad, M.N.V. (ur.). New York: Springer, str. 473-494

# D.4.3.2 Studije slučaja: sinteza i definiranje scenarija budućeg rizika



1506  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO



COMUNE  
DI FANO



INSTITUT ZA JADRANSKE KULTURE  
I MELIORACIJU KRŠA SPLIT



METRIS  
ISTANOVAN  
CENTAR ZA ISTRAŽIVANJE MATERIJALA  
ISTARSKE ŽUPANIJE



HRVATSKE VODE



## Kontrolni List Dokumenta

<b>Broj projekta:</b>	10048765
<b>Akronim projekta</b>	ASTERIS
<b>Naziv projekta</b>	Adaptation to Saltwater inTrusion in sEa level RIse Scenarios
<b>Početak projekta</b>	Siječanj 2019
<b>Trajanje</b>	24 mjeseca

<b>Povezana aktivnost:</b>	Studije slučaja: sinteza i definiranje scenarija budućeg rizika
<b>Naziv isporuke:</b>	Sinteza rezultata aktivnosti 4.1. i 4.2.
<b>Tip isporuke</b>	Izvešće
<b>Jezik</b>	Hrvatski
<b>Naslov radnog paketa</b>	Identifikacija potreba i prepreka u upravljanju obalnim vodonosnicima
<b>Broj radnog paketa</b>	4
<b>Voditelj radnog paketa</b>	

<b>Status</b>	
<b>Autor (i)</b>	
<b>Verzija</b>	
<b>Rok isporuke</b>	
<b>Datum dostave</b>	

**NARUČITELJ:**

**HRVATSKE VODE**

PRAVNA OSOBA ZA UPRAVLJANJE VODAMA

10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

**IZVRŠITELJ:**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**AGRONOMSKI FAKULTET**

Zavod za melioracije

prof.dr.sc. Davor Romić

doc.dr.sc. Monika Zovko

prof.dr.sc. Marija Romić

prof.dr.sc. Gabrijel Ondrašek


dr.sc. Marina Bubalo Kovačić

dr.sc. Helena Bakić Begić

Marko Reljić, mag.ing.agr.

Dekan



  
Prof. dr. sc. Zoran Grgić



# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. EKSPLOATACIJA PRIOBALNIH VODONOSNIKA .....	17
3. REFERENCE .....	18

# 1. UVOD

Projekt ASTERIS (eng. *Adaptation to Saltwater intrusion in sea level rise scenarios*) odobren je u sklopu Programa prekogranične suradnje INTERREG V-A Italija-Hrvatska 2014.-2020, prioriteta 2, mjere 2.1. Cilj projekta je, temeljem zajedničke procjene prostorne i vremenske varijabilnosti prodora morske vode, identificirati i kartirati potrebe i prepreke u upravljanju rizicima zaslantjenja vode te pružiti praktične alate za održivo upravljanje obalnim vodonosnicima na lokalnoj razini. Da bi se postigao taj cilj odabrana su tri reprezentativna područja za realizaciju pojedinačnih studija slučaja: regija Emilia-Romagna (općina Ravenna, Italija), regija Marche (općina Fano, Italija) i Dubrovačko-neretvanska županija (područje delte Neretve, u daljnjem tekstu **PILOT PODRUČJE**). Projekt se sastoji od pet radnih paketa, a u ovom elaboratu daje se pregled istraživanja provedenih u sklopu radnog paketa 4. „Utvrđivanje potreba i prepreka u upravljanju obalnim vodonosnicima“ (dalje u tekstu RP 4). Cilj RP 4 je da se putem triju aktivnosti identificiraju i kartiraju potrebe i prepreke u upravljanju obalnim podzemnim vodama u procijenjenim scenarijima rizika. Ovo izvješće je isporuka (D 4.3.2) koja se odnosi se provedbu aktivnosti 4.3 „Studije slučaja: sinteza i definiranje scenarija budućeg rizika“. Isporuka (D 4.3.2) je „Sinteza rezultata za aktivnosti 4.1. i 4.2 na PILOT PODRUČJU – Delta Neretva“ - izvješće u formi elaborata/analize.

Aktivnost 4.1 Studije slučaja: fizikalna istraživanja, uključuje slijedeće:

- prostorna, vremenska i metodološka karakterizacija nacionalnog monitoringa voda na PILOT PODRUČJU za razdoblje od 1.1. 2009. do 31.12. 2018. godine.
- prostorna, vremenska i statistička analiza kakvoće voda s naglaskom na pokazatelje koji upućuju na intruziju mora iz nacionalnog monitoringa koji se provodi na PILOT PODRUČJU za razdoblje od 1.1. 2009. do 31.12. 2018. godine.

Aktivnost 4.2 Studije slučaja: gospodarenje obalnim vodonosnicima, upravljanje i korištenje,

D.4.3.2 Studije slučaja: sinteza i definiranje scenarija budućeg rizika



uključuje slijedeće:

- analiza postojećeg sustava upravljanja i administracije obalnim vodonosnicima na PILOT PODRUČJU s fokusom na analizu administrativnog i regulatornog postupka upravljanja, utvrđivanjem mogućih prepreka uz identifikaciju najboljih praksi, ako postoje i/ili mogućeg rješenja identificiranih problema u upravljanju.

Područje Donje Neretve intenzivno se koristi za poljoprivredu, a ujedno je i ekološki vrlo osjetljivo. Velika prijetnja narušavanju ravnoteže agro-ekosustava je zasljanjivanje vode i tla. Kroz aktivnost radnog paketa 4. provedeni su slijedeći zadaci: i) prikupljanje i obrada podataka nacionalnog monitoringa; ii) rad na dostupnim povijesnim podacima o stupnju zasljanjenosti površinskih i podzemnih voda u području doline Neretve; iii ) izrada karte načina korištenja tla, pedološke karta, karte zasljanjenosti tla; iiiii) uspostava kratkoročnog monitoringa - 10 lokacija, 2 sezone: sušno i vlažno razdoblje godine, provedba laboratorijskih ispitivanja – ionski sastav i izotopi  $\delta^{18}O$  i  $\delta D$  te iiiiii) analiza upravljanja površinskim i podzemnim vodama na nacionalnoj razini.



**Slika 1.** Terenski radovi, terenska istraživanja, uzorkovanja i laboratorijska ispitivanja Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Statističkom analizom obuhvaćene su vrijednosti električne vodljivosti na lokacijama motrenja površinske, podzemne vode i tla unutar na području doline Neretve. Prvo je izvršena osnovna deskriptivna statistička analiza koja obuhvaća sljedeće pokazatelje: aritmetička sredina (Arit. sredina), medijana, standardna devijacija, minimalne i maksimalne vrijednosti i koeficijenti varijacije ( $V$ ) da bi se dobio osnovni uvid o skupovima prikupljenih podataka. Osim toga vrijednosti električne vodljivosti na odabranim postajama monitoringa analizirane su korištenjem ne-parametarskog Mann-Kendall (M-K) testa koji se primjenjuje za identifikaciju značajnih monotonih promjena u vremenskim serijama (Bubalo, 2016). Zbog cilja da se samo utvrdi postojanost trenda u praćenim vrijednostima  $EC_w$ -a, za određivanje nagiba trenda



primijenjena je ne-parametarska metoda Theil-Sen (Theil, 1950; Sen, 1968), odnosno Senov procjenitelj nagiba ( $z$  – vrijednost).

Prema statističkim pokazateljima iz tablice 1 vidljivo je da je u razdoblju od 2009.-2018. minimalna vrijednost električne vodljivosti vode ( $EC_w$ ) od  $0,19 \text{ dS m}^{-1}$  utvrđena u 3. skupini voda (postaje monitoringa površinskih voda uspostavljene na melioracijskim kanalima), a maksimalna vrijednost od  $38,9 \text{ dS m}^{-1}$  u 4. skupini voda (postaje monitoringa podzemnih voda iz plitkih piezometara), koja ima i najvišu aritmetičku sredinu od  $9,7 \text{ dS m}^{-1} EC_w$ .

Koeficijent varijacije, kao potpuna mjera relativne disperzije, viši od 70 % ukazuje na vrlo jaku varijabilnost promatranog skupa pa se iz dobivenih rezultata da zaključiti da su vrijednosti  $EC_w$  bile izrazito varijabilne u podzemnim vodama (koeficijent varijacije = 109 %).

- Rezultati statističke analize daju zaključiti da **podzemne vode** u dolini Neretve pripadaju **klasi srednje zaslanjenih voda** (aritmetička sredina  $EC_w$  u rasponu od  $2-10 \text{ dS m}^{-1}$ ) **do vrlo jako zaslanjenih voda** (maksimalna vrijednost  $EC_w$  u rasponu od  $25-45 \text{ dS m}^{-1}$ ).
- Od površinskih voda, najviša aritmetička sredina  $EC_w$  utvrđena je u 2. skupini voda (postaje monitoringa površinskih voda uspostavljene na CS), što ih također svrstava u **klasu srednje zaslanjenih voda**. Evidentno je da rad crpne stanice utječe na dotok soli iz podzemne vode kada je ona mineralizirana, ali i nezaslanjene vode ovisno o lokaciji. Naime, radom crpne stanice snižava se razina vode i povećava gradijent tlaka u vertikalnom smjeru. Premda se raspon vrijednosti  $EC_w$  u 2. skupini voda kretao od  $0,71 \text{ dS m}^{-1}$  do  $9,23 \text{ dS m}^{-1}$ , mali koeficijent varijacije (37 %) ukazuje na slabiju varijabilnost stupnja zaslanjenosti odnosno manja odstupanja izmjerenih vrijednosti  $EC_w$  od utvrđene aritmetičke sredine što je također povezano s radom crpnih stanica, odnosno njihovih sabirnih kanala.
- Važno je primijetiti da je najviša vrijednost  $EC_w$  u površinskim vodama na području doline Neretve zabilježena u 3. skupini melioracijskih kanala ( $20,9 \text{ dS m}^{-1}$ ).
- Za razliku od drugih skupina postaja monitoringa površinskih voda, vrijednost  $EC_w$

relativno najviše varira kod prirodnih vodotoka, što je izraženo kroz koeficijent varijacije od 71 %. Međutim, prema utvrđenoj vrijednosti aritmetičke sredine od 1,06 dS m<sup>-1</sup> prirodni vodotoci se mogu svrstati u klasu malo zaslanjenih voda (EC<sub>w</sub> 0,7 – 2 dS m<sup>-1</sup>) prikladnih za upotrebu u navodnjavanju.

**Ocjena zaslanjenosti voda temeljem mjesečnih podataka u razdoblju 2009-2018.**

Skupina postaja monitoringa	Naziv postaja monitoringa	Broj postaja	Plan monitoringa
<b>1. skupina</b>	Prirodni vodotoci: Neretva, Mala Neretva, kanal Vrbovci, kanal Vidrice	4	1 mj.
<b>2. skupina</b>	Crpne stanice : Luke; Vrbovci; Vidrice; Opuzen ušće	4	1 mj.
<b>3. skupina</b>	Melioracijski kanali: Luke, Vidrice, Vrbovci, Opuzen ušće-Jasenska, Opuzen ušće, Komin-lijevo zaobalje, Komin-desno zaobalje	7	1 mj.
<b>4. skupina</b>	Podzemne vode - piezometri: Luke; Vidrice; Opuzen ušće-Jasenska, Opuzen ušće; Vrbovci, Banja, Komin	7	1 mj.

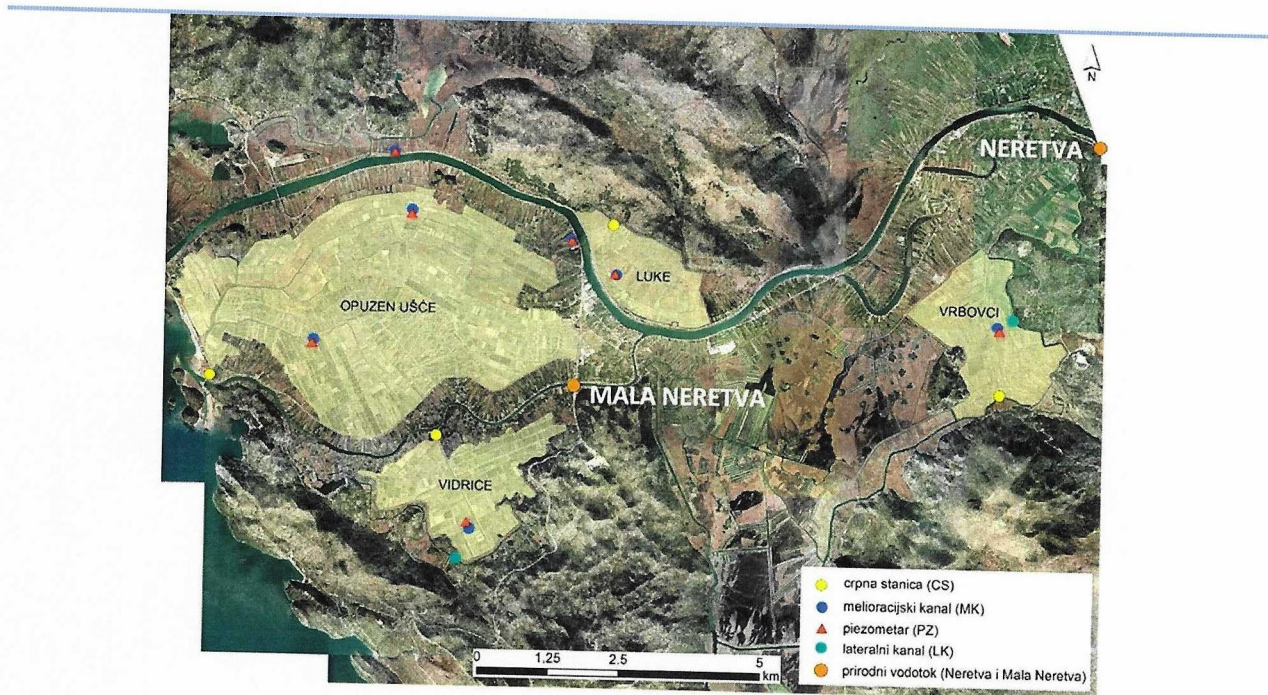


Sumarna statistika vrijednosti električne vodljivosti,  $EC_w$  ( $dS\ m^{-1}$ ) na 16 lokacija monitoringa voda u dolini Neretve za vremenski niz 2009.-2018. po skupinama postaja monitoringa površinskih (Skupine 1.-3.) i podzemnih voda (4. skupina)

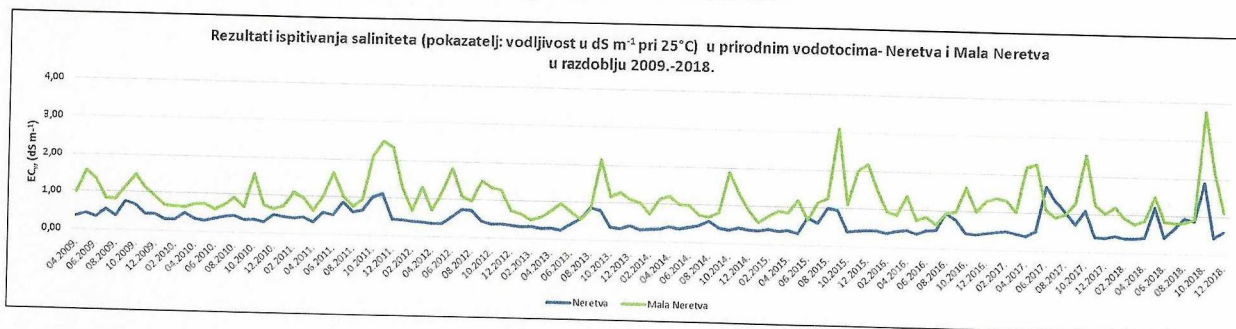
Pokazatelj: $EC_w$ ( $dS\ m^{-1}$ )	1. skupina Prirodni vodotoci	2. skupina Crpne stanice	3. skupina Melioracijski kanali	4. skupina Piezometri
n - broj uzorka	468	468	585	585
Arit. sredina	1,06	4,02	3,63	9,7
Medijan	0,76	3,72	3,0	5,50
Standardna devijacija	0,75	1,47	2,5	10,6
Minimum	0,26	0,71	0,19	0,29
Maksimum	4,83	9,23	20,9	38,9
Koeficijent varijacije	71	37	69	109

## 1. skupina

### Prirodni vodotoci



Vrijednosti električne vodljivosti ( $\text{dS m}^{-1}$ ) u uzorcima površinske vode (1. skupina) u razdoblju 2009-2018. i rezultati analize trenda originalnim M-K testom



<i>Postaja</i>	<i>Početak/ kraj mjerenja</i>	<i>Z</i>	<i>značajnost</i>
Neretva	2010/2018	3,14	**
Mala Neretva	2010/2018	1,66	+

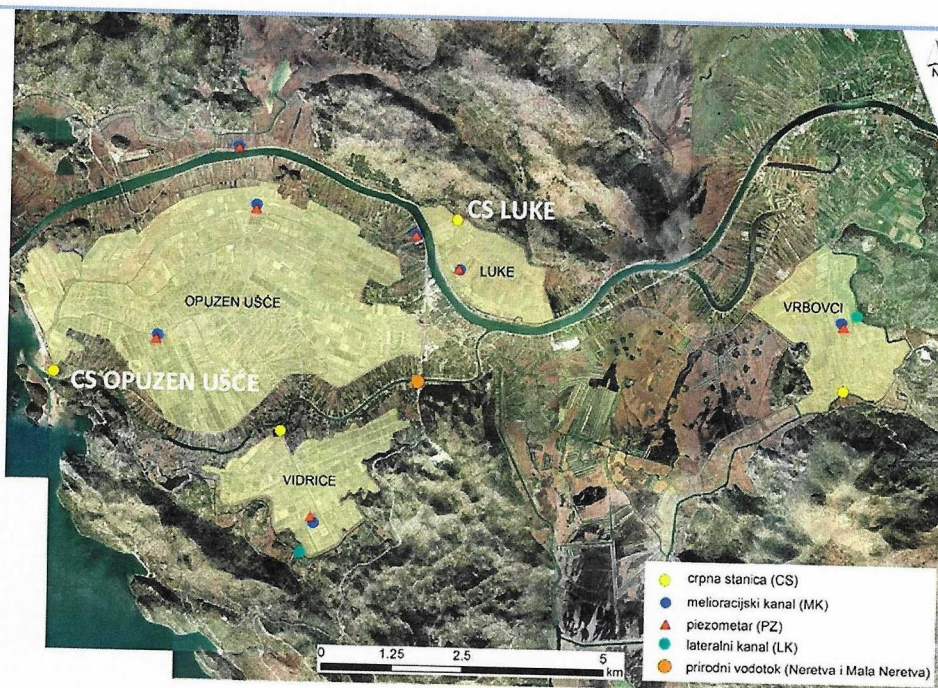
+ = statistički značajan trend pri razini značajnosti 10 %

\*\* = statistički značajan trend pri razini značajnosti 1 %

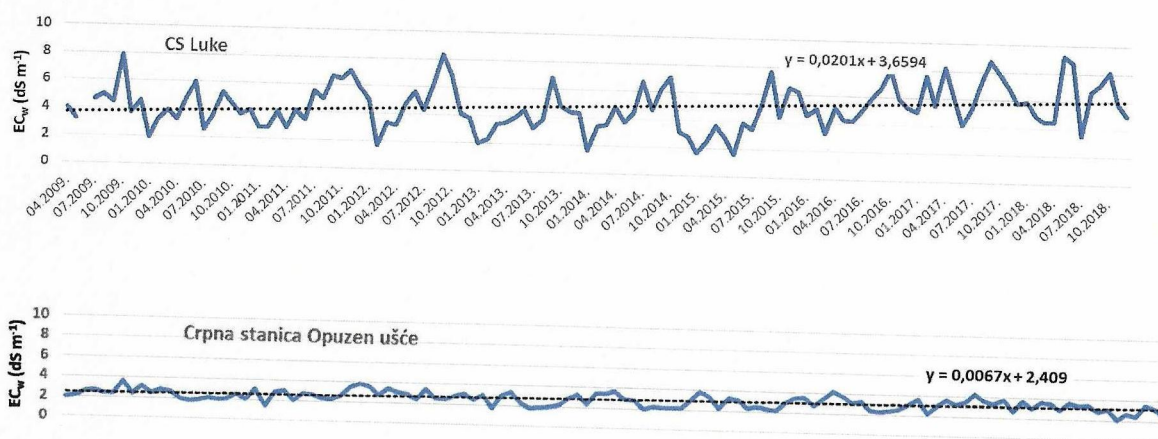


## 2. skupina

### Crpne stanice



Vrijednosti električne vodljivosti ( $\text{dS m}^{-1}$ ) u odabranim/reprezentativnim uzorcima površinske vode crpnih stanica (CS) (2. skupina) u razdoblju 2009-2018. i rezultati analize trenda originalnim M-K testom



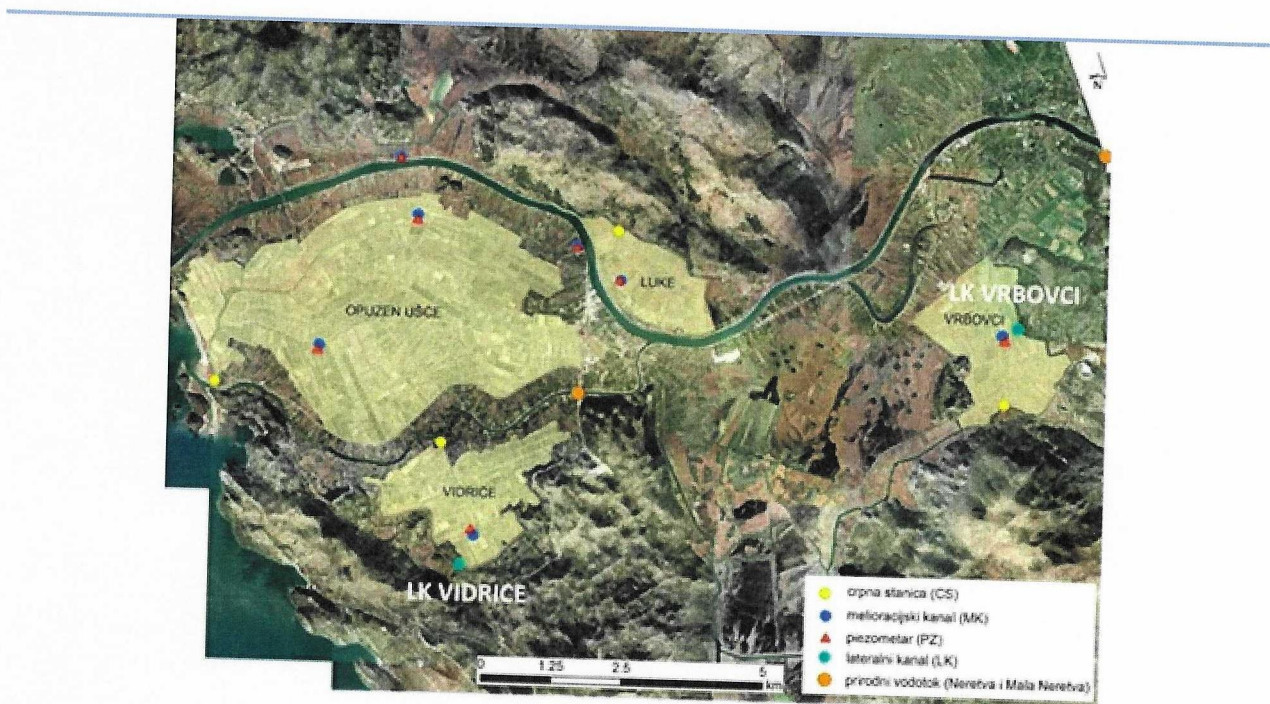


<i>Postaja</i>	<i>Početak/ kraj mjerenja</i>	<i>Z</i>	<i>značajnost</i>
CS Opuzen Ušće	2010/2018	3,02	**
CS Luke	2010/2018	3,98	***

\*\* = statistički značajan trend pri razini značajnosti 1 %  
\*\*\* = statistički značajan trend pri razini značajnosti 0,1 %

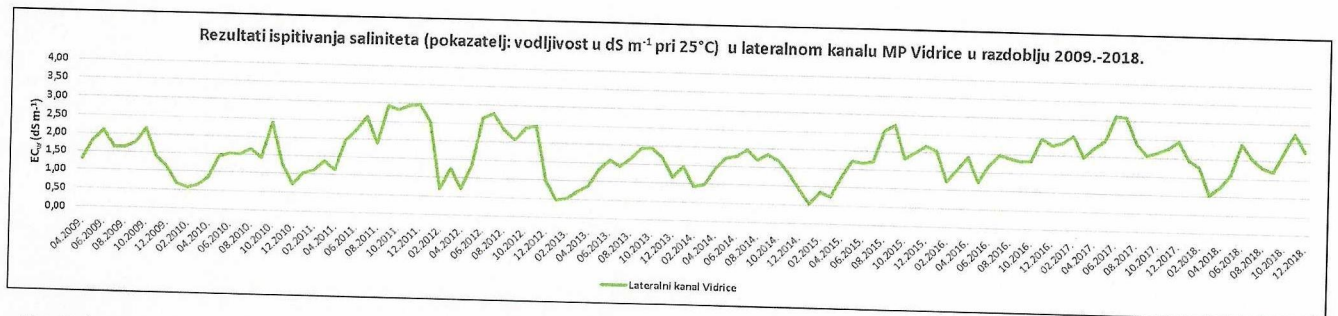
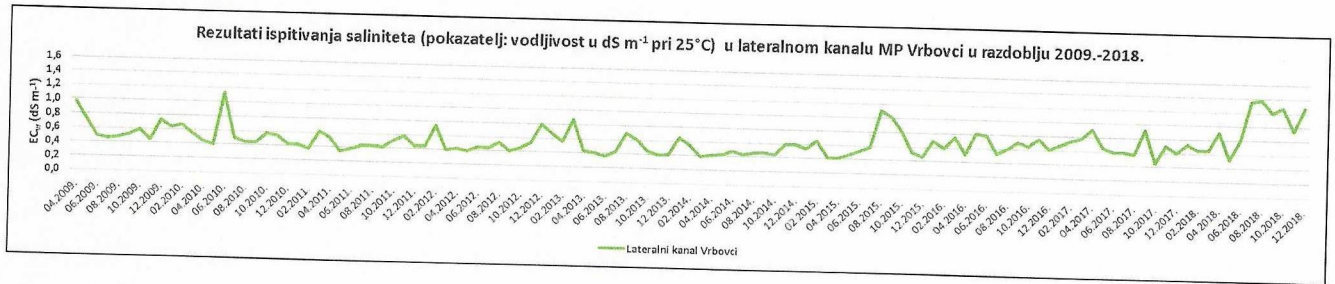
### 3. skupina

#### Melioracijski kanali



Vrijednosti električne vodljivosti ( $dS\ m^{-1}$ ) u uzorcima površinske vode – melioracijski/lateralni kanali (LK) (3. skupina) u razdoblju 2009.-2018. i rezultati analize trenda originalnim M-K testom



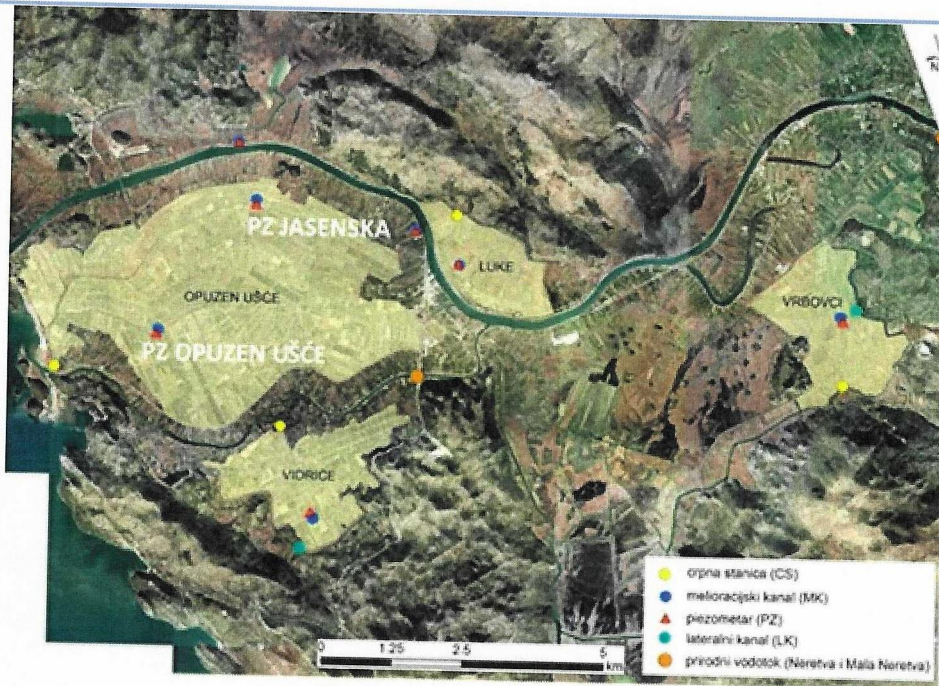


<i>Postaja</i>	<i>Početak/ kraj mjerenja</i>	<i>Z</i>	<i>značajnost</i>
LK Vrbovci	2010/2018	6,64	***
LK Vidrice	2010/2018	2,61	**

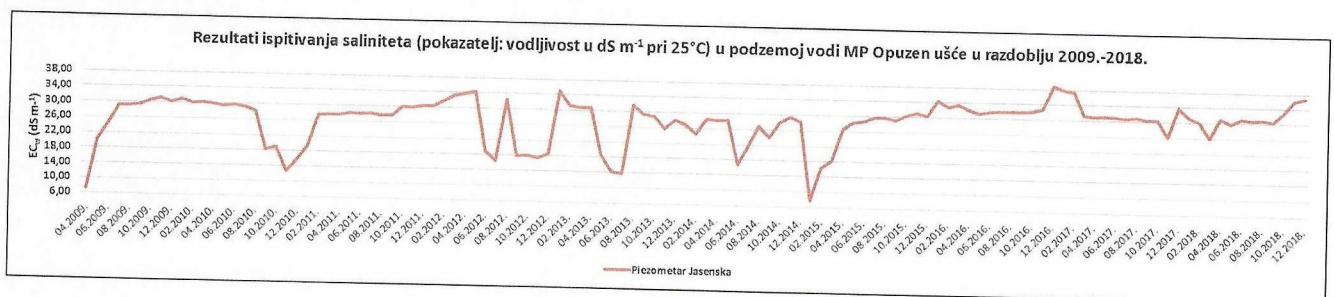
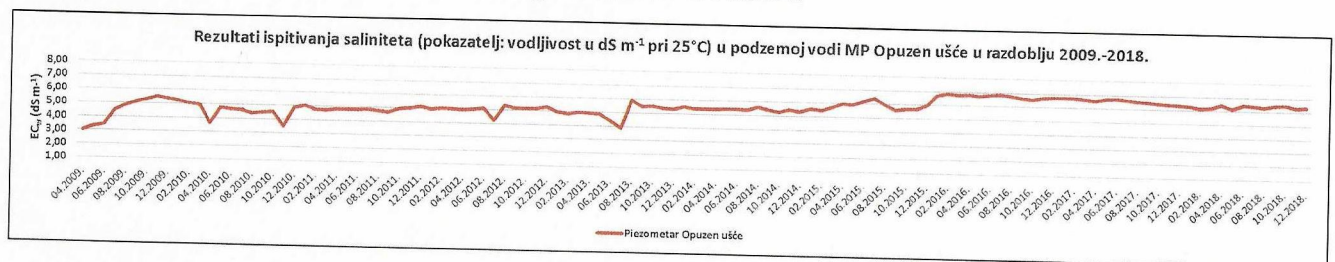
\*\* = statistički značajan trend pri razini značajnosti 1 %

\*\*\* = statistički značajan trend pri razini značajnosti 0,1 %

## 4. skupina podzemne vode



Vrijednosti električne vodljivosti ( $\text{dS m}^{-1}$ ) u uzorcima podzemne vode (4. skupina) u razdoblju 2009-2018. i rezultati analize trenda originalnim M-K testom





<i>Postaja</i>	<i>Početak/ kraj mjerenja</i>	<i>Z</i>	<i>značajnost</i>
Pijezometar Jasenska Opuzen ušće	2010/2018	4,99	***
Pijezometar Opuzen ušće	2010/2018	9,92	***

\*\*\* = statistički značajan trend pri razini značajnosti 0,1 %

Kartiranje zaslanjenosti tala u geografski definiranom području od 5815 ha Donje Neretve provedeno je u sklopu projekta Projekt upravljanja Neretvom i Trebišnjicom (Darovnica br. TF 091967) (Romić i sur., 2010). Statističkom i geostatističkom analizom te kartiranjem utvrđena je velika varijabilnost stupnja zaslanjenosti tala i u horizontalnoj i u vertikalnoj prostornoj dimenziji. Najjače zaslanjivanje tla utvrđeno uz tok Neretve na lokaciji Opuzen-Ušće najbliže moru; sljedeća lokacija povećane zaslanjenosti utvrđena je u blizini Opuzena, na mjestu sužavanja doline.

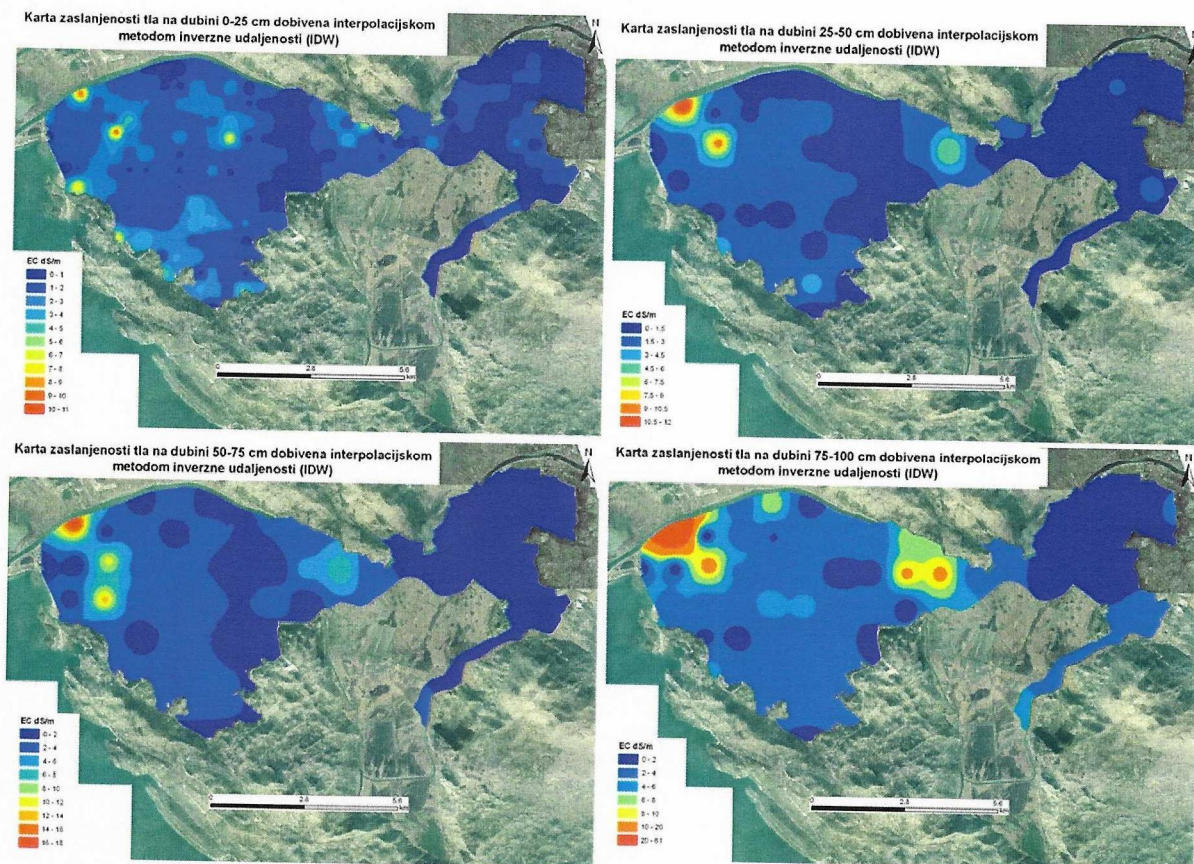
- Od ukupnog broja analiziranih uzorka (245) u površinskom sloju tla od 0 do 25 cm dubine, 58 uzoraka ima vrijednost elektrovodljivosti saturacijskog vodnog ekstrakta tla  $\geq 2$  dS/m, odnosno 24% uzoraka su zaslanjeni.
- Od ukupnog broja analiziranih uzoraka (63) u potpovršinskom sloju tla od 25 do 50 cm dubine, 15 uzoraka ima vrijednost elektrovodljivosti saturacijskog vodnog ekstrakta tla  $\geq 2$  dS/m, odnosno 24% uzoraka su zaslanjeni.
- Od ukupnog broja analiziranih uzoraka (63) u sloju tla dubine od 50 do 75 cm, 29 uzoraka ima vrijednost elektrovodljivosti saturacijskog vodnog ekstrakta tla  $\geq 2$  dS/m, odnosno 46% uzoraka su zaslanjeni.
- Od ukupnog broja analiziranih uzoraka (63) u sloju tla dubine od 75 do 100 cm, 37 uzoraka ima vrijednost elektrovodljivosti saturacijskog vodnog ekstrakta tla  $\geq 2$  dS/m, odnosno 59% uzoraka su zaslanjeni.
- Ukupno 36 pedoloških profila je otvoreno i analizirano u ovom projektu i u prethodnim projektima koji su se bavili sličnom problematikom u istom području (Izrada idejnog

rješenja: Navodnjavanje u Donjoj Neretvi (2007) i Monitoring zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve (2009). Od ukupno broja profila, u njih 12 je utvrđeno zaslanjivanje horizonata, tj. vrijednost elektrovodljivosti saturacijskog vodnog ekstrakta tla  $\geq 2$  dS/m. Važno je naglasiti da su profili otvarani u različitim vremenskim razdobljima. No bez obzira na vremensku promjenjivost procesa zaslanjivanja, navedeni podaci su relevantan pokazatelj vertikalne distribucije zaslanjenosti tala na području Donje Neretve.

Preporučene su tehnološke mjere gospodarenja poljoprivrednim zemljištem u zaslanjenim uvjetima; kad je u pitanju navodnjavanje te ukoliko se pri tome koristi zaslanjena voda, potrebno je primijeniti modificirani način gospodarenja sustavom navodnjavanja: posebnu pozornost treba obratiti na količine i intervale navodnjavanja, vrijeme i količine ispiranja, metode navodnjavanja, te gospodarenje izvorima vode za navodnjavanje različite kakvoće.

U izboru kultura, kao također važnoj mjeri gospodarenja, potrebno je uvažavati različitu tolerantnost biljaka prema visokim koncentracijama soli, bilo u vodi za navodnjavanje ili u tlu; osjetljivost biljaka u pojedinim fenofazama rasta i razvoja je također različita.



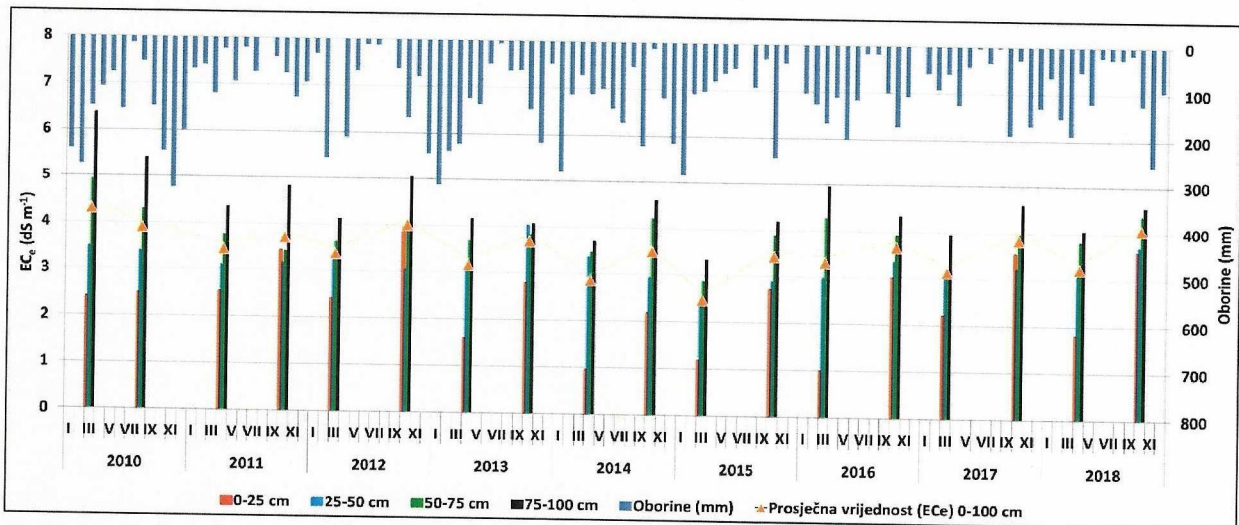


Karte zaslanjenosti tla po dubinama (0-25 cm; 25-50 cm; 50-75 cm; 75-100 cm) na području doline Neretve (Romić i sur., 2010.)

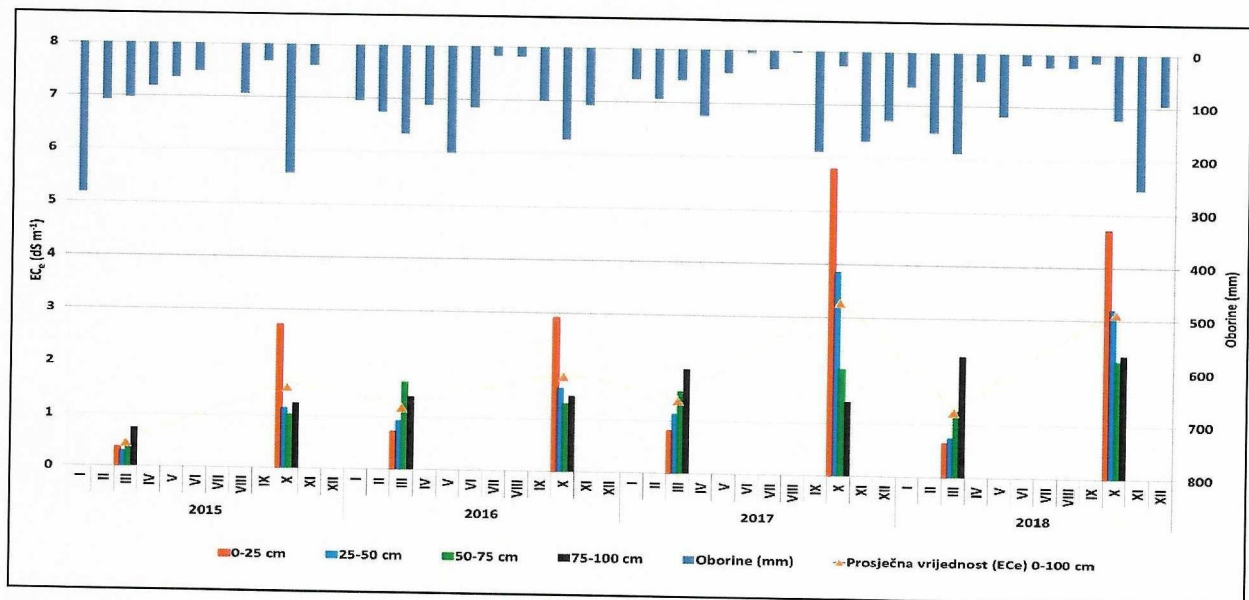
Monitoring zaslanjivanja tla u dolini Neretve se provodi na 7 postaja (P) raspoređenih po meliracijskim jedinicama. Određivanjem stupnja zaslanjenosti tla u razdoblju ožujak/travanj ocjenjuje se sposobnost tla za održavanjem ravnotežnog stanja soli u profilu. Dobiva se uvid o tome jesu li oborine tijekom jesensko-zimskog razdoblja bile dostatne za značajnije ispiranje soli iz profila tla. Osim toga, navedeno razdoblje uzorkovanja poklapa se s početkom sjetve/sadnje najvažnijih kultura na otvorenom, a poznavanje stupnja zaslanjenosti tla u fazi nicanja i ranog porasta biljke izuzetno je važno jer su tada biljke najosjetljivije na povećane koncentracije soli u tlu. Drugo uzorkovanje provodilo se s pomakom od 6 mjeseci, tj. u razdoblju rujn/listopad. Razdoblje je to kojem su prethodile visoke temperature zraka, značajni gubitci vode iz tla



evapotranspiracijom, mala količina oborina i primjena navodnjavanja. Sve navedeno predstavlja veliku prijetnju za akumulaciju soli u tlu pa je tada i očekivan najveći stupanj zaslanjenosti tla. Od postaja tla, najviša prosječna vrijednost  $EC_e$  od  $3,75 \text{ dS m}^{-1}$  utvrđena je na melioracijskom području Vidrice i u ljetnom i u zimskom terminu uzorkovanja. Zaslanjenost tla bila je najviša u zimskom terminu uzorkovanja na melioracijskom području Vidrice.



Promjene  $EC_e$  ( $\text{dS m}^{-1}$ ) u profilu tla na MP Vidrice 2010. – 2018.



Promjene  $EC_e$  ( $\text{dS m}^{-1}$ ) u profilu tla na MP Komin 2015. – 2018.



Od ukupno analiziranih postaja, aritmetička sredina  $EC_w$  u rasponu od  $2 - 10 \text{ dS m}^{-1}$  koji pripada klasi srednje zaslanjenih voda (primarne drenažne voda i podzemne vode) utvrđena je kod tri skupine postaja: crpne stanice, melioracijski kanali i piezometri, dok je utvrđena aritmetička sredina  $EC_w$  prirodnih vodotoka bila u rasponu od  $0,7 - 2 \text{ dS m}^{-1}$  koji pripada klasi malo zaslanjenih voda. Visoki koeficijenti varijabilnosti, utvrđene visoke maksimalne vrijednosti i statistički značajni pozitivni trendovi vrijednosti  $EC_w$  ukazuju na moguće dodatno povišenje  $EC_w$  u površinskim i podzemnim vodama na području doline Neretve. U tom smislu s obzirom na stupanj zaslanjenosti vode, najkritičnije su postaje monitoringa melioracijskih kanala i podzemnih voda. Od uspostavljenih 7 postaja monitoringa tla, tlo je zaslanjeno na 5 postaja, a najveća opasnost zaslanjivanju i posljedicama koje za sobom to povlači za poljoprivrednu proizvodnju izražene su na melioracijskom području Vidrice. Upozoravajuća je činjenica da je tlo na svim postajama monitoringa u razdoblju od 2009-2018. bilo slabo do umjereno zaslanjeno sa zabilježenim maksimalnim vrijednostima  $EC_e$  višim od  $2 \text{ dS m}^{-1}$ .

## 2. EKSPLOATACIJA PRIOBALNIH VODONOSNIKA

Dubrovačko-neretvanska županija ima značajan vodeni potencijal koji se koristi u vodoopskrbne svrhe, a prema načinu pojavljivanja može se podijeliti na izvorske vode i izvore podzemne vode. Na pilot području nalazi se ukupno 5 izvora koji se koriste za vodoopskrbu, od kojih su 3 smješteni unutar Dubrovačko-neretvanske županije. Unutar Županije nalaze se izvori Prud, Klokun i Modro Oko, dok se izvor Butina nalazi u krškom polju jugoistočno od grada Vrgorca u Splitsko-dalmatinskoj županiji, a izvor Doljani nalazi se oko 2 km istočno od grada Metkovića u Donjoj Hercegovini (BiH).

Sezonska varijabilnost je tipična za obalne vodonosnike. Zbog značajnog povećanja broja korisnika tijekom turističke sezone, povećano je i zahvaćanje vode, u prosjeku najmanje 2 puta u odnosu na zimsko razdoblje. Ova je situacija slična na ostalim spomenutim izvorima. Takva sezonska varijabilnost je još očitija na izvorima unutar PILOT PODRUČJA zbog povećanja potražnje vode u svrhu poljoprivredne proizvodnje praktički u istom razdoblju.

Temeljem svega je jasno da treba intenzivirati aktivnosti na izgradnji pouzdanog i upravljivog vodnog sustava koji podrazumijeva izgradnju što je više moguće akumulacijskog prostora, vodeći pri tome računa o podzemnim vodama kao važnom resursu, a koji bi u smislu integralnog upravljanja vodnim resursima trebao prvenstveno služiti vodoopskrbi i pričuvi za navodnjavanje.



### 3. REFERENCE

- Hrvatske vode, 2020. Izvješće o stanju podzemnih voda u 2019. godini
- Jakelić, Z., Čelan, Z., Mimica, Koščina, Z., Vego, G., Kordek, S., Vuić Graffius, V., Sedinić, D., Rudež, Z., Klobučar, N., Šećer, N., Štambuk-Giljanović, N., Goić, S., 2009. VODOOPSKRBNI PLAN DUBROVAČKO-NERETVANSKE ŽUPANIJE, Institut IGH d.d. i HIDROING d.o.o., Split
- Romić, D.; Romić, M.; Zovko, M.; Bubalo, M.; Ondrašek, G.; Husnjak, S., Stričević, I.; Maurović, N.; Bakić, H.; Matijević, L.; Vranješ, M. (2019). Petogodišnje izvješće (2014-2018) monitoringa zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve. Hrvatske vode.
- Romić, Davor; Castrignanò, Annamaria; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika (2020). Modelling spatial and temporal variability of water quality from different monitoring stations using mixed effects model theory // Science of The Total Environment, 704, 1-10  
doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135875
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan ; Romić, Marija ; Ondrašek, Gabrijel ; Zovko, Monika (2010). Stupanj zaslanjenosti i održivo korištenje tala Donje Neretve (Level of salinity and sustainable use of soil in the Lower Neretva region). World Bank - Neretva and Trebišnjica Management Project Grant No. TF 091967. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan; Mesić, Milan; Salajpal, Krešimir; Barić, Klara; Poljak, Milan; Romić, Marija; Konjačić, Miljenko; Vnućec, Ivan; Bakić, Helena et al. (2014). Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Naručitelj: Hrvatske vode

- Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Maurović, Nada; Vranješ, Mijo; Srzić, Veljko (2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015) Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Romić, Marija; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Husnjak, Stjepan, Stričević, Ivo; Maurović, Nada; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Vranješ, Mijo (2014). Petogodišnje izvješće (2009-2013) monitoringa zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Zovko, Monika; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Bakić Begić, Helena; Romić, Marija (2019). Procesi, dinamika i trend zaslanjivanja voda i tla u poljoprivrednom području doline Neretve // Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode Zbornik radova / Biondić, Danko ; Holjević, Danko ; Vizner, Marija (ur.). Zagreb: Hrvatske vode,. str. 783-791
- Zovko, Monika; Romić, Davor; Colombo, Claudio; Di Iorio, Erica; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Castrignanò, Annamaria (2018). A geostatistical Vis-NIR spectroscopy index to assess the incipient soil salinization in the Neretva River valley, Croatia // Geoderma, 332, 60-72 doi:10.1016/j.geoderma.2018.07.005
- Zovko, Monika; Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel (2013). Soil and Water Management for Sustained Agriculture in Alluvial Plains and Flood Plains Exposed to Salinity: A Case of Neretva River Valley // Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress / Ahmad, Parvaiz ; Azoos, M.M. ; Prasad, M.N.V. (ur.).New York: Springer, str. 473-494



## D.5.1.2 Najbolje prakse



1506  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO



COMUNE  
DI FANO



## Kontrolni List Dokumenta

Broj projekta:	10048765
Akronim projekta	ASTERIS
Naziv projekta	Adaptation to Saltwater inTrusion in sEa level RIse Scenarios
Početak projekta	Siječanj 2019
Trajanje	24 mjeseca

Povezana aktivnost:	Najbolje prakse
Naziv isporuke:	Identifikacija i analiza prioriternih pitanja s obzirom na rizike zaslanjivanja
Tip isporuke	Izvješće
Jezik	Hrvatski
Naslov radnog paketa	Planiranje prilagodbe
Broj radnog paketa	5
Voditelj radnog paketa	

Status	
Autor (i)	
Verzija	
Rok isporuke	
Datum dostave	



**NARUČITELJ:**

**HRVATSKE VODE**

PRAVNA OSOBA ZA UPRAVLJANJE VODAMA

10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

**IZVRŠITELJ:**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**AGRONOMSKI FAKULTET**

Zavod za melioracije

prof.dr.sc. Davor Romić

doc.dr.sc. Monika Zovko

prof.dr.sc. Marija Romić

prof.dr.sc. Gabrijel Ondrašek

dr.sc. Marina Bubalo Kovačić

dr.sc. Helena Bakić Begić

Marko Reljić, mag.ing.agr.

Dekan



  
Prof. dr. sc. Zoran Grgić

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	NAJBOLJE PRAKE ZA SMANJENJE MIJEŠANJA SLATKE I SLANE VODE.....	2
2.1.	FIZIČKA BARIJERA NA RIJECI NERETVI .....	2
3.	NAJBOLJE PRAKSE ZA POVEĆANJE ZNANJA O ZASLANJIVANJU VODONOSNIKA.....	5
4.	NAJBOLJE PRAKSE ZA NEDOSTATAK PLANIRANJA U URBANIM I RURALNIM PODRUČJIMA .....	6
4.1.	UPRAVLJANJE INFRASTRUKTUROM .....	7
4.2.	RURALNA PODRUČJA I POLJOPRIVREDA.....	7
5.	REFERENCE.....	11



# 1. UVOD

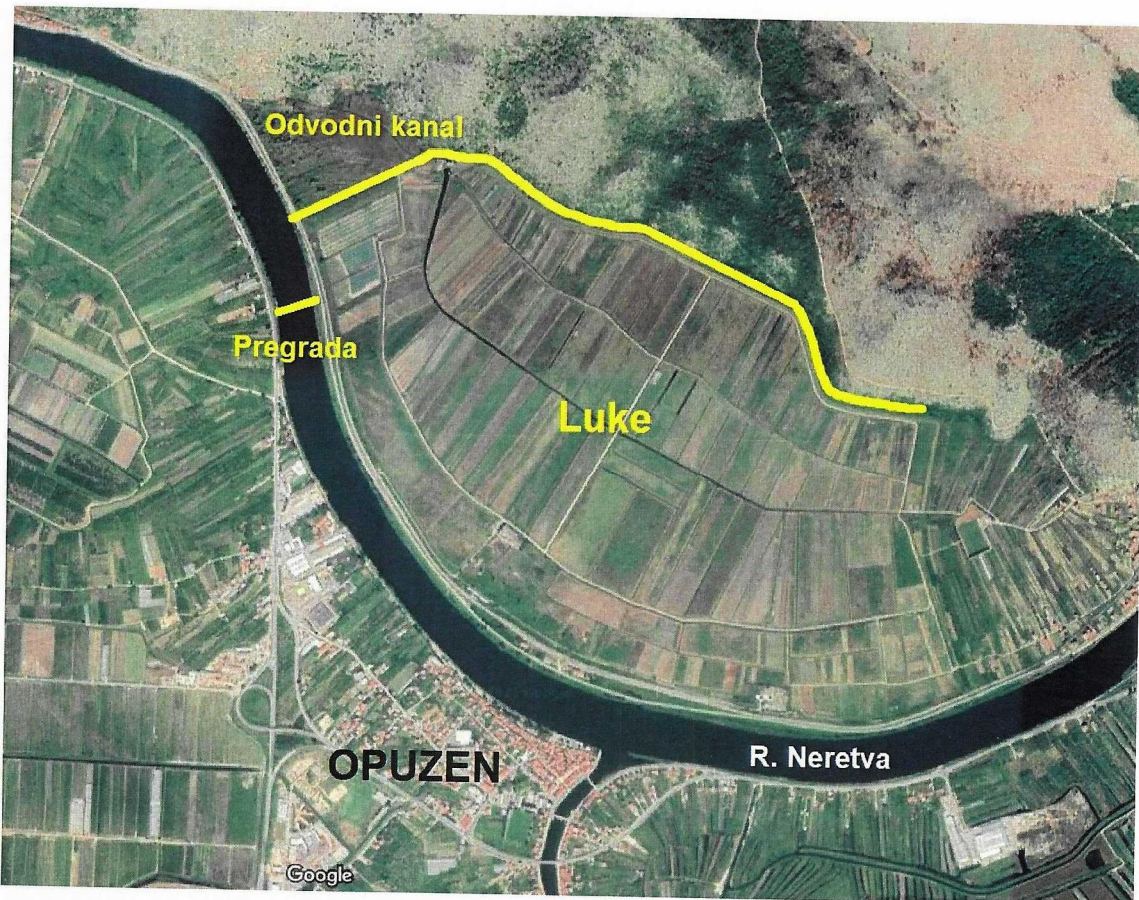
Projekt ASTERIS (eng. Adaptation to Saltwater inTrusion in sEa level RIse Scenarios) odobren je u sklopu Programa prekogranične suradnje INTERREG V-A Italija-Hrvatska 2014.-2020, prioriteta 2, mjere 2.1. Cilj projekta je, temeljem zajedničke procjene prostorne i vremenske varijabilnosti prodora morske vode, identificirati i kartirati potrebe i prepreke u upravljanju rizicima zaslanjenja vode te pružiti praktične alate za održivo upravljanje obalnih vodonosnika na lokalnoj razini. Da bi se postigao taj cilj, odabrana su tri kritična i reprezentativna područja za realizaciju specifičnih studija slučaja: regija Emilia-Romagna (općina Ravenna, Italija), regija Marche (općina Fano, Italija) i Dubrovačko-neretvanska županija (područje delte Neretve u daljnjem tekstu PILOT PODRUČJE). Projekt se sastoji od pet radnih paketa, a u ovom elaboratu daje se pregled provedenih istraživanja u sklopu radnog paketa br. 5. „(dalje u tekstu RP 5.). Ciljevi RP 5. su definiranje dobre prakse u upravljanju i ublažavanju rizika od prodora soli; definiranje smjernica za mjere prilagodbe; prijedlog planova mjera prilagodbe na lokalnoj razini.

## 2. NAJBOLJE PRAKE ZA SMANJENJE MIJEŠANJA SLATKE I SLANE VODE

### 2.1. FIZIČKA BARIJERA NA RIJECI NERETVI

Provedenim višegodišnjim istraživanjima intruzije mora u područje donje Neretve (Vranješ i sur., 1996-2004; Romić i Vranješ, 2009) utvrđeno je da se u rijeci Neretvi javlja uslojeno stanje svježe vode koja teče iznad morske vode te da se razdjelnica ovih slojeva pomiče ovisno o dotoku s uzvodnog dijela (Vranješ i Romić, 2011). Tako je u zimskom i proljetnom razdoblju more vrlo nisko u koritu, dok je u ljetnom (sušnom) razdoblju kad je protok manji ( $70-100 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ono blizu površine i ulazi u rijeku uzvodno sve do Metkovića. Protok koji premašuje  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  potpuno istiskuje more iz rijeke Neretve (Vranješ i Romić, 2011). Jedno od mogućih rješenja u sprječavanju prodora klina zaslanjene vode iz nizvodnog toga u uzvodni tok Neretve je izgradnja fizičke barijere, odnosno mobilne pregrade. Pregrada bi se koristila u periodu kada je prodor mora najizraženiji što se poklapa s periodom navodnjavanja poljoprivrednih kultura u doline rijeke Neretve (V – IX mjesec), dok bi u ostalom dijelu godine bila spuštana na dno korita rijeke. Od nekoliko potencijalnih lokacija izabrana je lokacija oko 2 km nizvodno od grada Opuzena, a uzvodno od odvodnog kanala područja Luke (Vranješ i Romić, 2011) (Slika 1).





**Slika 1.** Mobilna pregrada nizvodno od Opuzena

Pregrada je konstruirana kao potopljena brana duljine 100 m, a sastoji se od betonske konstrukcije i na nju zglobno vezanih klapni. Podizanjem klapni podizat će se i nivo vodnog lica uzvodno od pregrade za 60 cm (Erceg i sur., 2016.). U unutrašnjost mobilne klapne regulirano se upuhuje ili ispušta zrak, uspostavljajući tako odgovarajuće odnose težine klapne, hidrauličkih i uzgonskih sila. Na taj će se način postizati potreban položaj klapne, ovisno o protoku Neretve (slika 2).







### 3. NAJBOLJE PRAKSE ZA POVEANJE ZNANJA O ZASLANJIVANJU VODONOSNIKA

Uspostava sustava praćenja (monitoringa) neophodna je za postizanje znanja koja će omogućiti pravodobno donošenje odluka. Monitoring stanja okoliša od iznimnog je značaja za dolinu rijeke Neretve zbog različitosti ekoloških zona koje se izmjenjuju u prostoru, koje su različitog načina i/ili intenziteta korištenja, a općenito su jako osjetljive na učinke klimatskih promjena. Iako postoje uspostavljeni sustavi nadzornog, operativnog i istraživačkog monitoringa kojima se prikupljaju vrijedni podaci o stanju tla i voda na području doline rijeke Neretve, važna je uspostava kontinuiranog nadzora i operativnog planiranja u stvarnom vremenu u slučaju prekoračenja graničnih vrijednosti prodora soli u obalnim područjima. Stoga je i važno raditi na uspostavi automatskog sustava praćenja:

- klimatskih parametara,
- hidroloških parametara (brzine, protoka i vodostaja u kanalima)
- pokazatelja kakvoće podzemnih i površinskih voda
- zaslanjenosti tla (in situ monitoring, ali i primjena novih tehnika monitoringa kao što su proksimalna i daljinska snimanja)

Uz uspostavljene sustave praćenja neophodna je integracija podataka o način korištenja zemljišta te primjena naprednih statističkih i geostatističkih metoda/ modela kojima će se

- i) pouzdano kvantificirati dominantni utjecaji,
- ii) omogućiti donošenje relevantnih zaključaka o djelovanju zaslanjivanja na poljoprivrednu proizvodnju;
- iii) omogućiti razvoj hijerarhijski organizirane informativno-edukacijske platforme s domenama korištenja u znanstvene svrhe, zatim za korisnike koji u zakonskom

području upravljaju resursima te u konačnici za poljoprivredne proizvođače.

## 4. NAJBOLJE PRAKSE ZA NEDOSTATAK PLANIRANJA U URBANIM I RURALNIM PODRUČJIMA

Podzemne su vode krških područja zbog velike prirodne ranjivosti krških sustava te brzog unosa i pronosa onečišćenja potencijalno stalno ugrožene. Još jedan od problema krških vodonosnika je i količinska nestabilnost koja je vezana za duža sušna ljetna razdoblja i slabe retencijske sposobnosti (Samokovlija Dragičević, 2007.). Izvorišta pitke vode koja se koriste ili su rezervirana za javnu vodoopskrbu trebaju se zaštititi od onečišćenja, slučajnog ili namjernog onečišćenja te svih drugih utjecaja koji mogu nepovoljno djelovati na ispravnost vode i njezinu izdašnost (Samokovlija Dragičević, 2007). Postojeća se zaštita voda temelji na Zakonu o vodama (NN 66/19) i Pravilniku o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 66/11, NN 47/13), a mjere zaštite i očuvanja količinskog stanja treba temeljiti na:

- Uspostavi zaštitnih zona
- Razvoju odgovarajućih prostornih planova
- Racionalnoj uporabi vode iz krških vodonosnika
- Uspostavi sustava motrenja



## 4.1. UPRAVLJANJE INFRASTRUKTUROM

Kako bi se uspješno provodile mjere prilagodbe nužno je upravljanje cijelom infrastrukturom što uključuje:

- Održavanja i po potrebi obnovu postojećih hidrotehničkih objekata (crpnih stanica, melioracijskih kanala,...)
- Izgradnju novih hidrotehničkih objekata

Obzirom da je rijeka Neretva najveće prekogranično vodno tijelo s više od 90 % sliva u susjednoj Bosni i Hercegovini, ovdje se ističe i važnost prekogranični utjecaj klimatskih promjena, kao i utjecaj kombiniranih antropogenih pritisaka uslijed promjena prirodnog režima otjecanja u slivu. Stoga je na hrvatskoj strani na tom području nužno provoditi planiranje novih zahvata, kao i mjera za prilagodbu klimatskim promjenama, a vodeći računa o sve snažnije rastućim prekograničnim utjecajima.

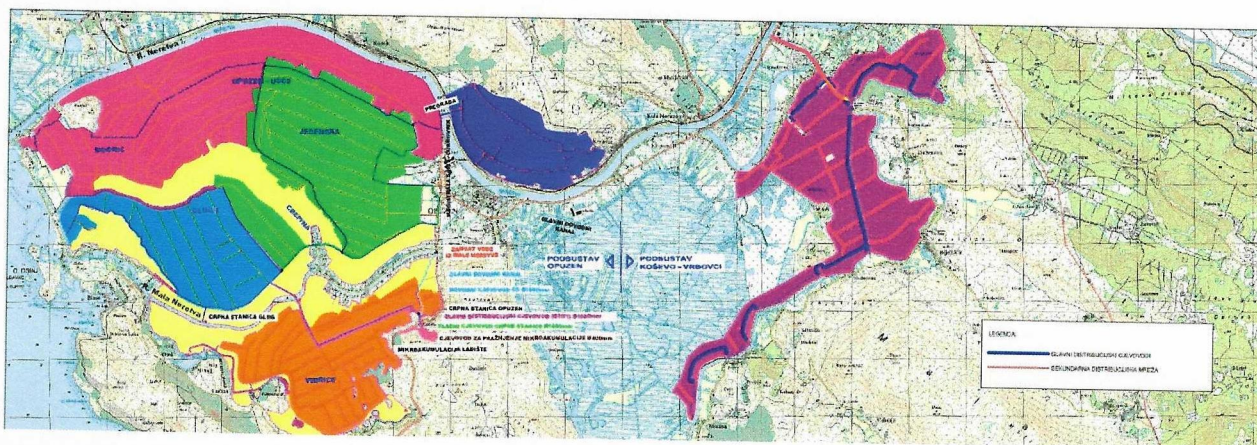
## 4.2. RURALNA PODRUČJA I POLJOPRIVREDA

Korištenje podzemnih izvorišta uglavnom je rezervirano za ljudsku potrošnju, a kao izvor vode za navodnjavanje primarno se koriste otvoreni vodotoci. Nacionalnim projektom navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem (NAPNAV) (Romić, Marušić i sur., 2005.), Donja Neretva izabrana je kao jedan od četiri Nacionalna pilot projekata navodnjavanja. Donju Neretvu karakterizira intenzivna poljoprivredna voćarska i povrćarska proizvodnja uz visoke zahtjeve za kvalitetnom vodom, ali uz sve značajnije probleme prodora soli i procese

zaslanjivanja vode i tla. Sustav navodnjavanja Donja Neretva obuhvaća dva podsustava, podsustav Opuzen i podsustav Koševo-Vrbovci (slika 3).

Podsustav Opuzen obuhvaća područja Vidrice, Opuzen Ušće i Luke ukupne bruto površine 2 769 ha (neto 2 199 ha), a ukupna količina vodu koju je potrebno osigurati uz usvojeno 20-satno vrijeme dnevnog navodnjavanja svih površina u sušnoj godini iznosi 1 746 l/s.

Podsustav je definiran s crpnom stanicom (CS) Opuzen kao centralnim objektom, zahvatom iz Male Neretve, mikroakumulacijom (MA) Ladište u koju se crpe sve vode za potrebe navodnjavanja i tlačnom distribucijom mrežom u koju se gravitacijski dovode vode iz mikroakumulacije

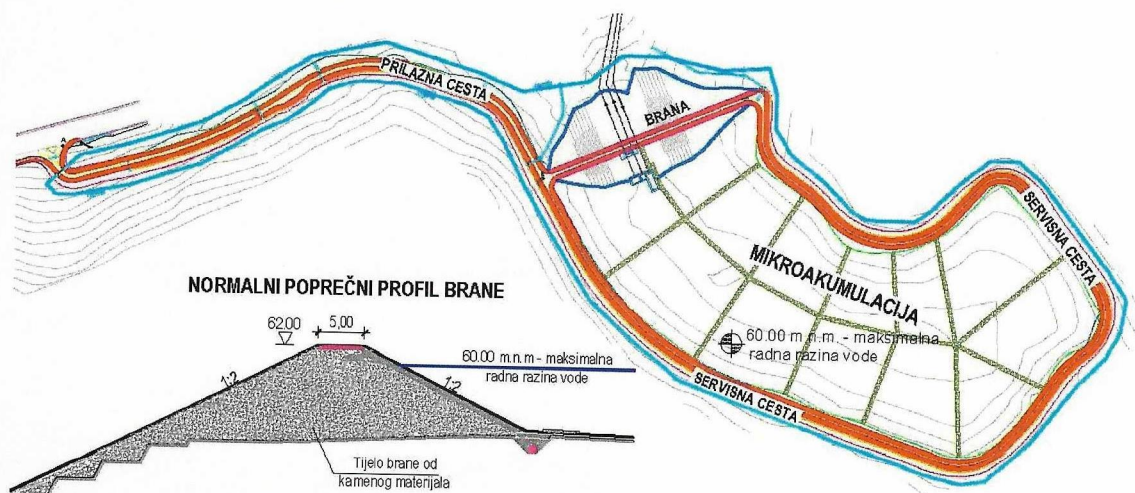


**Slika 3.** Podsustavi Opuzen i Koševo-Vrbovci

Crpna stanica dimenzionirana je na način da može napuniti MA Ladište radom u vremenu povoljne tarife za potrošnju električne energije (10-satni noćni rad), a ukupni instalirani kapacitet je 2 400 l/s. Dovodni sustav osigurava maksimalni protok od  $Q = 3\,100$  l/s.

Mikroakumulacija Ladište osigurava ukupne potrebe za vodom za navodnjavanje, a korisna zapremina akumulacije iznosi oko  $100\,000\text{ m}^3$  (slika 4). Sastavni dio podsustava Opuzen čini i prije spomenuta mobilna pregrada u cilju sprečavanja klina zaslanjene vode iz nizvodnog u uzvodni tok Neretve.





**Slika 4.** Podsustav Opuzen – mikroakumulacija Ladište

Podsustav Koševo-Vrbovci prostire se na 707 ha bruto ukupne poljoprivredne površine (neto 595 ha), a obuhvaća područja Koševo, Vrbovci, Mislina i grad Metković. Ukupna količina vode koju je potrebno osigurati uz usvojeno 18-satno vrijeme dnevnog navodnjavanja svih površina u sušnoj godini iznosi 673,5 l/s. Podsustav obuhvaća CS Koševo-Vrbovci kao centralni objekt, zahvat vode iz glavnog dovodnog kanala ili iz rijeke Neretve i tlačnu distribucijsku mrežu. Planirani zahvati će obuhvatiti ukupno 3 476 ha bruto, odnosno 2 794 ha neto poljoprivrednih površina. Također, gradnjom mobilne pregrade na rijeci Neretvi i stvaranjem slatkovodnog bazena uzvodno od iste, kvalitetna voda za navodnjavanje postat će dostupna velikom broju poljoprivrednih proizvođača.

Pored izgradnje planiranih sustava navodnjavanja kojima će se kvalitetna voda za navodnjavanje dovesti do krajnjih korisnika, tj. njihovih poljoprivrednih površina, nužna je i implementacija naprednih tehnologija i sustava lokaliziranog navodnjavanja na samim poljoprivrednim površinama (minirasprskivači, kapanje). Napredne tehnologije mogu uključivati i praćenje stanja vlažnosti tla pomoću senzora koji postaju sve pristupačniji te njihovog povezivanja sa sustavom za navodnjavanje u koje je moguće implementirati i senzore za praćenje električne vodljivosti vode koja se koristi.

Također, mjere prilagode uključuju i sadnju/sjetvu vrsta i kultivira otpornijih na povišen sadržaj soli u tlu, ali i korištenje međupodloge i mikorizacije citrusa koji su jedna od dominantnih kultura uzgajanih u dolini rijeke Neretve.



## 5. REFERENCE

- Erceg, J., Brzović, S., Strinić, R. (2016.). NACIONALNI PILOT PROJEKT NAVODNJAVANJA DONJA NERETVA
- Pravilniku o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 66/11, NN 47/13)
- Romić, D., Marušić, J. i sur. (2005). Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj
- Romić, D., Vranješ, M. (2009). *Monitoring zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve (Izvešće za 2009.)*, studija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu
- Samokovlija Dragičević, J. (2007). REZERVE I KAKVOĆE PODZEMNIH VODA U HRVATSKOJ, Građevinar 59 (2007) 10
- Vranješ, M. i sur.(1996 do 2004). Zaštita od zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, razvojno-istraživački projekt (Hrvatske vode), Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu
- Vranješ, M., Romić, D. (2011). PREGRAĐIVANJE RIJEKE NERETVE, 5. hrvatska konferencija o vodama, Opatija
- Zakonu o vodama (NN 66/19)
- Romić, Davor; Castrignanò, Annamaria; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika (2020). Modelling spatial and temporal variability of water quality from different monitoring stations using mixed effects model theory // Science of The Total Environment, 704, 1-10  
doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135875

- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan ; Romić, Marija ; Ondrašek, Gabrijel ; Zovko, Monika (2010). Stupanj zaslanjenosti i održivo korištenje tala Donje Neretve (Level of salinity and sustainable use of soil in the Lower Neretva region). World Bank - Neretva and Trebišnjica Management Project Grant No. TF 091967. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan; Mesić, Milan; Salajpal, Krešimir; Barić, Klara; Poljak, Milan; Romić, Marija; Konjačić, Miljenko; Vnućec, Ivan; Bakić, Helena et al. (2014). Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Maurović, Nada; Vranješ, Mijo; Srzić, Veljko (2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015) Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Romić, Marija; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Husnjak, Stjepan, Stričević, Ivo; Maurović, Nada; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Vranješ, Mijo (2014). Petogodišnje izvješće (2009-2013) monitoringa zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Zovko, Monika; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Bakić Begić, Helena; Romić, Marija (2019). Proces, dinamika i trend zaslanjivanja voda i tla u poljoprivrednom području doline Neretve // Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode Zbornik radova / Biondić, Danko ; Holjević, Danko ; Vizner, Marija (ur.). Zagreb: Hrvatske vode,. str. 783-791
- Zovko, Monika; Romić, Davor; Colombo, Claudio; Di Iorio, Erica; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Castrignanò, Annamaria (2018). A geostatistical Vis-NIR spectroscopy index to assess the incipient soil salinization in the Neretva River valley,



Croatia // Geoderma, 332, 60-72 doi:10.1016/j.geoderma.2018.07.005

- Zovko, Monika; Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel (2013). Soil and Water Management for Sustained Agriculture in Alluvial Plains and Flood Plains Exposed to Salinity: A Case of Neretva River Valley // Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress / Ahmad, Parvaiz ; Azoos, M.M. ; Prasad, M.N.V. (ur.).New York: Springer, str. 473-494

# D.5.2.2 Definiranje smjernica za planiranje mjera prilagodbe na regionalnoj razini



1506  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO



COMUNE  
DI FANO



INSTITUT ZA JADRANSKE KULTURE  
I MELIORACIJU KRŠA SPLIT



METRIS  
UŠTANOVA  
CENTAR ZA ISTRAŽIVANJE MATERIJALA  
ISTARSKE ŽUPANIJE



HRVATSKE VODE



## Kontrolni List Dokumenta

<b>Broj projekta:</b>	10048765
<b>Akronim projekta</b>	ASTERIS
<b>Naziv projekta</b>	Adaptation to Saltwater inTrusion in sEa level RIse Scenarios
<b>Početak projekta</b>	Siječanj 2019
<b>Trajanje</b>	24 mjeseca

<b>Povezana aktivnost:</b>	Definiranje smjernica za mjere prilagodbe na regionalnoj razini
<b>Naziv isporuke:</b>	Izrada smjernica za planiranje mjera prilagodbe
<b>Tip isporuke</b>	Izvješće
<b>Jezik</b>	Hrvatski
<b>Naslov radnog paketa</b>	Planiranje prilagodbe
<b>Broj radnog paketa</b>	5
<b>Voditelj radnog paketa</b>	

<b>Status</b>	
<b>Autor (i)</b>	
<b>Verzija</b>	
<b>Rok isporuke</b>	
<b>Datum dostave</b>	

**NARUČITELJ:**

**HRVATSKE VODE**

PRAVNA OSOBA ZA UPRAVLJANJE VODAMA

10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

**IZVRŠITELJ:**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**AGRONOMSKI FAKULTET**

Zavod za melioracije

prof.dr.sc. Davor Romić

doc.dr.sc. Monika Zovko

prof.dr.sc. Marija Romić

prof.dr.sc. Gabrijel Ondrašek

dr.sc. Marina Bubalo Kovačić

dr.sc. Helena Bakić Begić

Marko Reljić, mag.ing.agr.

Dekan



  
Prof. dr. sc. Zoran Grgić



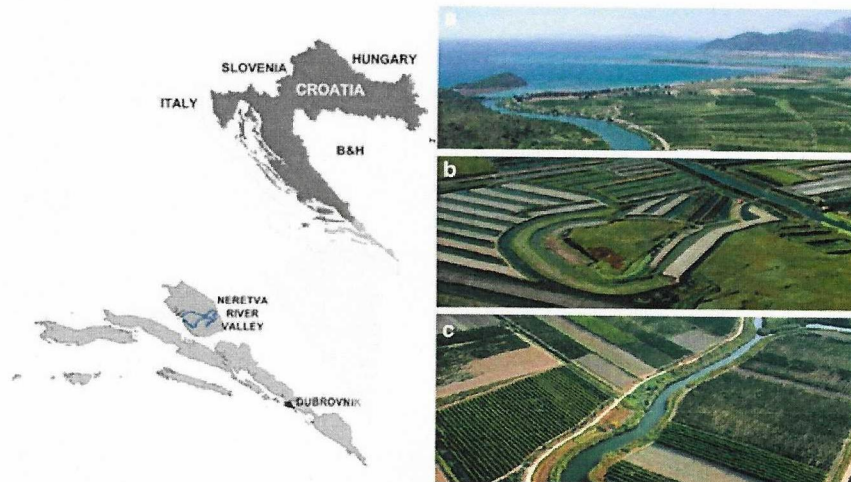
# SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	UPRAVLJANJE OBALNIM VODONOSNICIMA I UKLJUČENI DIONICI .....	3
3.	POTREBA ZA PLANOM MJERA PRILAGODBE .....	5
3.1.	INTRUZIJA SOLI U PILOT PODRUČJU.....	7
3.2.	BUDUĆI SCENARIJI PODIZANJA RAZINE MORA .....	9
4.	MOGUĆNOSTI PRILAGODBE U PILOT PODRUČJU .....	10
5.	REFERENCE .....	13

# 1. UVOD

Aluvijalna dolina Neretve je na samom ušću opsežnim hidrotehničkim i agromelioracijskim zahvatima u povijesti velikim dijelom pretvorena u poljoprivredne površine polderskog tipa. To znači da se unutar poldera razina podzemne vode održava sustavima crpnih stanica, čijim se radom sprječava plavljenje proizvodnih parcela. Sustav hidrauličkog transporta vode unutar poldera sastoji se od mreže drenažnih kanala, crpnih stanica i ustava kojim se voda iz područja drenira i izliva u more. Višak vode koji se drenira iz poldera potječe prvenstveno od oborina, a može biti reducirana evapotranspiracijom i vertikalnim procjeđivanjem. Hidrogeološka struktura aluvijalne doline Neretve u takvim je uvjetima vrlo složena te uvjetuje kompleksne procese kretanja vode. Zbog neposredne blizine mora i okršenih vapnenačkih stijena vodonosnika rijeke, prodor morske vode u dolinu Neretve je vrlo izražen i do nekoliko 10-taka km. Posljedica toga su povremeno ili trajno zaslanjeni izvori vode koji se koriste za navodnjavanje, a što može imati brojne negativne posljedice za agrobiocenozu delte. Količina i raspored oborina vrlo su važni čimbenici hidrologije područja, ali i intenziteta pronosa soli i onečišćenja unutar sustava.





**Slika 1.** Geografski položaj pilot područja i panoramski prikaz:  
a Delte rijeke Neretve;  
b poldera;  
c površine na fluvijalnim terasama uz vodotok

## 2. UPRAVLJANJE OBALNIM VODONOSNICIMA I UKLJUČENI DIONICI

Direktiva 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (Okvirna direktiva o vodama) te Zakon o vodama (NN 66/19) definiraju podzemne vode kao sve vode ispod površine tla u zoni zasićenja i u izravnom dodiru s površinom tla ili podzemnim slojem. Podzemne vode u Hrvatskoj grupirane su u tzv. cjeline podzemnih voda. Inicijalna karakterizacija provedena je u razdoblju od 2005. do 2006. godine za područje Jadranskog sliva (Brkić i sur., 2006) i Crnomorskog sliva (Brkić i sur., 2005). Osnova za izdvajanje cjelina podzemnih voda je bila analiza geološke građe terena, poroznosti, geokemijskog sastava, hidrogeoloških karakteristika, geomorfoloških pojava, smjerova i brzine toka podzemnih voda, izdašnosti izvora i zdenaca, napajanja podzemnih voda, odnosa s površinskim tokovima te položaj cjelina podzemnih voda unutar riječnih slivova. Od ukupno 32 grupirana tijela podzemne vode koja se nalaze na teritoriju Republike Hrvatske, 13 pripada jadranskom vodnom području. Prema Zakonu o vodama (NN 66/19) korištenjem voda smatra se:

- zahvaćanje
- crpljenje
- uporaba površinskih i podzemnih voda za različite namjene

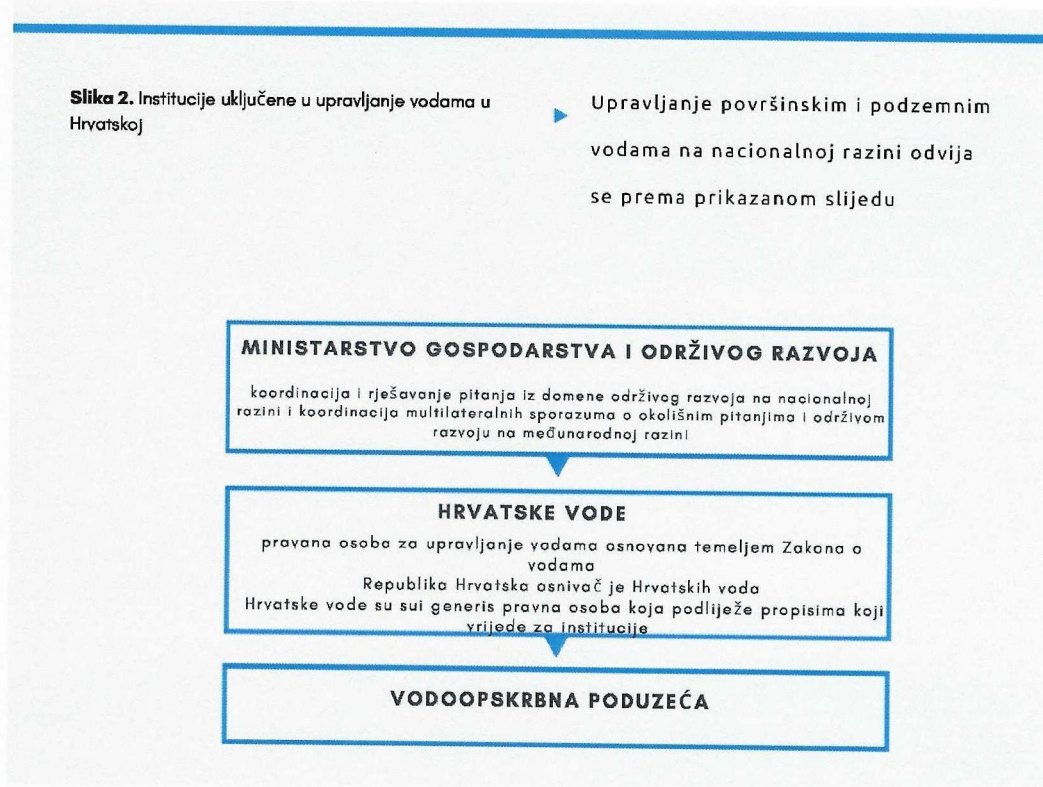
*Opskrba stanovništva pitkom vodom u javnom je interesu i ima prioritet nad korištenjem vode u druge svrhe*



Radi osiguranja prvenstva u korištenju voda za vodoopskrbu Hrvatske vode će posebno identificirati na svakom vodnom području sljedeće:

(1) sve vode za ljudsku potrošnju koje osiguravaju u prosjeku više od 10 m<sup>3</sup> vode na dan ili kojima se opskrbljuje više od 50 ljudi; i (2) sva vodna tijela rezervirana za te namjene u budućnosti.

Javni isporučitelj vodnih usluga je društvo kapitala kojem su jedini osnivači jedinice lokalne samouprave na uslužnom području, a iznimno osnivač javnog isporučitelja može biti i pravna osoba čiji je jedini osnivač jedinica lokalne samouprave.



### 3. POTREBA ZA PLANOM MJERA PRILAGODBE

Strategijom prilagodbe klimatskim promjenama Republike Hrvatske do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu najveći broj mjera prilagodbe klimatskim promjenama predložen je za sektor ribarstva te hidrologije i upravljanja vodnim i morskim resursima, poljoprivrede, bioraznolikosti, šumarstva i zdravlja. Među definiranim prioritetima strategije prilagodbe klimatskim promjenama je i jačanje upravljačkih kapaciteta kroz umreženi sustava praćenja i ranog upozorenja te osiguranje kontinuiteta znanstveno-istraživačkih aktivnosti (slika 3).

U SEDMOM NACIONALNOM IZVJEŠĆU I TREĆEM DVOGODIŠNJEM IZVJEŠĆU REPUBLIKE HRVATSKE PREMA OKVIRNOJ KONVENCIJI UJEDINJENIH NARODA O PROMJENI KLIME (UNFCCC) (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike RH, 2018) se, između ostalih, kao ranjivi sektor apostrofira Upravljanje vodama i morskim resursima. Naglašava se također da će promjene klime imati značajne izravne i neizravne učinke na poljoprivredu uslijed trenda podizanja razine mora i zaslanjivanja krških vodonosnika. S tog aspekta, aluvijalna dolina donjeg toka Neretve jedno je od najranjivijih područja, čija je hidrogeološka vrlo složena te uvjetuje kompleksne procese kretanja vode. Dosadašnja istraživanja pokazala su trendove zaslanjivanja površinskih i podzemnih voda te poljoprivrednih tala u dolini Neretve. Osim toga, vodeni sustavi unutar delte kao i priobalno more izloženi su pritiscima iz poljoprivrede. Promjene u okolišu reflektiraju se neminovno i na učinkovitost poljoprivredne proizvodnje. U uvjetima primjene zaslanjene vode za navodnjavanje prinosi mogu biti smanjeni i za više od 50 % što izravno umanjuje ekonomsku dobit poljoprivrednih proizvođača. Pritjecanje morske vode i salinizacija tla, kao i moguće plavljenje jednog dijela doline Neretve nanijelo bi ogromne socio gospodarske štete tom izuzetno važnom voćarsko-povrtnarskom području, koje, između ostalog, proizvodi preko 95% hrvatskih mandarina. Područje delte rijeke Neretve je najveće potencijalno poplavno područje u Hrvatskoj. To područje ispod H100 danas obuhvaća oko 81 km<sup>2</sup>, a prema scenariju srednjeg



rasta razine mora može narasti do 92 km<sup>2</sup> u 2050., te 104 km<sup>2</sup> u 2100. godini (Izveštaj o procijenjenim utjecajima i ranjivosti na klimatske promjene po pojedinim sektorima, 2017. MZOE).

## MJERE PRILAGODBE

*Glavnu prepreku uspješnoj prilagodbi klimatskim promjenama predstavlja upravo nedostatak znanja za planiranje mjera prilagodbe*

**izgradnja baze znanja i kapaciteta za promatranje i obradu podataka**

**razmjena informacija**

**razvoj akcijskih planova za sprječavanje rizika i upravljanja na: nacionalnoj regionalnoj lokalnoj razini**

**razvoj potrebnih alata:**

- geografski informacijski sustava - GIS
- sustav otkrivanja i praćenja
- sustav ranog upozoravanja, mapiranja rizika i procjena

*Izvor: prilagođeno prema SEDMOM NACIONALNOM IZVJEŠĆU I TREĆEM DVOGODIŠNJEM IZVJEŠĆU REPUBLIKE HRVATSKE PREMA OKVIRNOJ KONVENCIJI UJEDINJENIH NARODA O PROMJENI KLIME (UNFCCC)*

## 3.1. INTRUZIJA SOLI U PILOT PODRUČJU

U donjem toku rijeke Neretve zabilježena su dva smjera intruzije morske vode: prvi je kroz korito rijeke Neretve, a drugi je kroz dublje podzemne slojeve. Prema numeričkom modelu stratificiranog protoka utvrđeno je da se slana voda u Metkoviću javlja pri protoku slatke vode manjem od  $180 \text{ m}^3/\text{s}$ , dok se slana voda potpuno istiskuje iz korita kada protok vode prelazi  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ .

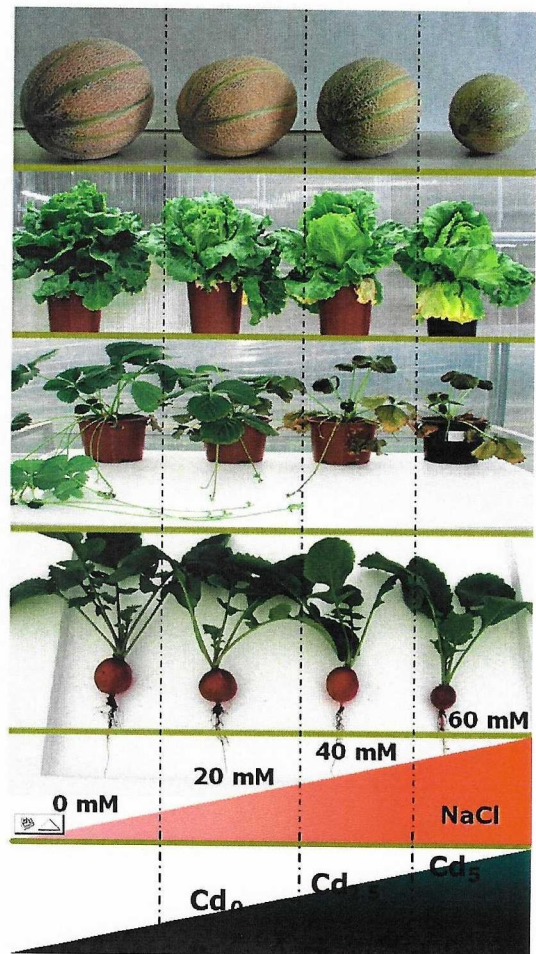
Do intruzije morske vode dolazi ili u tipičnim obalnim vodonosnicima zbog prekomjernog crpljena slatke vode ili unutar područja delte zbog odvodnje suvišne vode i smanjenja protoka rijeke, zbog kapilarnog dizanja slane vode u profilu tla ili zbog navodnjavanja zaslanjenom vodom (Romić et al., 2008). Zaslanjena tla nisu pogodna za uzgoj, a posljedice uključuju vodni deficit zbog prisutnosti soli, toksičnost iona, disbalans u hranjivima, nestabilnost prinosa i u konačnici njegovo smanjenje.

Dolina rijeke Neretve suočava se sa sličnom situacijom. Ona obuhvaća oko 6 000 ha intenzivno korištenog poljoprivrednog zemljišta koje je pozicionirano unutar delte koja se drenira sustavima otvorenih kanala. Poljoprivredno proizvodnja na ovom području postaje sve ugroženija zbog povremenog ili trajnog zaslanjivanja vode i tla (Ondrašek et al., 2011). Zaslanjivanje se na ovom području prirodno događa prodorom morske vode kroz ušće i u obalne vodonosnike kroz podzemlje. Uz to, promjene u hidrološkim uvjetima na koje utječu brojna hidrotehnička rješenja i objekti u slivu Neretve doprinose pojačanom prodoru morske vode što uzrokuje značajno zaslanjenje podzemnih voda. Nekoliko je čimbenika koji mogu utjecati na kvalitetu površinskih i podzemnih voda kao što su značajke klime, reljefa i pedološke značajke. Još jedan značajan čimbenik je i cjelokupni način korištenja i gospodarenja zemljištem, čiji intenzitet i značajke ovise o specifičnim značajkama okoliša (Romić et al., 2008). Neposredna blizina mora još je jedan važan čimbenik koji treba uzeti u obzir kada se radi o riziku



zaslanjivanja (Zovko et al., 2018). Zaslanjenost tla, posebice povišene koncentracije otopljenih kloridnih (Cl<sup>-</sup>) liganada, osim što imaju brojne negativne posljedice na biljku, značajno utječu na topivost kadmija, a time na njegovu biodostupnost i fitoakumulaciju (McLaughlin i sur., 1994.; Weggler i sur., 2004.). Stoga uzgoj poljoprivrednih kultura na zaslanjenim tlima s povećanim sadržajem kadmija ima povećava opasnost od ulaska kadmija u prehrambeni lanac.

### Posljedice za biljku



Ondrašek, G., Romić, D., Rengel, Z., Romić, M., Zovko, M. (2009): Cadmium accumulation by muskmelon under salt stress in contaminated organic soil. *Science of the Total Environment*. 407 (7): 2175-2182



## 3.2. BUDUĆI SCENARIJI PODIZANJA RAZINE MORA

Jedan od ključnih strateških dokumenata koji se odnosi na klimatske promjene u Republici Hrvatskoj je ranije spomenuto SEDMO NACIONALNO IZVJEŠĆE I TREĆE DVOGODIŠNJE IZVJEŠĆE REPUBLIKE HRVATSKE PREMA OKVIRNOJ KONVENCIJI UJEDINJENIH NARODA O PROMJENI KLIME (UNFCCC) unutar kojeg se navodi i problem podizanja srednje razine mora na obali Republike Hrvatske.

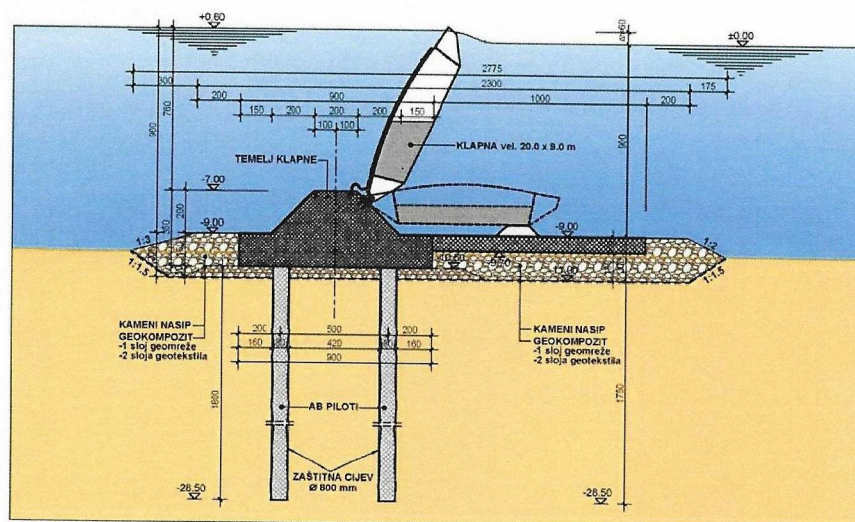
Prosječan porast srednje razine mora na globalnoj razini zabilježen je tijekom cijelog 20. stoljeća, međutim postoje određene naznake da se taj proces prema početku 21. stoljeća intenzivirao (Domazetović et al., 2016). Prema Church-u (2004) prosječni godišnji porast globalne morske razine u razdoblju 1950.-2000. iznosio je  $1,8 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$ , procjene za daljnji prosječni porast na globalnoj razini do kraja 21. stoljeća variraju od samo 0,18 m do iznad 1 m u odnosu na današnju razinu (Church et al., 2013; Doyle et al., 2015; Pfeffer et al., 2008).

Ipak ponajviše su ugrožena niža obalna područja, riječna ušća i otoci. Uz potapanje dijela obalnog područja kao direktne posljedice podizanja razine mora, porast morske razine dugoročno dugoročno utječe i na učestaliju pojavu obalnih oluja, pojačanu obalnu eroziju te intruziju morske vode, odnosno zaslanjivanje tla (Nicholls et al., 2011; Gornitz, 1991) i obalnih vodonosnika (Antonellini et al., 2008; Chang et al., 2011). Ono što posebno zabrinjava u području doline rijeke Neretve je da su ušće i intruzija morske vode blisko povezani sa zaslanjivanjem podzemnih voda i tla što predstavlja veliku prijetnju poljoprivrednoj proizvodnji koja je od iznimne gospodarske važnosti za ovo područje. Prema Krvavici et al. (2020) mjerenje profila slanosti na ušću rijeke Neretvi pokazuje snažnu uslojenost, a provedena mjerenja i razvijeni matematički model pokazuju da klin morske vode ulazi u rijeku Neretvu čak 22 km uzvodno od ušća i to u razdoblju od kasnog proljeća do jeseni. U budućnosti, s podizanjem srednje razine mora može se očekivati da će se ova pojava intenzivirati.



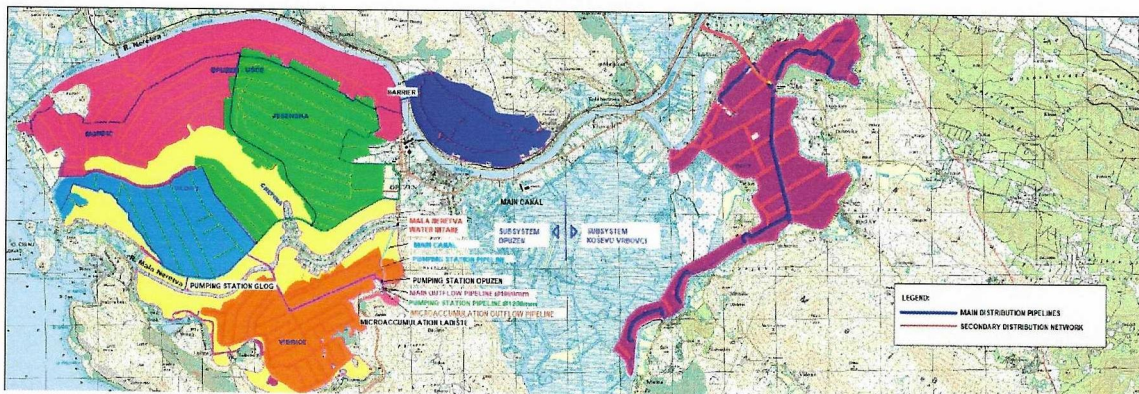
## 4. MOGUĆNOSTI PRILAGODBE U PILOT PODRUČJU

Intruzija morske vode u dolini rijeke Neretve predstavlja veliku prijetnju prvenstveno poljoprivrednoj proizvodnji i to uslijed zaslanjivanja površinski i podzemnih voda, a posljedično tome i zaslanjivanja tla. Stoga bi moguće mjere prilagodbe koje je potrebno provesti trebalo prilagoditi potrebama i potencijalnim opasnostima unutar pilot područja doline rijeke Neretve. Jedno od mogućih rješenja je gradnja mobilne pregrade na rijeci Neretvi (oko 2 km nizvodno od Opuzena) čime bi se spriječio prodor slanog klina uzvodno, a istovremeno omogućio nesmetan prolaz brodova i riba.



Kako bi se zaštitila poljoprivredna proizvodnja kao važan gospodarski sektor ovog područja, važna je i mjera navodnjavanja poljoprivrednih površina. Problem predstavlja osiguravanje dovoljnih količina dovoljno kvalitetne vode kako bi se izbjegle štetne posljedice navodnjavanja kultura zaslanjenom vodom. Ovo je moguće realizirati kroz sustav navodnjavanja Donja Neretva koji obuhvaća dva podsustava, podsustav Opuzen i podsustav Koševo-Vrbovci.





Podsustav Opuzen obuhvaća područja Vidrice, Opuzen Ušće i Luke ukupne bruto površine 2 769 ha (neto 2 199 ha), a ukupna količina vodu koju je potrebno osigurati uz usvojeno 20-satno vrijeme dnevnog navodnjavanja svih površina u sušnoj godini iznosi 1 746 l/s.

Podsustav je definiran s crpnom stanicom (CS) Opuzen kao centralnim objektom, zahvatom iz Male Neretve, mikroakumulacijom (MA) Ladžište u koju se crpe sve vode za potrebe navodnjavanja i tlačnom distribucijom mrežom u koju se gravitacijski dovode vode iz mikroakumulacije.

Podsustav Koševo-Vrbovci prostire se na 707 ha bruto ukupne poljoprivredne površine (neto 595 ha), a obuhvaća područja Koševo, Vrbovci, Mislina i grad Metković. Ukupna količina vodu koju je potrebno osigurati uz usvojeno 18-satno vrijeme dnevnog navodnjavanja svih površina u sušnoj godini iznosi 673,5 l/s.

Pored izgradnje planiranih sustava navodnjavanja kojima će se kvalitetna voda za navodnjavanje dovesti do krajnjih korisnika, tj. njihovih poljoprivrednih površina, nužna je i implementacija naprednih tehnologija i sustava lokaliziranog navodnjavanja na samim poljoprivrednim površinama (minirasprskivači, kapanje). Napredne tehnologije također mogu uključivati i praćenje stanja vlažnosti tla pomoću senzora koji postaju sve pristupačniji te njihovog povezivanja sa sustavom za navodnjavanje u koje je moguće implementirati i senzore za praćenje električne vodljivosti vode koja se koristi.

Konačno, mjere prilagodbe mogu uključivati i sadnju/sjetvu vrsta i kultivira otpornijih na povišen sadržaj soli u tlu, ali i korištenje međupodloge i mikorizacije citrusa koji su jedna od



dominantnih kultura uzgajanih u dolini rijeke Neretve. S obzirom da se mikorizacija voćaka može provesti relativno jednostavno i jeftino bilo kada tijekom životnog ciklusa voćke, potrebno je istražiti potencijal mikorizacije u smanjenju šteta od zaslanjivanja na agrumima i drugom voću koje se uzgaja u dolini rijeke Neretve. Mikorizirani agrumi u uvjetima zaslanjivanja pokazuju bolji rast zbog poboljšanog usvajanja vode i mineralnih tvari i pojačanog ispuštanja vodikovih iona u rizosferu koja dovodi do zakiseljavanja tla. Osim toga, mikorizirane biljke imaju poboljšanu fotosintezu, transpiraciju i druge važne fiziološke procese koji su značajno smanjeni u uvjetima zaslanjivanja pa je i to snažan doprinos njihovoj otpornosti na stres koji izaziva zaslanjenost.

## 5. REFERENCE

- Antonellini, M., Mollema, P., Giambastiani, B., Bishop, K., Caruso, L., Minchio, A., Pellegrini, L., Sabia, M., Ulazzi, E., Gabbianelli, G. (2008). Salt water intrusion in the coastal aquifer of the southern Po Plain". *Hydrogeology Journal*, Vol. 16, pp. 1541-1556
- Chang, S. W., Clement, T. P., Simpson, M. J., Lee, K.-K. (2011). Does sea-level rise have an impact on saltwater intrusion?". *Advances in Water Resources*, Vol. 34, No. 10, pp. 1283-1291
- Church, J. A., White, N. J., Coleman, R., Lambeck, K., Mitrovica, J. X. (2004). Estimates of the Regional Distribution of Sea Level Rise over the 1950–2000 Period". *Journal of Climate*, Vol. 17, pp. 2609-2625.
- Church, J. A., Clark, P. U., Cazenave, A., Gregory, J. M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M. A., Milne, G. A., Nerem, R. S., Nunn, P. D., Payne, A. J., Pfeffer, W. T., Stammer, D., Unnikrishnan, A. S. (2013). Sea Level Change". In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M. (eds.)). Cambridge, United Kingdom – New York, NY, USA: Cambridge University Press
- Domazetović, F., Lončar, N., Šiljeg, A. (2017). Kvantitativna analiza utjecaja porasta razine Jadranskog mora na hrvatsku obalu: GIS pristup; *Naše more* 64(2)/2017. – Supplement, pp 33-43
- Doyle, T. W., Chivoiu, B., Enwright, N. M. (2015). *Sea-level rise modeling handbook – Resource guide for coastal land managers, engineers, and scientists*: U. S. Geological Survey. Professional Paper 1815, pp. 76
- Gornitz, V. (1991). Global coastal hazards from future sea level rise". *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. (Global Planet. Change Sect.)*, Vol. 89, pp. 379-398
- Krvavica, N., Ružić, I. (2020). Assessment of sea-level rise impact on salt wedge intrusion in idealized and Neretva River Estuary; *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 234 (2020) 106638
- Nicholls, R. J., Cazenave, A. (2011). *Sea-Level Rise and Its Impacts on Coastal Zones*".



Science, Vol. 328, pp. 1517-1520

- Pfeffer, W. T., Harper, J. T., O'Neel, S. (2008). Kinematic Constraints on Glacier Contributions to 21st-Century Sea-Level Rise". Science, Vol. 321, pp. 1340-1343
- Romić, Davor; Castrignanò, Annamaria; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika (2020). Modelling spatial and temporal variability of water quality from different monitoring stations using mixed effects model theory // Science of The Total Environment, 704, 1-10 doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135875
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan ; Romić, Marija ; Ondrašek, Gabrijel ; Zovko, Monika (2010). Stupanj zaslanjenosti i održivo korištenje tala Donje Neretve (Level of salinity and sustainable use of soil in the Lower Neretva region). World Bank - Neretva and Trebišnjica Management Project Grant No. TF 091967. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Husnjak, Stjepan; Mesić, Milan; Salajpal, Krešimir; Barić, Klara; Poljak, Milan; Romić, Marija; Konjačić, Miljenko; Vnućec, Ivan; Bakić, Helena et al. (2014). Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Maurović, Nada; Vranješ, Mijo; Srzić, Veljko (2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015) Monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Romić, Marija; Zovko, Monika; Bubalo, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Husnjak, Stjepan, Stričević, Ivo; Maurović, Nada; Bakić, Helena; Matijević, Lana; Vranješ, Mijo (2014). Petogodišnje izvješće (2009-2013) monitoringa zaslanjivanja tla i vode u dolini Neretve. Naručitelj: Hrvatske vode
- Romić, Davor; Zovko, Monika; Bubalo Kovačić, Marina; Ondrašek, Gabrijel; Bakić Begić, Helena; Romić, Marija (2019). Prosesi, dinamika i trend zaslanjivanja voda i tla u poljoprivrednom području doline Neretve // Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode Zbornik radova / Biondić,

Danko ; Holjević, Danko ; Vizner, Marija (ur.). Zagreb: Hrvatske vode,. str. 783-791

- Zovko, Monika; Romić, Davor; Colombo, Claudio; Di Iorio, Erica; Romić, Marija; Buttafuoco, Gabriele; Castrignanò, Annamaria (2018). A geostatistical Vis-NIR spectroscopy index to assess the incipient soil salinization in the Neretva River valley, Croatia // *Geoderma*, 332, 60-72  
doi:10.1016/j.geoderma.2018.07.005
- Zovko, Monika; Romić, Davor; Romić, Marija; Ondrašek, Gabrijel (2013). Soil and Water Management for Sustained Agriculture in Alluvial Plains and Flood Plains Exposed to Salinity: A Case of Neretva River Valley // *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress / Ahmad, Parvaiz ; Azoos, M.M. ; Prasad, M.N.V. (ur.)*. New York: Springer, str. 473-494