Ocjena stanja kakvoće podzemnih voda u južnoj Istri

Tošić, Igor

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:102655

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 3.0

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

Ocjena stanja kakvoće podzemnih voda u južnoj Istri

Tošić, Igor

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:102655

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported

Download date / Datum preuzimanja: **2020-11-09**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

IGOR TOŠIĆ

OCJENA STANJA KAKVOĆE PODZEMNIH VODA U JUŽNOJ ISTRI

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

OCJENA STANJA KAKVOĆE PODZEMNIH VODA U JUŽNOJ ISTRI

KANDIDAT:
IGOR TOŠIĆ

MENTOR:
Izv. prof. dr. sc. RANKO BIONDIĆ

VARAŽDIN, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: IGOR TOŠIĆ

Matični broj: 112- 2014./2015.

Smjer: HIDROTEHNIKA

NASLOV DIPLOMSKOG RADA:

OCJENA STANJA KAKVOĆE PODZEMNIH VODA U JUŽNOJ ISTRI

Rad treba sadržati:
1. Uvod
2. Opis cjeline podzemne vode Južna Istra
3. Procjena kvalitativnog stanja CPV Južna Istra
4. Daljnja karakterizacija i prijedlog mjera
5. Zaključak
6. Literatura

Popis tablica
Popis slika

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak diplomskog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade diplomskog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 13.04.2016. Rok predaje: 30.06.2016.

Mentor:

Izv.prof.dr.sc. Ranko Biondić

REPUBLIKA HRVATSKA 1 VARAŽDIN GEOTEHNIČKI FAKULTET SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

Predsjednica Odbora za nastavu:

Doc.dr.sc. Sanja Kovač

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom

OCJENA STANJA KAKVOĆE PODZEMNIH VODA U JUŽNOJ ISTRI

(naslov diplomskog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **Izv. prof. dr. sc. Ranka Biondića.**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 30.6.2016.

IGOR TOŠIĆ

(Ime i prezime)

(Vlastoručni potpis)

Zahvala

Najljepše zahvaljujem svome mentoru, izv. prof. dr. sc. Ranku Biondiću, koji mi je konstruktivnim savjetima te stručnim i znanstvenim vještinama pomogao kod oblikovanja ideje i same izrade ovoga diplomskoga rada.

Posebnu zahvalu posvećujem svojim roditeljima Anici i Zdravku te sestri Andrei koji su mi tijekom cjelokupnoga akademskoga obrazovanja pružili bezuvjetnu podršku te motiv za daljnjim napretkom i ostvarenjem željenih ciljeva. Hvala i mojoj djevojci Magdaleni na vjeri i pažnji koju mi je pružila tijekom izrade ovoga rada.

Također, hvala svim djelatnicima, kolegama i prijateljima studentima Geotehničkoga fakulteta, s kojima sam se imao priliku i zadovoljstvo susresti i surađivati, što su opravdali moje mišljenje da ova sastavnica ne samo da stremi tomu nego već i jest dosegnula visoki akademski stupanj. Od djelatnika bih posebno izdvojio pokojnoga doc.dr.sc. Dinka Vujevića, mojega mentora i nastavnika s kojim sam ostvario značajne uspjehe, ne samo na fakultetskoj nego i na osobnoj razini. Naučio me kako kritički razmišljati i kako spoznaje zabilježiti te ih interpretirati i u međuvremenu stvorio sa mnom i mojom obitelji iskreni prijateljski odnos koji ćemo zauvijek pamtiti. Neka Ti je vječna slava i hvala!

Sažetak rada

Ocjena stanja kakvoće podzemne vode za cjelinu podzemne vode (CPV) Južna Istra je provođena analizom kemijskih parametara devet vodnih objekata, odabranih prema Okvirnoj direktivi o vodama (ODV, 2000) i Direktivi o podzemnim vodama (DPV, 2006), temeljem nadzornoga monitoringa definiranim Državnom mrežom opažanja Hrvatskih voda. Početni korak kod ocjene stanja podzemnih voda je određivanje pozadinskih (*BL*) i graničnih vrijednosti (*TV*) ispitivanih parametara, a za potrebe ovoga rada su preuzete iz Plana upravljanja vodnim područjima za razdoblje od 2016. do 2021. godine. One su utvrđivane na točkama opažanja Tivoli, Rizzi, Valdragon (3), Campanož, Fojbon, Škatari, Šišan, Ševe i Jadreški za sljedeće parametre: otopljeni kisik, pH vrijednost, električnu vodljivost, nitrate, amonij, pesticide, arsen, olovo, živu, kadmij, kloride, sulfate, ortofosfate, te sumu trikloretena i tetrakloretena.

Možebitno prekoračenje graničnih vrijednosti (*TV*) propisanih parametara je ispitivano inicijalnim testom te ukoliko su se prosječne vrijednosti tih parametara pokazale veće od najstrožih *TV*, pristupano je provedbi klasifikacijskih testova (Generalna procjena kakvoće, Zaslanjenje i druge intruzije te Zone sanitarne zaštite) na osnovu kojih je ocijenjeno stanje CPV Južna Istra. Prema dobivenim rezultatima testa Zaslanjenje i druge intruzije vrijednosti električnih vodljivosti ne prekoračuju *TV* vrijednosti te se stoga CPV Južna Istra svrstava u dobro stanje s visokom pouzdanošću. No, prema preostalim testovima Generalne procjene kakvoće i Zonama sanitarne zaštite, zbog povišenih koncentracija nitrata koje u prosjeku iznose 40,38 mg NO_3^-/L $^-$ i više su od *TV* vrijednosti (37,5 mg NO_3^-/L) na gotovo svim postajama monitoringa, CPV Južna Istra je ocijenjena lošim kvalitativnim stanjem podzemnih voda s visokom pouzdanošću te se konačno na osnovu rezultata provedenih analiza klasifikacijskih testova CPV Južnu Istru svrstava u loše stanje podzemnih voda s visokom pouzdanošću.

Nakon poznatoga kvalitativnoga stanja podzemnih voda na CPV Južna Istra pristupilo se daljnjoj karakterizaciji gdje je detaljno identificiran uzrok onečišćenja te su predložene mjere za poboljšanje stanja i dat prijedlog operativnoga monitoringa. Analizom utjecaja i pritisaka su prikupljani podatci o glavnim potencijalnim onečišćivačima, a to su Kazneno-popravni dom u Valturi u sklopu kojega se nalazi stočna farma i poljoprivredno gospodarstvo, nekoliko većih farmi, odlagalište otpada Kaštijun te pulski aerodrom.

Dodatnu ugrozu predstavljaju i planovi navodnjavanja na užemu području Pule te brojni nekontrolirani privatni zdenci na ovome području.

Smanjenje koncentracija nitrata u podzemnim vodama se planira ostvariti prijedlogom mjera sukladno Akcijskome programu zaštite voda od onečišćenja uzrokovanoga nitratima poljoprivrednoga podrijetla (NN 15/13; 22/15) i Nitratnoj direktivi (1991). Neke od mjera su: ograničenje gnojenja poljoprivrednih površina u toku jedne kalendarske godine, ograničenje veličine gnojovki, adekvatno zbrinjavanje i postupanje s gnojem te ispunjenje rokova za izgradnju spremnika s trenutkom ulaska Hrvatske u EU.

Naposljetku je predloženo i provođenje operativnoga monitoringa gušćom mrežom opažanja s dodatnim vodoopskrbnim zdencima koji nisu uključeni u nadzorni monitoring, kao i povećanje minimalnih intervala opažanja na mjesečne intervale. Isto tako, predlaže se kontinuirano praćenje dinamike kolebanja razina podzemnih voda te praćenje električne vodljivosti i rada crpki na vodnim objektima uključenim u sustav nadzornoga i operativnoga monitoringa.

Ključne riječi

Kakvoća podzemnih voda, CPV Južna Istra, granične vrijednosti parametara kakvoće, klasifikacijski testovi, onečišćenje nitratima, nadzorni i operativni monitoring.

Sadržaj rada

1. UVOD 1

2. OPIS CJELINE PODZEMNE VODE JUŽNA ISTRA 3

2.1. OPĆENITO 3

2.2. GEOLOŠKI OPIS 3

2.3. HIDROGEOLOŠKI OPIS 4

2.4. OPIS VODNIH TOČAKA I OBJEKATA 5

3. PROCJENA KVALITATIVNOGA STANJA CPV JUŽNA ISTRA 8

3.1. METODOLOGIJA PROCJENE 8

3.1.1. Postupak određivanja pozadinskih i graničnih vrijednosti parametara 9

3.1.2. Priprema kemijskih parametara 12

3.2. TESTOVI ZA PROCJENU KVALITATIVNOGA STANJA PODZEMNIH VODA 13

3.2.1. Test Generalna procjena kakvoće podzemnih voda 15

3.2.2. Test Zaslanjenje i druge intruzije 16

3.2.3. Test Zone sanitarne zaštite izvorišta vode za piće 18

3.3. REZULTATI ANALIZE STANJA KAKVOĆE PODZEMNIH VODA CPV JUŽNA ISTRA 20

3.3.1. Rezultati testa Generalna procjena kakvoće podzemnih voda 26

3.3.2. Rezultati testa Zaslanjenje i druge intruzije 27

3.3.3. Rezultati testa Zone sanitarne zaštite izvorišta vode za piće 30

4. DALJNJA KARAKTERIZACIJA I PRIJEDLOG MJERA 39

4.1. DALJNJA KARAKTERIZACIJA 39

4.2. UZROCI ONEČIŠĆENJA PODZEMNIH VODA NITRATIMA 40

4.3. PRIJEDLOG MJERA 44

4.4. PRIJEDLOG OPERATIVNOGA MONITORINGA 46

5. ZAKLJUČAK 49

6. LITERATURA 50

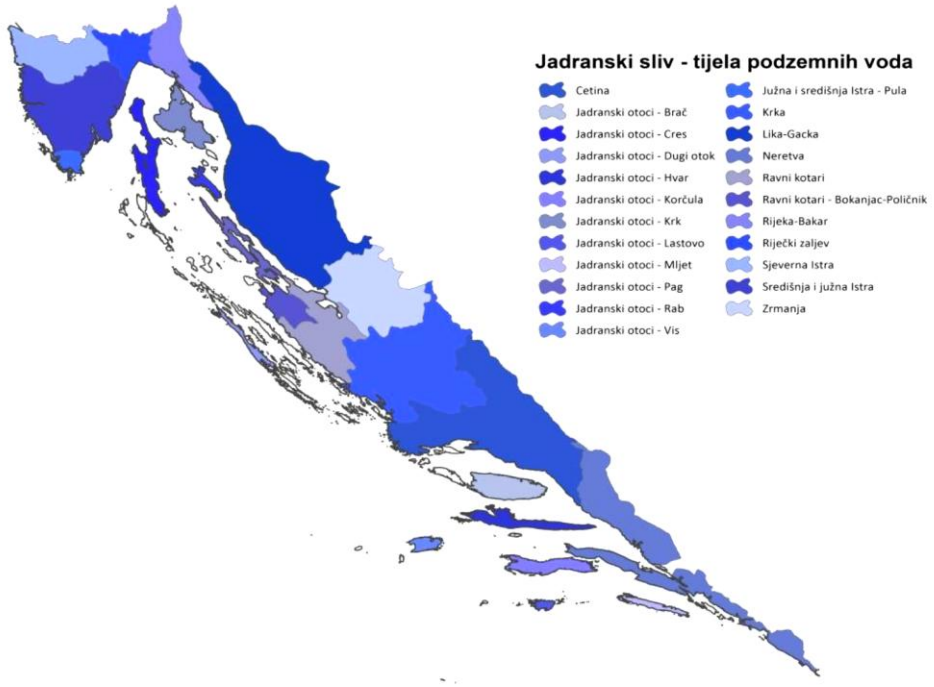
POPIS TABLICA 52

POPIS SLIKA 54

1. UVOD

Sukladno odredbama Okvirne direktive o vodama (ODV, 2000), kao i Direktive o podzemnim vodama (DPV, 2006) svakih šest godina se periodički provode analize kvalitativnoga i kvantitativnoga stanja i rizika cjelina podzemnih voda u sklopu izrade Plana upravljanja vodnim područjima (nadalje: PUVP). Prvi PUVP u Hrvatskoj je izrađen za razdoblje 2013.-2015. nakon pristupanja Hrvatske Europskoj Uniji. Trenutno je u fazi javne rasprave PUVP za razdoblje 2016.-2021. godine.

Analiza kvalitativnoga (kemijskoga) stanja i rizika cjelina podzemnih voda (u daljnjemu tekstu: CPV) je jedna od analiza koje se provode kroz pripremne dokumente za izradu PUVP. Ta se analiza u Republici Hrvatskoj provodi zasebno za krško, dinarsko područje te zasebno za panonsko područje. Glavni razlog tomu su razlike u mehanizmima i dinamici tečenja i vrstama naslaga u pripadnim vodonosnicima, pa se radi toga implementira i različita metodologija pri utvrđivanju stanja i rizika CPV za krški i panonski dio Hrvatske. U ovome radu bit će primijenjena metodologija razvijena za potrebe ocjene kvalitativnoga stanja cjelina podzemne vode za krške predjele konkretno na području južne Istre, uz koje se unutar krškoga područja nalazi još 16 CPV, pri čemu ih 13 pripada Jadranskome (*Slika 1*), a 5 Crnomorskome slivu.



Slika 1. Cjeline (tijela) podzemnih voda na području Jadranskoga sliva.
(HRVATSKE VODE, 2016)

Za procjenu kemijskoga stanja nadzornim monitoringom se koriste piezometarske bušotine, prirodni izvori, bušeni i kopani zdenci, a zbog vrlo izražene morfologije terena na krškom području točke monitoringa su uglavnom prirodni izvori ili kaptažni zahvati. To su ujedno i zone izviranja i predstavljaju točke koje su karakteristične za velike dijelove slivnih površina. U zaravnjenim područjima, kao što je CPV Južna Istra gdje nema velikih prirodnih krških izvora točke monitoringa su kaptažni zahvati (kopani i bušeni zdenci) ili piezometarske bušotine.

Sami postupak procjene kvalitativnoga stanja i rizika CPV-a u krškome području RH se provodi nakon detaljne analize postojećih sustava monitoringa podzemnih voda i njihove reprezentativnosti u odnosu na konceptualne modele tih cjelina (u modelima su shematski opisani sustavi tečenja podzemnih voda, hidrogeološki uvjeti u vodonosnicima, prikaz monitoringa podzemnih voda unutar pojedinih CPV te mogućnost zaslanjenja i drugih intruzija). Metodologija procjene je određena na nacionalnoj razini i prikazana je u PUVP za razdoblje od 2016. do 2021. godine te se implementira i u ovome radu.

U skladu s postavkama i ciljevima Okvirne direktive o vodama (ODV, 2000) i Direktive podzemnih voda (DPV, 2006), za kvalitativnu analizu podzemnih voda prema PUVP obrađuju se sljedeći parametri: supstance ili ioni koji su indikatori koji se mogu pojaviti u podzemnim vodama prirodno i/ili posredstvom ljudske aktivnosti (As, Cd, Pb, Hg, NH_4^+, kloridi, sulfati), sintetičke supstance koje su isključivo antropogenog porijekla (trikloreten, tetrakloreten), parametri koji ukazuju na prodore slane vode (električna vodljivost, kloridi, sulfati) te nitrati (NO_3^-), otopljeni kisik, koncentracija vodikovih iona, pesticidi i ortofosfati. Za njih se određuju granične vrijednosti (*TV – engl. Treshold Value*), a za potrebe ovoga rada su preuzete iz PUVP.

Nakon dobivene procjene stanja podzemnih voda CPV-a, kao i procjene rizika nepostizanja ciljeva ODV za plansko razdoblje, u radu su prikazane mjere, odnosno prijedlozi mjera i operativnoga monitoringa čijim bi se provođenjem stanje kakvoće podzemnih voda na području CPV Južna Istra u narednom razdoblju poboljšalo.

2. OPIS CJELINE PODZEMNE VODE JUŽNA ISTRA

2.1. Općenito

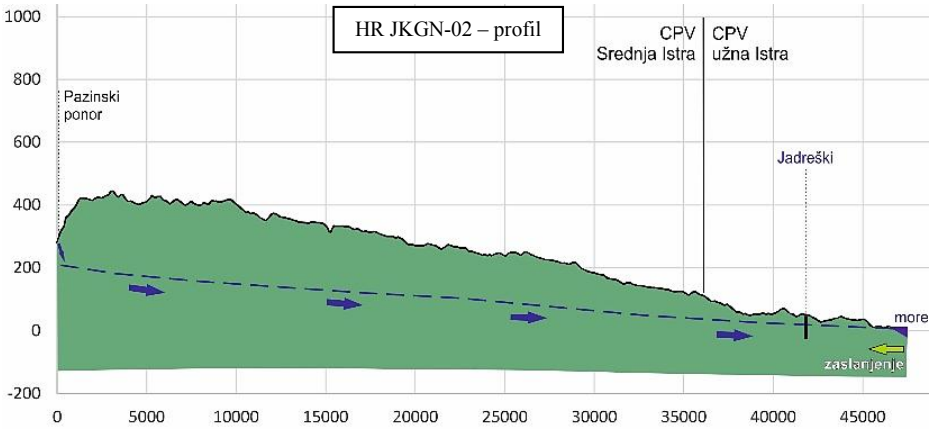
Cjelina podzemne vode Južna Istra je ustvari sastavni dio jedinstvenoga vodonosnika središnje i južne Istre. U najjužnijem dijelu toga vodonosnika već su u prethodnim PUVP uočeni znatni problemi s kakvoćom te je to područje izdvojeno u zasebnu CPV Južna Istra, što se pak učinilo zbog efikasnijega provođenja operativnoga monitoringa te provođenja mjera zaštite i sanacije. Tako je i novim PUVP ovo područje izdvojeno u zasebnu cjelinu podzemnih voda jer su onečišćenja identificirana u prethodnom PUVP još uvijek prisutna.

Ovom cjelinom obuhvaćen je krajnji južni dio istarskoga poluotoka s rtom Kamenjak i gradom Pulom s nadmorskim visinama do oko 100 m n.m. Od mora prema sjevernoj granici CPV Južna Istra prisutno je blago izdizanje terena na razini Valtura - Fažana.

2.2. Geološki opis

Geološke strukture iz CPV Središnje Istre se nastavljaju i na ovoj cjelini pri čemu je zapadni dio naizmjence izgrađen od vapnenaca i dolomita donjokredne starosti, dok su u istočnom predjelu dominantni vapnenci gornjokredne starosti.

Strukture se prostiru u smjeru sjeveroistok-jugozapad (*Slika 2*), a od pokrovnih naslaga većinu terena prekriva crvenica s okršenim vapnencem. Osim pojava mjestimičnih rasjeda okomitih na prostiranje slojeva nema nekih većih tektonskih zbivanja na ovome području (BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R., 2014).



Slika 2. Shematski Geološki profil CPV Središnja i Južna Istra.
(BIONDIĆ, R. et al., 2016)

2.3. Hidrogeološki opis

Podzemna voda je uglavnom kaptirana brojnim kopanim i bušenim objektima u južnome dijelu poluotoka, u koji dotječu značajne količine podzemne vode iz centralnoga istarskoga vodonosnika, no izuzev ovoga, hidrogeologija najjužnijeg dijela istarskog poluotoka je relativno jednostavna.

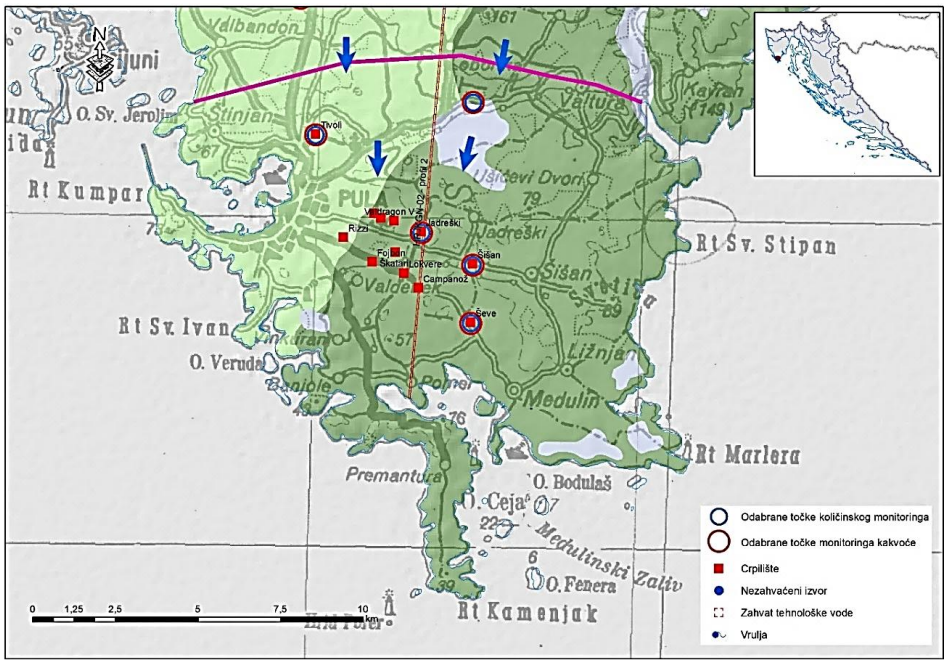
U zoni dobro vodopropusnih vapnenaca gornjokredne starosti nalaze se zahvati vode, a dio njih jest ili je bio u sustavu javne vodoopskrbe grada Pule. Na 12 lokaliteta je kaptirano ukupno oko 200 l/s vode za javnu vodoopskrbu, dok se na ostalih oko 1.000 lokaliteta izvan kontrole eksploatira gotovo identična količina vode (BIONDIĆ, B. et al., 1999). Zbog onečišćenja nitratima zdenci su godinama bili zapuštani i isključeni iz vodoopskrbnog sustava, no zbog povećanih potreba za vodom, posebice tijekom ljetnih sušnih razdoblja, započeo je projekt njihove revitalizacije i pripreme za ponovno uključivanje u vodoopskrbni sustav. Dio zdenaca je revitaliziran i ponovno pušten u vodoopskrbni sustav, posebno tijekom trajanja ekstremne suše 2012. godine. Dodatno na navedene kaptažne zahvate za potrebe javne vodoopskrbe, koristi se gotovo 1.000 privatnih zdenaca uglavnom za poljoprivredne svrhe te su izvan kontrole (BIONDIĆ, B. et al., 1999). Uslijed povećane eksploatacije tijekom ljetnih sušnih razdoblja prisutno je povremeno povišenje sadržaja klorida na rubnim dijelovima vodonosnika.

Na području južne Istre prevladavaju jamski objekti uglavnom manjih dimenzija. Najdublja je 150 - metarska jama Torcine kod Marčana, a obzirom da joj je ulaz na

nadmorskoj visini od oko 147 m, za pretpostaviti je da se na dnu nalazi voda. Još jedna jama većih dimenzija je Vodnjanska jama. Duboka je 130 m, a voda na njenom dnu oscilira između 11 i 43 m n.m. te je kroz dugi niz godina bila korištena za upuštanje fekalnih otpadnih voda što je svakako utjecalo na narušavanje kakvoće podzemnih voda u ovome dijelu južne Istre (BIONDIĆ, B. et al., 1999). Valja spomenuti još i 1 km sjeverno od Vodnjana Jamu kod Sv. Lucije, duboku 107 m, na čijem se dnu također nalazi voda. Zanimljivo je istaknuti kako su se neke speleološke pojave proširivale i pretvarale u vodoopskrbne objekte, poput 50-ak m dubokih kopanih zdenaca Šišan i Jadreški, koji su bili jamski objekti s vodom na dnu (BIONDIĆ, B. et al., 1999).

2.4. Opis vodnih točaka i objekata

Na području CPV Južna Istra veliki je broj vodnih objekata uključenih u sustav javne vodoopskrbe grada Pule i okolice. Prema konceptualnom modelu (BIONDIĆ, R. et al., 2016) u mrežu opažanja (*Slika 3*) se predlaže uključiti kaptažni zahvat Tivoli u samome gradu Puli, zatim kaptaže (zdence) u širem području i okolici Pule: Valdragon, Rizzi, Jadreški, Šišan, Fojbon, Škatari, te Lokvere, kao i jednu piezometarsku bušotinu na području Valture namijenjenu za ispitivanje kakvoće podzemnih voda koje dotječu iz susjedne CPV Središnja Istra.



Slika 3. Konceptualni model mreže monitoringa CPV Južna Istra.
(BIONDIĆ, R. et al., 2016)

Danas je u korištenju za vodoopskrbu, sukladno standardima za pitku vodu, 7 zdenaca: Jadreški (35 l/s), Šišan (27 l/s), Valdragon (3) (24 l/s), Fojbon (6 l/s), te Campanož (21 l/s), dok su ostali zdenci izvan upotrebe zbog onečišćenja, uključujući i crpilište Tivoli koje je godinama davalo znatne količine pitke vode (40 l/s) za grad Pulu, kao i izvor Karolina (24 l/s) u samome gradu (BIONDIĆ, R. et al., 2016). Nemogućnost korištenja ovih i mnogih drugih zdenaca posljedica je urbanizacije bez adekvatne infrastrukture i nekontrolirana poljoprivredna aktivnost. Osnovne karakteristike najvažnijih vodnih objekata koji su i usvojeni u postupak nadzornoga monitoringa za analizu i ocjenjivanje kakvoće podzemnih voda CPV Južna Istra prikazane su u nastavku u *Tablica 1*, kao i prikazi eksterijera vodnih objekata Fojbon i Jadreški (*Slika 4*), a na *Slika 5* i interijer zdenca Jadreški snimljen na terenskoj nastavi u travnju ove godine.

Tablica 1. Karakteristični parametri pulskih zdenaca.
(HIDROPROJEKT-ING, 2000; BONACCI & ROJE BONACCI, 1997)

Zdenci	**Godina izvedbe**	**Kota terena (m n.m.)**	**Promjer (m)**	**Dubina (m)**	**Kapacitet (L/s)**
Tivoli	1897	18,84	3,0	20	40,0
Rizzi	1989	9,47	0,3	11	11,0
Valdragon III	1907	23,37	3,0	25	7,4
Valdragon IV	1907	24,80	3,0	26	10,0
Valdragon V	1907	28,97	3,0	30	6,0
Campanož	1985	35,64	0,2 i 0,3	37	21,0
Fojbon	1907	25,90	3,0	27	6,0
Škatari	1907	23,40	3,0	25	5,5
Šišan	1911	49,41	3,0	50	26,5
Ševe	1989	21,58	0,35	33	10,0
Jadreški	1909	50,80	3,0	52	34,5
Lokvere	1988	23,70	0,2 i 0,4	25	5,0
Karolina	1860	1,97	-	-	24,0

Sva ova crpilišta vode su od iznimnoga značaja za grad Pulu i okolicu zbog niskih financijskih zahtjeva snabdijevanja korisnika pitke vode zahvaljujući relativno blisko lociranim zahvatima. Međutim ovi zdenci kaptiraju najugroženije dijelove vodonosnika, one centralnoistarske te su posebice pulski zdenci izloženi širokom rasponu onečišćivača od kojih su najdominantnije poljoprivredne aktivnosti, otpadne vode domaćinstava te odlagalište otpada Kaštijun. Zbog visoke ugroženosti vodnih resursa na ovome području

potrebno je uspostaviti adekvatnu i strogu zaštitu, što dodatno potvrđuje i činjenica da prvi projekti zaštite resursa pitke vode na području južne Istre datiraju iz 1979. godine, kao pionir istraživačkih radova s ciljem zaštite krških vodonosnika u Hrvatskoj, a prve zaštitne zone za grad Pulu proglašene su i prije donošenja prvoga Pravilnika o zaštiti izvorišta pitke vode (NN 22/86).

Slika 4. Vodocrpilište Fojbon (lijevo) i Jadreški (desno).

Slika 5. Kontrolna soba (gore) s pogledom na unutrašnjost zdenca Jadreški (dolje).

3. PROCJENA KVALITATIVNOGA STANJA CPV JUŽNA ISTRA

3.1. Metodologija procjene

Metodologije za određivanje stanja podzemnih voda krškoga i panonskoga dijela nisu jednoznačne te se kao takve provode zasebno zbog različitih vrsta naslaga, kao i različitih mehanizama tečenja u vodonosnicima. U nastavku će biti elaborirana metodologija razvijena za potrebe procjene kvalitativnoga stanja CPV (cjelina podzemnih voda) karakterističnih za krška područja. Ovakve procjene provode se nakon detaljne analize postojećih sustava monitoringa podzemnih voda i stupnja reprezentativnosti u odnosu na konceptualne modele predmetne CPV.

Prema zahtjevima Okvirne direktive o vodama (ODV) i Direktive o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće (Direktive o podzemnim vodama - DPV), za uspješno upravljanje podzemnim vodama pomoću Plana upravljanja vodnim područjima (PUVP) obrađuju se sljedeći parametri: supstance ili ioni koji su indikatori koji se mogu pojaviti u podzemnim vodama prirodno i/ili posredstvom ljudske aktivnosti (As, Cd, Pb, Hg, NH_4^+, Cl^-, SO_4^{2-}), sintetičke supstance koje su isključivo antropogenog porijekla (trikloreten, tetrakloreten), parametri koji ukazuju na prodore slane vode (električna vodljivost) te nitrati (NO_3^-), otopljeni kisik, koncentracija vodikovih iona, pesticidi i ortofosfati.

Za točke kvalitativnoga nadzornoga monitoringa na području Dinarskoga krša u Hrvatskoj se u najvećoj mjeri uzimaju prirodni krški izvori, tj. prirodne točke istjecanja vodonosnika zbog otežane izrade kvalitetnih piezometarskih bušotina (blizina planinskih masiva zaleđima izviranja do dubine podzemnih voda, kao i nehomogena građa krških vodonosnika). No, u području južne Istre izrada piezometarskih bušotina je moguća upravo radi zaravnjenih dijelova krša. Tako su u mreži monitoringa CPV Južna Istra osim prirodnih krških izvora zahvaćene i kaptaže (bušeni i kopani zdenci), a moguće je i korištenje piezometarskih bušotina (HRVASTKE VODE, 2015).

Za potrebe procjene kvalitativnoga stanja CPV potrebne su minimalno 3 točke monitoringa u svakoj CPV koje su, prema mogućnostima na terenu, dobro prostorno raspoređene. Za optimalnu procjenu potrebno je 5 i više točaka opažanja po CPV.

3.1.1. Postupak određivanja pozadinskih i graničnih vrijednosti parametara

Određivanje pozadinskih vrijednosti (*engl. background level* - *BL*) i graničnih vrijednosti (*engl. threshold value* - *TV*) za parametre kakvoće definirane ODV i DPV čine inicijalni korak analize kvalitativnoga (kemijskoga) stanja podzemne vode i procjene rizika neispunjavanja ciljeva čl. 4 Okvirnih direktiva o vodama (2000/60/EC, 2000). Pozadinske vrijednosti (*BL*) su ustvari koncentracije ili vrijednosti određenoga parametra kakvoće podzemnih voda koji nije rezultat antropogenoga utjecaja ili je ograničena povezanost prisutnosti toga parametra s antropogenim utjecajem. Granične vrijednosti (*TV*) pak predstavljaju nacionalne standarde kvalitete podzemnih voda određene od strane zemalja članica EU u skladu s člankom 3 DPV (*Slika 6*). Ove se vrijednosti mogu određivati zasebno za svaku osnovnu i/ili grupiranu cjelinu podzemne vode (CPV), određeno vodno područje ili na nacionalnoj razini. U Republici Hrvatskoj je na razini cjelokupnoga krškoga područja provedeno određivanje *BL* i *TV* upravo zbog sličnih uvjeta u vodonosniku i ograničenoga broja točaka opažanja i analiza po cjelinama podzemnih voda (*Tablica 2*).

Određivanje pozadinske vrijednosti (*BL*) je statistička analiza koja se, zbog nedostatka kvalitetnih točaka monitoringa, nedovoljnoga niza podataka o parametrima kakvoće, ali i sličnosti u geološkoj građi vodonosnika i dinamici unutar vodonosnika, ne provodi na razini pojedine cjeline podzemne vode, već se za cjelokupno krško područje određuje na način da se poštuju sljedeći uvjeti (CIS VODIČ br. 15, 2007):

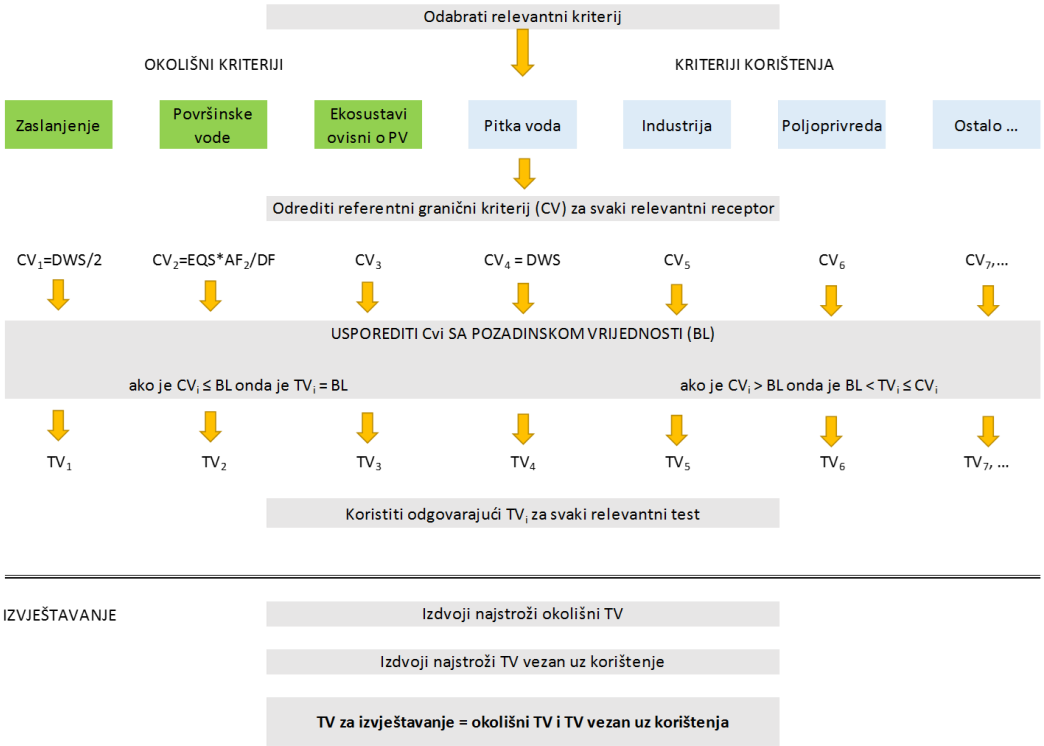
a) prihvaćanje samo reprezentativnih analiza, a isključuju se analize za koje vrijedi;
    i. greška u ionskom balansu je > 10 %,
    ii. analize pokazuju električnu vodljivost > 800 µS/cm,
    iii. više od 50 % analiza je manje od granice detekcije (< *GD*),
    iv. uzorci uzeti iz nepoznatih dubina,
    v. uzorci iz hidrotermalnih vodonosnika.
b) isključivanje točaka monitoringa s antropogenim utjecajem;
    i. uzorci s neprirodnim supstancama (npr. pesticidi),
    ii. uzorci s NO_3 > 7,5 mg/L,
    iii. uzorci s ostalim anorganskim antropogenim indikatorima.
c) odvajanje aerobnih od anaerobnih vodonosnika;
d) pretvaranje vremenske serije uzoraka u medijan prosječne vrijednosti;

e) izračun *BL* kao 90 ‰ preostalih analiza.

Tablica 2. Izračunate BL i propisane MDK vrijednosti za krške CPV u Republici Hrvatskoj. (HRVATSKE VODE, 2016)

CPV	**Otopljeni kisik**	**pH**	**CND** µS/cm	**Nitrati** mg NO_3^-/L	**Kloridi** mg/L	**Sulfati** mg/L
			BL			
Južna Istra	11,80	8,08	487	4,43	10,24	16,80
			MDK (za pitke vode)			
	>7 *	6,5 – 9,5	2500	37,5	250	250

* nije određen *MDK* - samo preporuka



Slika 6. Model određivanja CV i TV vrijednosti po različitim kriterijima.

Nakon određivanja *BL* za dio parametara za koji se može izračunati, pristupa se određivanju referentnih kriterija (*engl. criteria value* - *CV*) ovisno o tome radi li se o okolišnim kriterijima (intruzije zaslanjene vode i druge intruzije, površinske vode,

kopneni i vodeni ekosustavi povezani s podzemnim vodama) ili onima koji se tiču korištenja podzemnih voda u cjelinama podzemne vode (pitka voda u zaštićenim područjima za pitke vode - zone sanitarne zaštite izvorišta pitke vode, ostali vidovi korištenja, npr. navodnjavanje, industrija,...) propisanih nacionalnom legislativom.

Naposljetku, određivanje graničnih vrijednosti (*TV*) po parametrima započinje usporedbom *BL* i *CV* vrijednosti za pojedine uvjete korištenja podzemnih voda ili za okolišne kriterije. Prisutna su dva slučaja:

$$BL < CV; BL > CV.$$

Ukoliko su pozadinske vrijednosti niže od vrijednosti kriterija ($BL < CV$), one zadovoljavaju ulazne kriterije te se može provesti određivanje graničnih vrijednosti, kako je i prikazano na *Slika 6*. Određivanje *TV* se uobičajeno provodi na nekoliko načina:

$$TV = CV,$$

$$TV = 0{,}75 \cdot CV,$$

$$TV = \frac{BL+CV}{2}.$$

U Republici Hrvatskoj za krško područje usvojen je uvjet $TV = CV$, izuzev nitrata za koje je korišten uvjet $TV = 0{,}75 \cdot CV$ (HRVATSKE VODE, 2016), kako bi se spriječio mogući raniji utjecaj na CPV te provođenje mjera ako dođe do izrazitoga uzlaznoga trenda i dosezanja koncentracije do ciljane točke okretanja trenda (75 % od *TV*).

U tabličnome prikazu (*Tablica 3*) su prikazane maksimalno dopuštene količine (*MDK*) i granične vrijednosti (*TV*) osnovnih parametara za ocjenu kvalitativnoga, kemijskoga stanja podzemnih voda u ovisnosti o kriterijima, definirane Planom upravljanja vodnim područjima za razdoblje 2016. - 2021. godine. *MDK* su propisane aktualnim Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analiza vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013).

Tablica 3. MDK i TV vrijednosti po parametrima kakvoće za podzemne vode.

Kriterij		**Parametar**	***MDK***	***TV***
Okolišni	*Intruzija zaslanjene vode ili druge intruzije*	Električna vodljivost	2500 µS/cm	1250 µS/cm
Korištenje podzemne vode	*Pitka voda*	Otopljeni kisik	-	nema izrazite promjene
		pH	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5
		Električna vodljivost	2500 µS/cm	2500 µS/cm
		Nitrati	50 mg/L	37,5 mg/L
		Amonij	0,5 mg/L	0,5 mg/L
		Pesticidi	0,5 µg/l (ukupni) 0,1 µg/l (pojedinačni)	0,5 µg/l (ukupni) 0,1 µg/l (pojedinačni)
		Arsen	10 µg/l	10 µg/l
		Olovo	10 µg/l	10 µg/l
		Živa	1 µg/l	1 µg/l
		Kadmij	5 µg/l	5 µg/l
		Kloridi	250 mg/L	250 mg/L
		Sulfati	250 mg/L	250 mg/L
		Ortofosfati	0,2 mg/L	0,2 mg/L
		Trikloreten + tetrakloreten	10 µg/l	10 µg/l

3.1.2. Priprema kemijskih parametara

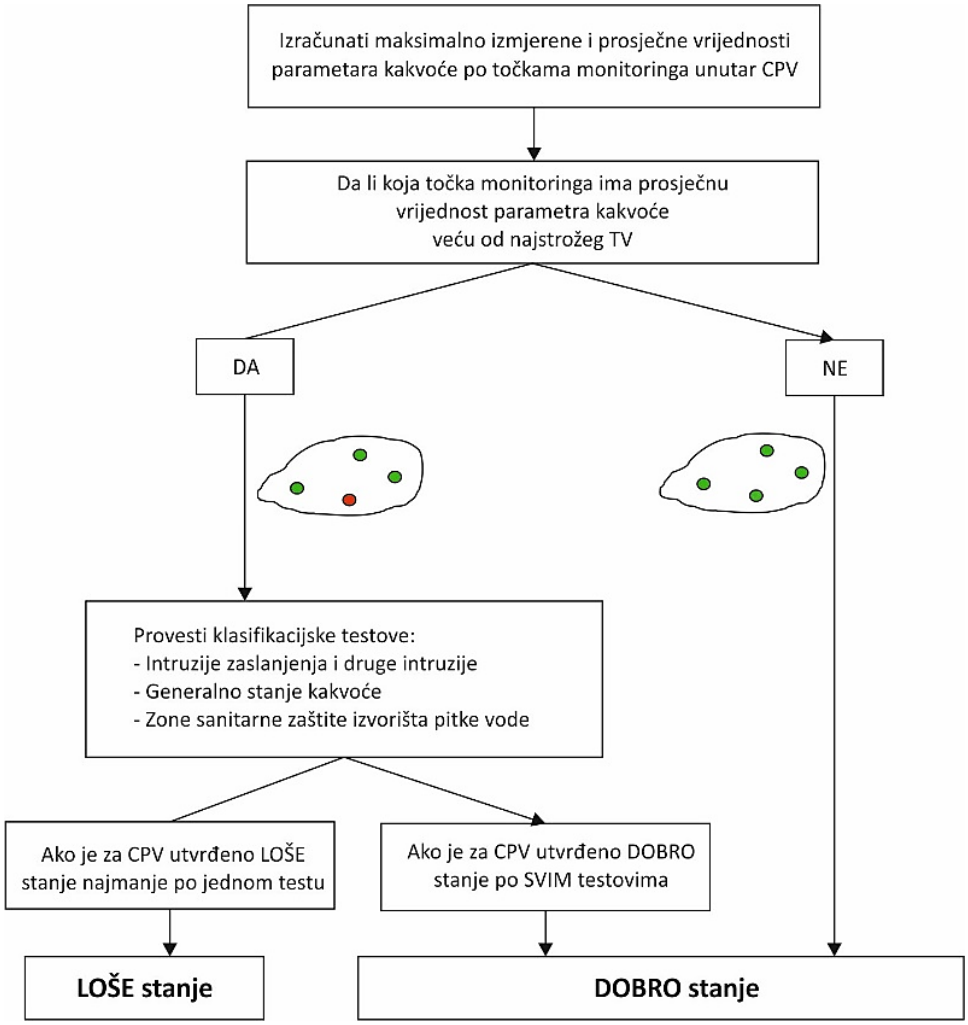
Za učinkovitu procjenu kvalitativnoga stanja podzemnih voda i analizu trendova potrebno je pravilno pripremiti baze podataka kemijskih analiza iz nadzornoga i operativnoga monitoringa. Prije svega, potrebno je ujednačiti kemijski prikaz pojedinih parametara u isti oblik (primjerice nitrati se mogu prikazati u nekim analizama u obliku mg N/L umjesto mg NO_3^-/L kako su prikazani u ODV i Pravilniku (NN 125/2013). Također, prilikom statističke obrade rezultata kemijskih analiza iz nadzornoga i operativnoga monitoringa problem predstavljaju i vrijednosti parametara koje su ispod granice detekcije (<*GD*, *engl.* <*LOQ*). Ove vrijednosti su podložne promjenama vrijednosti ovisno o laboratoriju koji je izrađivao analizu kao i pri dolasku do eventualnih promjena instrumenata na kojima su izvedene analize. Kako bi se izjednačile analize i dobili kvalitetniji podatci vrijednost najvećega *GD* za pojedini parametar za svaku pojedinu točku monitoringa se zamjenjuje s *GD*/2, a sve analize koje su niže od dobivene vrijednosti *GD*/2 se zamjenjuju tom vrijednošću (CIS VODIČ br. 18, 2009). Ovaj se postupak provodi kako bi se izbjegli nerealni trendovi po parametrima prema naputcima iz tehničkih vodiča. Iznimka ovakvome pristupu računanja *GD* vrijednosti su ukupni

pesticidi upravo iz razloga što su isti mjereni pojedinačno (svaki od pesticida podvrgnutih analizi ima svoj *GD* te bi se kod sume pojedinačnih pesticida dobio privid većih koncentracija u podzemnim vodama od onih stvarnih).

3.2. Testovi za procjenu kvalitativnoga stanja podzemnih voda

Ocjena stanja kakvoće podzemnih voda u krškom dijelu Republike Hrvatske provodi se po cjelinama podzemne vode u nekoliko koraka (*Slika 7*). Prvi je korak provođenje testa kojim se ocjenjuje trebaju li se u nekoj CPV provoditi pojedinačni klasifikacijski testovi.

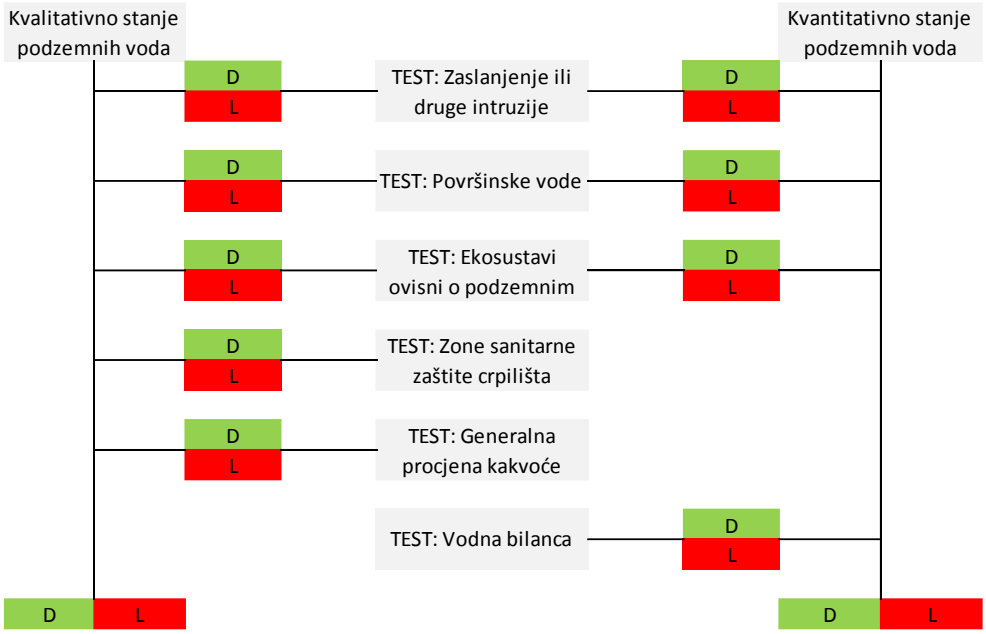
Ovaj test analizira se na način da se ispita prelazi li neki od propisanih parametara kakvoće u srednjim vrijednostima na bilo kojoj točci monitoringa unutar CPV graničnu vrijednost (TV). CPV-u se daje ocjena DOBROGA STANJA ukoliko na niti jednoj od točaka unutar CPV-a nema prekoračenja TV vrijednosti i ako nije potrebno provoditi pojedinačne testove za ocjenu stanja. Za pouzdanost ove procjene uzimaju se dvije kategorije: VISOKA, ukoliko je procjena stanja određena temeljem analize na bar pet točaka monitoringa i na svim točkama monitoringa su maksimalne vrijednosti parametara kakvoće < TV, te NISKA, ukoliko je procjena stanja izrađena temeljem manje od pet točaka monitoringa i/ili je neki od parametara kakvoće u maksimalnim koncentracijama > TV (CIS VODIČ br. 18, 2009). No, ako najmanje jedna točka monitoringa unutar grupirane CPV za neki od parametara prelazi graničnu vrijednost provode se klasifikacijski testovi na razini CPV u kojoj se nalazi točka monitoringa na kojoj je zabilježeno prekoračenje TV vrijednosti kako bi se utvrdilo uzrokuje li to prekoračenje nepostizanje dobroga stanja podzemnih voda. U tome slučaju ako najmanje jedan klasifikacijski test ukazuje na loše stanje tada CPV ulazi u kategoriju LOŠEGA STANJA.



Slika 7. Metodološki pristup ocjeni stanja kakvoće podzemnih voda CPV krškoga područja. (BIONDIĆ, R. et al., 2016)

Kroz Okvirnu direktivu o vodama (ODV, 2000) i Direktivu o podzemnim vodama (DPV, 2006) definiran je niz uvjeta koji propisuju postizanje dobroga stanja podzemnih voda. Testovi za određivanje kemijskoga stanja podzemnih voda su: Test zaslanjenja i drugih intruzija, Test za površinske vode, Test za ekosustave ovisne o podzemnim vodama, Test za zone sanitarne zaštite crpilišta i Test generalne procjene kakvoće.

U ovome radu od navedenih testova bit će prikazana i korištena metodologija provođenja testova Generalna procjena kakvoće, Zaslanjenje i druge intruzije te Zone sanitarne zaštite. U nastavku je shematski prikazan algoritam provođenja i donošenja ocjene stanja podzemnih voda, s posebnim naglaskom na ocjenu kvalitativnoga stanja podzemnih voda s obzirom na tematiku ovoga rada (*Slika 8*).



Slika 8. Klasifikacijski testovi za procjenu stanja podzemnih voda krškoga područja.

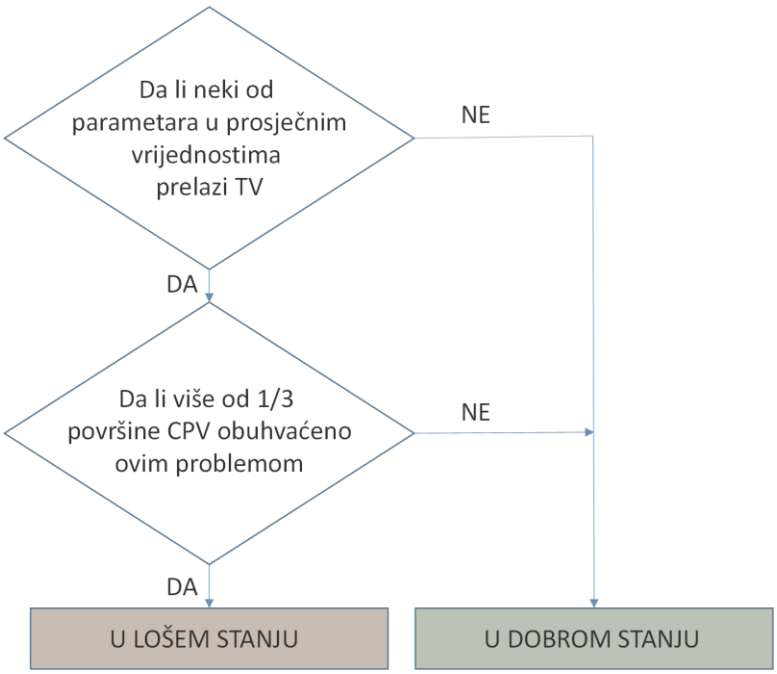
Kao konačan rezultat procjene stanja uzima se najgori rezultat iz svih pojedinačnih testova na način da se najgori rezultat pojedinačnih testova za kvalitativno stanje podzemnih voda izvještava kao konačno kvalitativno stanje. Pouzdanost procjene se izvještava na isti način.

3.2.1. Test Generalna procjena kakvoće podzemnih voda

Ovaj se test provodi sa svrhom utvrđivanja značajnih degradacija kakvoće podzemnih voda koje mogu ugroziti strateško korištenje podzemnih voda za postojeće ili planirane zahvate za ljudsku potrošnju i/ili druge planirane zahvate. Postupak se provodi u dva koraka (*Slika 9;* BIONDIĆ, R. et al., 2016):

1. Utvrđuje se ima li unutar CPV točaka monitoringa na kojima neki od parametara kakvoće prelaze u prosječnim vrijednostima zadane *TV* vrijednosti te u zadnjoj godini 75 % TV. Ako takvih točaka nema, CPV je u dobrome stanju.
2. Na drugoj se razini promatra opseg problema tako da se određuje je li više od jedne trećine površine CPV obuhvaćeno ovim problemom i ako je, CPV se ocjenjuje u loše stanje. U slučaju da utjecaj nije obuhvatio više od trećine površine CPV ocjenjuje se kategorijom u dobrome stanju sukladno ovome testu.

Ukoliko u pojedinoj CPV postoji 3 ili manje točaka opažanja i ograničeni broj dodatnih podataka pouzdanost se procjenjuje kao niska, a ukoliko postoji veliki broj podataka i dodatnih analiza koje potkrjepljuju stanje kakvoće u pojedinom CPV pouzdanost se procjenjuje kao visoka.



Slika 9. Algoritamski postupak testa Generalna procjena kakvoće podzemnih voda. (BIONDIĆ, R. et al., 2016)

3.2.2. Test Zaslanjenje i druge intruzije

Ovaj test provodi se u nekoliko koraka (*Slika 10;* BIONDIĆ, R. et al., 2016):

1. Temeljem izrađenoga konceptualnoga modela CPV se procjenjuje mogućnost zaslanjenja ovisno o otvorenosti geoloških struktura prema utjecaju mora, odnosno geološkim odnosima u slivu koji mogu utjecati na neke druge intruzije. Ukoliko takvih mogućnosti nema CPV je u dobrome stanju.

2. Ako mogućnost zaslanjenja postoji, analizira se vrijednost električne vodljivosti. Granična vrijednost (*TV*) je za test zaslanjenja je postavljena na 50 % vrijednosti standarda za pitku vodu kako bi potencijalna intruzija zaslanjene vode mogla biti identificirana znatno ranije nego što postane problem za ljudsku potrošnju. Ukoliko

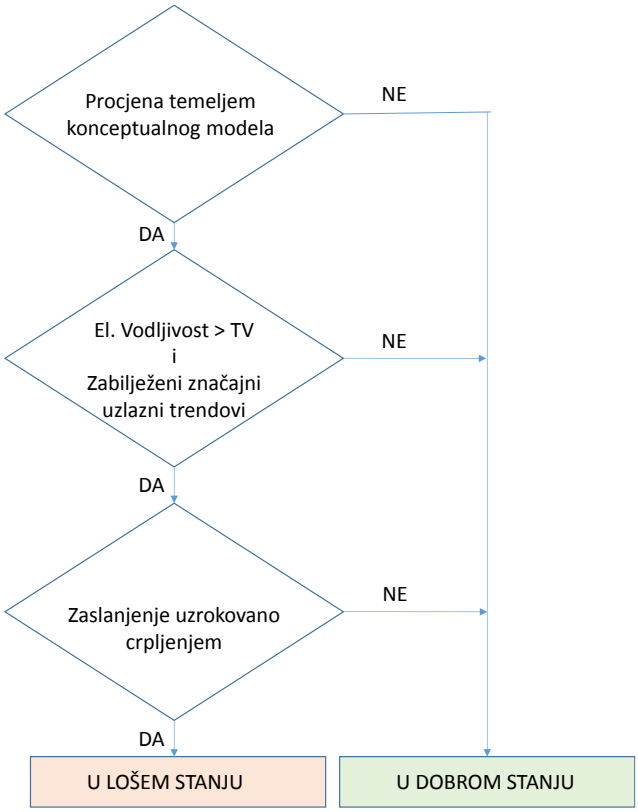
nema povišenih prosječnih koncentracija i nema zabilježenih statistički značajnih uzlaznih trendova, CPV se ocjenjuje u dobrome stanju.

3. Ako je električna vodljivost na razini CPV za razmatrano razdoblje veća od graničnih vrijednosti, ili su zabilježeni statistički značajni uzlazni trendovi, tada se analizira je li to uzrokovano crpljenjem podzemne vode. Ako se utvrdi da crpljenje ne utječe na povećanje električne vodljivosti, CPV je u dobrome stanju. U suprotnom, CPV je u lošemu stanju.

4. Zadnji korak testa je analiza je li zaslanjenje uzrokovano antropogenim utjecajem ili je prirodno. Pod antropogenim utjecajem podrazumijeva se prekomjerno crpljenje koje u uvjetima vrlo labilne ravnoteže slatke i slane vode u podzemlju može narušiti tu ravnotežu i uzrokovati pojavu zaslanjenja priobalnoga vodonosnika. Ti se događaji obično događaju tijekom ljetnih sušnih razdoblja kada je uz dugotrajno sušno razdoblje i smanjene dotoke podzemne vode iz zaleđa dodatni element koji utječe na zaslanjenje i povećanje potreba za crpnim količinama zbog dolaska turista u priobalna područja.

Antropogeni utjecaj na zaslanjenje moguće je identificirati analizom crpnih količina na pojedinačnim objektima crpilišta i električne vodljivosti crpljene vode na tim istim objektima. Obično nema tako detaljnih podataka već se mjerenje električne vodljivosti na crpilištima provodi na dnevnoj osnovi, osim na najvećim crpilištima gdje su postavljeni instrumenti za kontinuirano mjerenje električne vodljivosti. Također, podatci o količinama crpljenja upisuju se u knjigu crpljenja kroz sate rada crpki. Analizom crpljenja i mjerenjem električne vodljivosti na crpnome objektu dobiva se određena potvrda je li zaslanjenje uzrokovano antropogenim utjecajem. Za kvalitetniju analizu potrebno je izraditi piezometarske bušotine i opremiti ih automatskim mjeračima električne vodljivosti po dubini vodonosnika. Te je bušotine potrebno izraditi uzvodno i nizvodno od crpilišta kako bi se odredila zona u kojoj se događa zaslanjenje zbog prekomjernoga crpljenja.

Pouzdanost analize se procjenjuje na način da ukoliko u pojedinom CPV postoji 3 ili manje točaka opažanja i ograničeni broj dodatnih podataka pouzdanost se procjenjuje kao niska, a ukoliko postoji veliki broj podataka i dodatnih analiza koje potkrjepljuju stanje kakvoće u pojedinom CPV pouzdanost se procjenjuje kao visoka.



Slika 10. Algoritamski postupak testa Zaslanjenje i druge intruzije. (BIONDIĆ, R. et al., 2016)

3.2.3. Test Zone sanitarne zaštite izvorišta vode za piće

Na krškome području unutar svih CPV nalaze se područja obuhvaćena zonama sanitarne zaštite izvorišta vode za piće. Test se provodi po sljedećim koracima (*Slika 11;* BIONDIĆ, R. et al., 2016):

1. Izračunaju se srednje vrijednosti parametara kakvoće na godišnjoj razini po točkama monitoringa.

2. Ako niti jedna srednja godišnja vrijednost kroz obrađivano razdoblje ne prelazi 75 % *TV* vrijednosti, CPV se nalazi u dobrome stanju s visokom pouzdanošću.

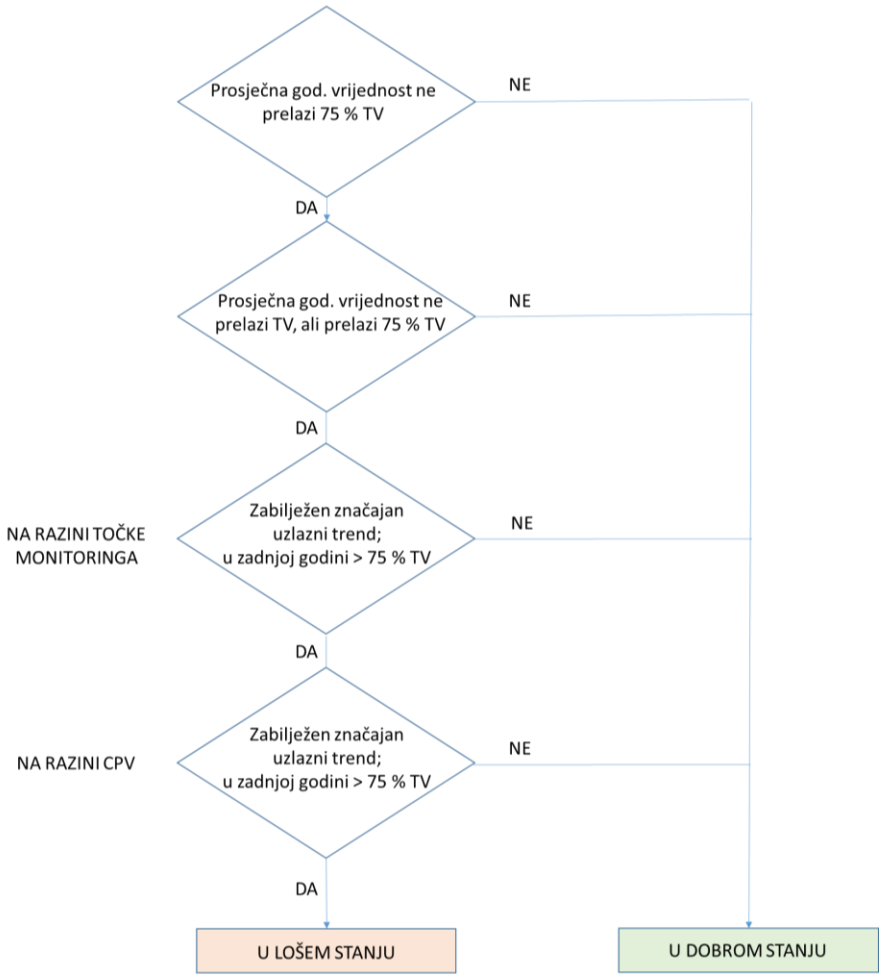
3. Ako niti jedna točka u srednjim godišnjim vrijednostima ne prelazi *TV*, a dio njih prelazi 75 %, CPV je u dobrome stanju, ali s niskom pouzdanošću.

4. Provodi se analiza trendova na razini točke monitoringa. Ako je na točki monitoringa zabilježen značajan uzlazni trend i u zadnjoj godini prelazi 75 % *TV*

prelazi se u sljedeći korak. U slučaju da nema zabilježenoga uzlaznog trenda i u zadnjoj godini vrijednost kritičnog parametra kakvoće ne prelazi 75 % *TV* onda je CPV u dobrome stanju s niskom pouzdanošću.

5. Provodi se analiza trendova na razini točke monitoringa. Ako je na razini CPV zabilježen značajan uzlazni trend za kritični parametar kakvoće i u zadnjoj godini prelazi 75 % *TV* onda je CPV u lošemu stanju.

Dodatni uvjet za procjenu pouzdanosti je broj točaka monitoringa unutar CPV. Ukoliko u pojedinom CPV postoji 3 ili manje točaka opažanja i ograničeni broj dodatnih podataka pouzdanost se procjenjuje kao niska, a ukoliko postoji veliki broj podataka i dodatnih analiza koje potkrjepljuju stanje kakvoće u pojedinom CPV pouzdanost se procjenjuje kao visoka.



Slika 11. Algoritamski postupak testa Zone sanitarne zaštite izvorišta vode za piće. (BIONDIĆ, R. et al., 2016)

3.3. Rezultati analize stanja kakvoće podzemnih voda CPV Južna Istra

Za procjenu kvalitativnoga stanja podzemnih voda CPV Južna Istra od raspoloživih postaja monitoringa odabrane su sljedeće točke opažanja: Tivoli, Rizzi, Valdragon (3), Campanož, Fojbon, Škatari, Šišan, Ševe i Jadreški.

Za analizu stanja kakvoće podzemnih voda u CPV Južna Istra korištena je baza podataka iz monitoringa sirove (neprerađene) vode crpilišta javne vodoopskrbe jer na području CPV Južna Istra u Nacionalnom nadzornom monitoringu (prema najnovijem Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analiza vode za ljudsku potrošnju - NN 125/2013) površinskih i podzemnih voda je samo postaja Tivoli. Podatci se nalaze u Bazi podataka Hrvatskoga zavoda za javno zdravstvo i Hrvatskih voda i moguće ih je koristiti, kako za potrebe izvješćivanja Europske komisije, tako i za sve druge potrebe u ovisnosti o ovlastima tražitelja. Usprkos tome što su u bazi podataka opažani parametri kakvoće podzemnih voda i na postaji nadzornoga monitoringa Lokvere, zbog samo dva provedena mjerenja nisu uzeti kao relevantni za utvrđivanje kvalitativnoga stanja podzemnih voda CPV Južna Istra.

Inicijalnim testom kakvoće analizirano je prelazi li bilo koji odabrani parametar kakvoće u maksimalnim i/ili srednjim vrijednostima graničnu vrijednost kakvoće podzemnih voda (*TV*) na pojedinim točkama monitoringa.

Sve točke monitoringa koje će biti navedene u nastavku (*Tablica 4, Tablica 5, Tablica 6, Tablica 7, Tablica 8, Tablica 9, Tablica 10, Tablica 11,* te *Tablica 12*) nalaze se u Istarskoj županiji na širem području grada Pule. Svi ovi vodni objekti su u nadležnosti Vodovoda Pula d.o.o. koji je zadužen za vodoopskrbu stanovništva toga područja. Vrijednosti iznad *TV* su naznačene crvenim podebljanim slovnim formatom.

Na postaji monitoringa Tivoli nije zabilježeno prekoračenje *TV* nijednoga ispitivanoga parametra kakvoće podzemnih voda niti u prosječnim niti u maksimalnim vrijednostima.

Na postaji monitoringa Rizzi je zabilježeno prekoračenje *TV* i u prosječnim i maksimalnim koncentracijama za nitrate, dok ostali ispitivani parametri kakvoće podzemnih voda ne premašuju definirane granične vrijednosti (*TV*), niti u maksimalnim niti u prosječnim vrijednostima.

Tablica 4. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Tivoli.

		Vrijednosti	
Parametri	***TV***	**prosječna**	**maksimalna**
Otopljeni kisik	*nema izrazite promjene*	5,31	nema izrazite promjene
pH	*6,5 – 9,5*	6,96	6,90 – 7,10
Električna vodljivost	*1250 µS/cm (zaslanjenje)*	762	782
Nitrati	*37,5 mg/L*	16,56	18,10
Amonij	*0,5 mg/L*	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,5 µg/l*	0,0203	0,0352
Arsen	*10 µg/l*	-	-
Kadmij	*5 µg/l*	-	-
Olovo	*10 µg/l*	-	-
Živa	*1 µg/l*	-	-
Kloridi	*250 mg/L*	32,09	35,10
Sulfati	*250 mg/L*	22,11	28,20
Ortofosfati	*0,2 mg/L*	0,0191	0,0930
Σ trikloreten i tetrakloreten	*10 µg/l*	1,33	3,30

Tablica 5. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Rizzi.

		Vrijednosti	
Parametri	***TV***	**prosječna**	**maksimalna**
Otopljeni kisik	*nema izrazite promjene*	-	-
pH	*6,5 – 9,5*	7,04	6,90 – 7,20
Električna vodljivost	*1250 µS/cm (zaslanjenje)*	768	783
Nitrati	*37,5 mg/L*	**43,54**	**49,80**
Amonij	*0,5 mg/L*	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,5 µg/l*	-	-
Arsen	*10 µg/l*	-	-
Kadmij	*5 µg/l*	-	-
Olovo	*10 µg/l*	-	-
Živa	*1 µg/l*	-	-
Kloridi	*250 mg/L*	32,51	37,20
Sulfati	*250 mg/L*	26,25	26,80
Ortofosfati	*0,2 mg/L*	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*10 µg/l*	0,05	0,05

Tablica 6. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Valdragon (3).

		Vrijednosti	
Parametri	***TV***	**prosječna**	**maksimalna**
Otopljeni kisik	*nema izrazite promjene*	-	-
pH	*6,5 – 9,5*	7,16	6,90 – 7,60
Električna vodljivost	*1250 µS/cm (zaslanjenje)*	725	761
Nitrati	*37,5 mg/L*	32,89	**49,70**
Amonij	*0,5 mg/L*	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,5 µg/l*	-	-
Arsen	*10 µg/l*	-	-
Kadmij	*5 µg/l*	-	-
Olovo	*10 µg/l*	-	-
Živa	*1 µg/l*	-	-
Kloridi	*250 mg/L*	33,86	55,30
Sulfati	*250 mg/L*	22,13	35,90
Ortofosfati	*0,2 mg/L*	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*10 µg/l*	0,05	0,05

Tablica 7. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Campanož.

		Vrijednosti	
Parametri	***TV***	**prosječna**	**maksimalna**
Otopljeni kisik	*nema izrazite promjene*	-	-
pH	*6,5 – 9,5*	7,15	7,00 – 7,30
Električna vodljivost	*1250 µS/cm (zaslanjenje)*	710	729
Nitrati	*37,5 mg/L*	**44,70**	**46,30**
Amonij	*0,5 mg/L*	0,0213	0,0700
Pesticidi ukupno	*0,5 µg/l*	-	-
Arsen	*10 µg/l*	-	-
Kadmij	*5 µg/l*	-	-
Olovo	*10 µg/l*	-	-
Živa	*1 µg/l*	-	-
Kloridi	*250 mg/L*	37,	68,70
Sulfati	*250 mg/L*	24,44	29,00
Ortofosfati	*0,2 mg/L*	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*10 µg/l*	0,13	0,25

Tablica 8. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Fojbon.

		Vrijednosti	
Parametri	***TV***	**prosječna**	**maksimalna**
Otopljeni kisik	*nema izrazite promjene*	-	-
pH	*6,5 – 9,5*	7,07	6,90 - 7,20
Električna vodljivost	*1250 µS/cm (zaslanjenje)*	769	784
Nitrati	*37,5 mg/L*	**44,70**	**46,30**
Amonij	*0,5 mg/L*	0,0274	0,0903
Pesticidi ukupno	*0,5 µg/l*	-	-
Arsen	*10 µg/l*	-	-
Kadmij	*5 µg/l*	-	-
Olovo	*10 µg/l*	-	-
Živa	*1 µg/l*	-	-
Kloridi	*250 mg/L*	37,38	39,90
Sulfati	*250 mg/L*	24,40	28,20
Ortofosfati	*0,2 mg/L*	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*10 µg/l*	0,14	0,25

Na postaji monitoringa Valdragon (3) je zabilježeno prekoračenje *TV* u maksimalnim koncentracijama za nitrate, dok ostali ispitivani parametri kakvoće podzemnih voda ne premašuju definirane granične vrijednosti (*TV*), niti u maksimalnim niti u prosječnim vrijednostima.

Na postaji monitoringa Campanož je zabilježeno prekoračenje *TV* i u prosječnim i maksimalnim koncentracijama za nitrate, dok ostali ispitivani parametri kakvoće podzemnih voda ne premašuju definirane granične vrijednosti (*TV*), niti u maksimalnim niti u prosječnim vrijednostima.

Na postaji monitoringa Fojbon je zabilježeno prekoračenje *TV* i u prosječnim i maksimalnim koncentracijama za nitrate, dok ostali ispitivani parametri kakvoće podzemnih voda ne premašuju definirane granične vrijednosti (*TV*), niti u maksimalnim niti u prosječnim vrijednostima.

Na postaji monitoringa Škatari je zabilježeno prekoračenje *TV* i u prosječnim i maksimalnim koncentracijama za nitrate, dok ostali ispitivani parametri kakvoće podzemnih voda ne premašuju definirane granične vrijednosti (*TV*), niti u maksimalnim niti u prosječnim vrijednostima.

Tablica 9. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Škatari.

		Vrijednosti	
Parametri	***TV***	**prosječna**	**maksimalna**
Otopljeni kisik	*nema izrazite promjene*	-	-
pH	*6,5 – 9,5*	7,12	6,90 – 7,40
Električna vodljivost	*1250 µS/cm (zaslanjenje)*	858	878
Nitrati	*37,5 mg/L*	**56,59**	**66,50**
Amonij	*0,5 mg/L*	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,5 µg/l*	-	-
Arsen	*10 µg/l*	-	-
Kadmij	*5 µg/l*	-	-
Olovo	*10 µg/l*	-	-
Živa	*1 µg/l*	-	-
Kloridi	*250 mg/L*	45,96	54,10
Sulfati	*250 mg/L*	30,49	36,80
Ortofosfati	*0,2 mg/L*	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*10 µg/l*	0,05	0,05

Na postaji monitoringa Šišan je zabilježeno prekoračenje *TV* i u prosječnim i maksimalnim koncentracijama za nitrate, dok ostali ispitivani parametri kakvoće podzemnih voda ne premašuju definirane granične vrijednosti (*TV*), niti u maksimalnim niti u prosječnim vrijednostima.

Na postaji monitoringa Ševe nije zabilježeno prekoračenje *TV* nijednoga ispitivanoga parametra kakvoće podzemnih voda niti u prosječnim niti u maksimalnim vrijednostima.

Na postaji monitoringa Jadreški je zabilježeno prekoračenje *TV* i u prosječnim i maksimalnim koncentracijama za nitrate, dok ostali ispitivani parametri kakvoće podzemnih voda ne premašuju definirane granične vrijednosti (*TV*), niti u maksimalnim niti u prosječnim vrijednostima.

Tablica 10. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Šišan.

		Vrijednosti	
Parametri	***TV***	**prosječna**	**maksimalna**
Otopljeni kisik	*nema izrazite promjene*	-	-
pH	*6,5 – 9,5*	7,02	6,90 – 7,20
Električna vodljivost	*1250 µS/cm (zaslanjenje)*	830	870
Nitrati	*37,5 mg/L*	**42,69**	**48,60**
Amonij	*0,5 mg/L*	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,5 µg/l*	*< GD*	*< GD*
Arsen	*10 µg/l*	0,56	1,00
Kadmij	*5 µg/l*	1	1
Olovo	*10 µg/l*	2,34	5,0
Živa	*1 µg/l*	0,15	0,15
Kloridi	*250 mg/L*	66,84	101,00
Sulfati	*250 mg/L*	16,33	21,40
Ortofosfati	*0,2 mg/L*	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*10 µg/l*	0,14	0,48

Tablica 11. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Ševe.

		Vrijednosti	
Parametri	***TV***	**prosječna**	**maksimalna**
Otopljeni kisik	*nema izrazite promjene*	-	-
pH	*6,5 – 9,5*	7,08	6,89 – 7,24
Električna vodljivost	*1250 µS/cm (zaslanjenje)*	767	861
Nitrati	*37,5 mg/L*	28,87	35,30
Amonij	*0,5 mg/L*	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,5 µg/l*	*< GD*	*< GD*
Arsen	*10 µg/l*	0,5	0,5
Kadmij	*5 µg/l*	1	1
Olovo	*10 µg/l*	1,5	1,5
Živa	*1 µg/l*	0,15	0,15
Kloridi	*250 mg/L*	71,03	102,00
Sulfati	*250 mg/L*	19,34	23,30
Ortofosfati	*0,2 mg/L*	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*10 µg/l*	0,18	1,45

Tablica 12. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Jadreški.

		Vrijednosti	
Parametri	***TV***	**prosječna**	**maksimalna**
Otopljeni kisik	*nema izrazite promjene*	-	-
pH	*6,5 – 9,5*	7,04	6,90 – 7,20
Električna vodljivost	*1250 µS/cm (zaslanjenje)*	869	917
Nitrati	*37,5 mg/L*	**43,59**	**52,00**
Amonij	*0,5 mg/L*	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,5 µg/l*	*< GD*	*< GD*
Arsen	*10 µg/l*	0,5	0,5
Kadmij	*5 µg/l*	1	1
Olovo	*10 µg/l*	2,28	7,60
Živa	*1 µg/l*	0,15	0,15
Kloridi	*250 mg/L*	59,15	78,40
Sulfati	*250 mg/L*	29,75	46,70
Ortofosfati	*0,2 mg/L*	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*10 µg/l*	0,21	0,95

Zaključno. Na gotovo svim točkama monitoringa u CPV Južna Istra analizom ispitivanih parametara kakvoće podzemnih voda u maksimalnim i u srednjim vrijednostima je prisutno prekoračenje definiranih graničnih vrijednosti (*TV*). Naime, povišena je koncentracija nitrata na većini točaka monitoringa i u maksimalnim, ali i u prosječnim vrijednostima koncentracija. Na zdencima Rizzi, Campanož, Fojbon, Škatari, Šišan i Jadreški koncentracije nitrata prekoračuju *TV* vrijednosti i u prosječnim i u maksimalnim koncentracijama, a na zdencu Valdragon (3) je zabilježeno prekoračenje maksimalnih *TV* vrijednosti. Time su na CPV Južna Istra provedeni klasifikacijski testovi za ocjenu kvalitativnoga, odnosno kemijskoga stanja podzemnih voda.

3.3.1. Rezultati testa Generalna procjena kakvoće podzemnih voda

Ovim testom prvenstveno je analizirano nalaze li se unutar CPV točke monitoringa na kojima neki od parametara kakvoće prelaze u prosječnim vrijednostima zadane *TV* vrijednosti. U CPV Južna Istra to je slučaj s koncentracijama nitrata na zdencima Rizzi, Campanož, Fojbon, Škatari, Šišan i Jadreški.

Potom je analiziran opseg ovih problema na način da se ocijeni je li više od jedne trećine površine CPV obuhvaćeno prekoračenim koncentracijama nitrata. Zdenci na kojima je u

prosječnim koncentracijama kroz cjelokupno razdoblje obrade (2009.-2013.) zabilježeno prekoračenje *TV* vrijednosti pokrivaju vrlo veliku zonu u širem području grada Pule. Njihovo područje prihranjivanja ide i preko granica ove CPV u CPV Središnju Istru. Prema analizi utjecaja i pritisaka povišena koncentracija nitrata očekuje se nizvodno od pulskog aerodroma, odnosno poljoprivrednoga dobra kaznionice u Valturi. To čini više od polovice ove CPV te se prema ovome testu CPV Južna Istra ocjenjuje U LOŠE STANJE.

Pouzdanost procjene je VISOKA jer je na području CPV Južna Istra u analizu kvalitativnoga stanja podzemnih voda uključeno 9 točaka monitoringa te su na svima opažani nitrati.

3.3.2. Rezultati testa Zaslanjenje i druge intruzije

Početni korak testa je procjena mogućnosti zaslanjenja temeljem konceptualnoga modela CPV. Ta mogućnost postoji u priobalnome području, odnosno području gdje se nalaze zdenci koji su bili korišteni za potrebe pulskoga vodovoda. Oni se danas uglavnom ne koriste i time je smanjen moguć utjecaj prodora zaslanjene vode u priobalni vodonosnik. Drugi negativan mogući utjecaj na povišenje saliniteta u podzemnim vodama na ovome području je vrlo veliki broj privatnih bušotina i zdenaca iz kojih se voda nekontrolirano crpi za potrebe navodnjavanja privatnih posjeda. Procjenjuje se da je na ovome području više od 1.000 takvih objekata.

Na svim točkama monitoringa u CPV Južna Istra analize vrijednosti električne vodljivosti ukazuju na to da su i u prosječnim vrijednostima, ali i u maksimalnim niže od zadanih *TV* za ovaj test. Isto tako, sve maksimalne i prosječne koncentracije klorida i sulfata su također bile niže od zadanih *TV* vrijednosti na svim točkama opažanja. Statističkim analizama trendova zaključeno je kako ove vrijednosti imaju trendove blagoga pada u razdoblju (BIONDIĆ, R. et al., 2016).

Vrijednosti električnih vodljivosti u odnosu na *TV* vrijednosti po pojedinim postajama monitoringa u CPV Južna Istra iskazane su u µS/cm na sljedećim tabličnim prikazima (*Tablica 13, Tablica 14, Tablica 15, Tablica 16, Tablica 17, Tablica 18, Tablica 19, Tablica 20, te Tablica 21*).

Tablica 13. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Tivoli.

Vremenska razdoblja		**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Električna vodljivost (µS/cm)	$CND_{sred.}$	-	766	758	774	774
	$CND_{maks.}$	-	782	763	780	781
TV		*1250*	*1250*	*1250*	*1250*	*1250*

Tablica 14. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Rizzi.

Vremenska razdoblja		**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Električna vodljivost (µS/cm)	$CND_{sred.}$	-	754	709	789	766
	$CND_{maks.}$	-	762	717	802	777
TV		*1250*	*1250*	*1250*	*1250*	*1250*

Tablica 15. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Valdragon (3).

Vremenska razdoblja		**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Električna vodljivost (µS/cm)	$CND_{sred.}$	-	742	709	717	719
	$CND_{maks.}$	-	761	717	848	830
TV		*1250*	*1250*	*1250*	*1250*	*1250*

Tablica 16. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Campanož.

Vremenska razdoblja		**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Električna vodljivost (µS/cm)	$CND_{sred.}$	-	704	716	746	712
	$CND_{maks.}$	-	725	729	751	740
TV		*1250*	*1250*	*1250*	*1250*	*1250*

Tablica 17. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Fojbon.

Vremenska razdoblja		**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Električna vodljivost (µS/cm)	$CND_{sred.}$	-	-	-	758	763
	$CND_{maks.}$	-	-	-	770	784
TV		*1250*	*1250*	*1250*	*1250*	*1250*

Tablica 18. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Škatari.

Vremenska razdoblja		**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Električna vodljivost (µS/cm)	$CND_{sred.}$	-	869	847	733	841
	$CND_{maks.}$	-	878	853	780	875
TV		*1250*	*1250*	*1250*	*1250*	*1250*

Tablica 19. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Šišan.

Vremenska razdoblja		**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Električna vodljivost (µS/cm)	$CND_{sred.}$	827	836	825	827	846
	$CND_{maks.}$	870	852	838	841	888
TV		*1250*	*1250*	*1250*	*1250*	*1250*

Tablica 20. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Ševe.

Vremenska razdoblja		**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Električna vodljivost (µS/cm)	$CND_{sred.}$	809	716	800	815	747
	$CND_{maks.}$	861	830	831	870	968
TV		*1250*	*1250*	*1250*	*1250*	*1250*

Tablica 21. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Jadreški.

Vremenska razdoblja		**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Električna vodljivost (µS/cm)	$CND_{sred.}$	788	874	904	787	805
	$CND_{maks.}$	831	892	917	821	832
TV		*1250*	*1250*	*1250*	*1250*	*1250*

Iz prethodnih rezultata vrijednosti električnih vodljivosti vidljivo je kako niti na jednoj postaji monitoringa nije zabilježeno prekoračenje zadanih *TV* vrijednosti, kako u osrednjenim vrijednostima kroz razdoblje obrade, tako ni u vršnim vrijednostima električne vodljivosti na točkama na kojima je izveden nadzorni monitoring.

Prema dva provedena koraka procjenjuje se da se CPV Južna Istra sukladno ovome testu nalazi U DOBROME STANJU i ne provodi se zadnji korak ovoga testa; procjena utjecaja crpljenja, a pouzdanost analize ovoga testa je VISOKA.

3.3.3. Rezultati testa Zone sanitarne zaštite izvorišta vode za piće

Analizom srednjih vrijednosti parametara kakvoće na godišnjoj razini po točkama monitoringa provodi se klasifikacijski test Zone sanitarne zaštite izvorišta vode za piće, a sama se analiza provodi u nekoliko koraka. Najprije se ispituje prelazi li srednja godišnja vrijednost pojedinoga parametra kakvoće 75 % *TV* vrijednosti te ukoliko neki parametar na nekoj točki monitoringa prelazi 75 % *TV* provodi se analiza prelazi li *TV* vrijednost pojedinoga parametra. Vrijednosti koje čine 75 % *TV* vrijednosti za parametre kakvoće izračunate su i prikazane u *Tablica 22*.

Prikaz svih izračunatih vrijednosti parametara kakvoće podzemne vode po točkama monitoringa za CPV Južna Istra je prikazan u narednim tablicama (*Tablica 23*, *Tablica 24*, *Tablica 25*, *Tablica 26*, *Tablica 27*, *Tablica 28*, *Tablica 29*, *Tablica 30*, te *Tablica 31*). Vrijednosti iznad *TV* za ovaj klasifikacijski test su naznačene crvenim podebljanim slovnim formatom.

Tablica 22. Izračun 75 % (TV) vrijednosti za test Zone sanitarne zaštite izvorišta vode za piće.

Parametri	***TV***	**75 % (*TV*)**
pH	6,5 – 9,5	6,85 – 9,15
Električna vodljivost	2500 µS/cm	1875 µS/cm
Nitrati	37,5 mg/L	28,125 mg/L
Amonij	0,5 mg/L	0,375 mg/L
Pesticidi ukupno	0,5 µg/l	0,375 µg/l
Arsen	10 µg/l	7,5 µg/l
Kadmij	5 µg/l	3,75 µg/l
Olovo	10 µg/l	7,5 µg/l
Živa	1 µg/l	0,75 µg/l
Kloridi	250 mg/L	187,5 mg/L
Sulfati	250 mg/L	187,5 mg/L
Ortofosfati	0,2 mg/L	0,15 mg/L
Σ trikloreten i tetrakloreten	10 µg/l	7,5 µg/l

Tablica 23. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Tivoli.

		Vremenska razdoblja obrade				
Parametri	**75 % (*TV*)**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
pH	*6,85 – 9,15*	-	6,95	7,00	6,90	6,95
Električna vodljivost	*1875 µS/cm*	-	766	758	830	853
Nitrati	*28,125 mg/L*	-	16,30	15,80	17,85	16,30
Amonij	*0,375 mg/L*	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,375 µg/l*	-	-	-	0,0235	0,0188
Arsen	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Kadmij	*3,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Olovo	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Živa	*0,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Kloridi	*187,5 mg/L*	-	30,75	30,30	34,75	32,55
Sulfati	*187,5 mg/L*	-	25,80	19,55	16,85	26,25
Ortofosfati	*0,15 mg/L*	-	0,0255	0,0117	0,0133	0,0142
Σ trikloreten i tetrakloreten	*7,5 µg/l*	-	0,10	0,10	2,38	2,75

Na postaji monitoringa Tivoli prosječne vrijednosti svih parametara su manje od 75 % (*TV*).

Tablica 24. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Rizzi.

		Vremenska razdoblja obrade				
Parametri	**75 % (*TV*)**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
pH	*6,85 – 9,15*	-	7,05	7,05	7,00	7,05
Električna vodljivost	*1875 µS/cm*	-	754	783	789	766
Nitrati	*28,125 mg/L*	-	**47,60**	**43,45**	**41,70**	**41,40**
Amonij	*0,375 mg/L*	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,375 µg/l*	-	-	-	-	-
Arsen	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Kadmij	*3,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Olovo	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Živa	*0,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Kloridi	*187,5 mg/L*	-	36,20	36,75	36,70	33,25
Sulfati	*187,5 mg/L*	-	31,70	28,40	26,10	26,40
Ortofosfati	*0,15 mg/L*	-	-	-	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*7,5 µg/l*	-	0,05	0,05	0,05	0,05

Tablica 25. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Valdragon (3).

		Vremenska razdoblja obrade				
Parametri	**75 % (*TV*)**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
pH	*6,85 – 9,15*	-	7,06	7,10	7,27	7,15
Električna vodljivost	*1875 µS/cm*	-	742	709	717	735
Nitrati	*28,125 mg/L*	-	**28,80**	**32,40**	**36,70**	**29,35**
Amonij	*0,375 mg/L*	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,375 µg/l*	-	-	-	-	-
Arsen	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Kadmij	*3,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Olovo	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Živa	*0,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Kloridi	*187,5 mg/L*	-	31,45	30,35	30,05	28,85
Sulfati	*187,5 mg/L*	-	19,45	16,05	15,25	15,35
Ortofosfati	*0,15 mg/L*	-	-	-	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*7,5 µg/l*	-	0,05	0,05	0,05	0,05

Na postaji monitoringa Rizzi prosječne vrijednosti nitrata prekoračuju 75 % (*TV*), ali i *TV* vrijednosti za cijelo razdoblje obrade podataka na ovoj točki opažanja (2010.-2013.), dok su vrijednosti ostalih parametara ispod dozvoljenih vrijednosti definiranih za ovaj klasifikacijski test.

Na postaji monitoringa Valdragon (3) prosječne vrijednosti nitrata prekoračuju 75 % (*TV*), no ne i granične *TV* vrijednosti (manje su od 37,5 mg/L) za cijelo razdoblje obrade podataka na ovoj točki opažanja (2010.-2013.), dok su vrijednosti ostalih parametara ispod dozvoljenih vrijednosti definiranih za ovaj klasifikacijski test.

Na postaji monitoringa Campanož prosječne vrijednosti nitrata prekoračuju 75 % (*TV*), ali i *TV* vrijednosti za cijelo razdoblje obrade podataka na ovoj točki opažanja (2010.-2013.), dok su vrijednosti ostalih parametara ispod dozvoljenih vrijednosti definiranih za ovaj klasifikacijski test.

Tablica 26. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Campanož.

		Vremenska razdoblja obrade				
Parametri	**75 % (*TV*)**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
pH	*6,85 – 9,15*	-	7,22	7,20	7,10	7,05
Električna vodljivost	*1875 µS/cm*	-	704	716	746	712
Nitrati	*28,125 mg/L*	-	**59,55**	**69,45**	**54,05**	**49,60**
Amonij	*0,375 mg/L*	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,375 µg/l*	-	-	-	-	-
Arsen	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Kadmij	*3,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Olovo	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Živa	*0,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Kloridi	*187,5 mg/L*	-	37,80	40,55	54,00	37,95
Sulfati	*187,5 mg/L*	-	27,20	24,75	22,55	23,25
Ortofosfati	*0,15 mg/L*	-	-	-	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*7,5 µg/l*	-	0,18	0,10	0,10	0,13

Tablica 27. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Fojbon.

		Vremenska razdoblja obrade				
Parametri	**75 % (*TV*)**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
pH	*6,85 – 9,15*	-	-	-	6,90	7,15
Električna vodljivost	*1875 µS/cm*	-	-	-	758	781
Nitrati	*28,125 mg/L*	-	-	-	**43,55**	**45,85**
Amonij	*0,375 mg/L*	-	-	-	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,375 µg/l*	-	-	-	-	-
Arsen	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Kadmij	*3,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Olovo	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Živa	*0,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Kloridi	*187,5 mg/L*	-	-	-	37,75	37,00
Sulfati	*187,5 mg/L*	-	-	-	25,15	23,65
Ortofosfati	*0,15 mg/L*	-	-	-	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*7,5 µg/l*	-	-	-	0,18	0,10

Tablica 28. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Škatari.

		Vremenska razdoblja obrade				
Parametri	**75 % (*TV*)**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
pH	*6,85 – 9,15*	-	6,96	7,10	7,35	7,05
Električna vodljivost	*1875 µS/cm*	-	869	847	733	841
Nitrati	*28,125 mg/L*	-	**62,10**	**61,90**	**48,50**	**53,85**
Amonij	*0,375 mg/L*	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,375 µg/l*	-	-	-	-	-
Arsen	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Kadmij	*3,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Olovo	*7,5 µg/l*	-	-	-	-	-
Živa	*0,75 µg/l*	-	-	-	-	-
Kloridi	*187,5 mg/L*	-	45,85	45,10	46,80	46,10
Sulfati	*187,5 mg/L*	-	36,10	31,95	23,70	30,20
Ortofosfati	*0,15 mg/L*	-	-	-	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*7,5 µg/l*	-	0,05	0,05	0,05	0,13

Na postaji monitoringa Fojbon prosječne vrijednosti nitrata prekoračuju 75 % (*TV*), ali i *TV* vrijednosti za cijelo razdoblje obrade podataka na ovoj točki opažanja (2012.-2013.),

dok su vrijednosti ostalih parametara ispod dozvoljenih vrijednosti definiranih za ovaj klasifikacijski test.

Na postaji monitoringa Škatari prosječne vrijednosti nitrata prekoračuju 75 % (*TV*), ali i *TV* vrijednosti za cijelo razdoblje obrade podataka na ovoj točki opažanja (2010.-2013.), dok su vrijednosti ostalih parametara ispod dozvoljenih vrijednosti definiranih za ovaj klasifikacijski test.

Tablica 29. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Šišan.

		Vremenska razdoblja obrade				
Parametri	**75 % (*TV*)**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
pH	*6,85 – 9,15*	7,10	7,03	7,08	6,90	6,98
Električna vodljivost	*1875 µS/cm*	827	836	825	827	846
Nitrati	*28,125 mg/L*	**40,60**	**43,15**	**44,35**	**43,25**	**42,10**
Amonij	*0,375 mg/L*	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,375 µg/l*	*< GD*	*< GD*	*< GD*	*< GD*	*< GD*
Arsen	*7,5 µg/l*	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50
Kadmij	*3,75 µg/l*	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Olovo	*7,5 µg/l*	1,50	1,50	1,50	-	3,10
Živa	*0,75 µg/l*	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Kloridi	*187,5 mg/L*	85,73	59,63	67,08	63,53	58,25
Sulfati	*187,5 mg/L*	11,89	18,50	17,18	15,58	19,05
Ortofosfati	*0,15 mg/L*	-	-	-	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*7,5 µg/l*	0,30	0,10	0,10	0,14	0,21

Na postaji monitoringa Šišan prosječne vrijednosti nitrata prekoračuju 75 % (*TV*), ali i *TV* vrijednosti za cijelo razdoblje obrade podataka na ovoj točki opažanja (2009.-2013.), dok su vrijednosti ostalih parametara ispod dozvoljenih vrijednosti definiranih za ovaj klasifikacijski test.

Na postaji monitoringa Ševe prosječne vrijednosti nitrata prekoračuju 75 % (*TV*), no ne i granične *TV* vrijednosti (manje su od 37,5 mg/L) za prve tri godine obrade podataka na ovoj točki opažanja (2009.-2011.), dok su vrijednosti ostalih parametara ispod dozvoljenih vrijednosti definiranih za ovaj klasifikacijski test.

Tablica 30. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Ševe.

		Vremenska razdoblja obrade				
Parametri	**75 % (*TV*)**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
pH	*6,85 – 9,15*	7,03	7,11	7,15	7,00	7,08
Električna vodljivost	*1875 µS/cm*	814	688	800	815	747
Nitrati	*28,125 mg/L*	**34,13**	**31,80**	**29,65**	23,70	25,05
Amonij	*0,375 mg/L*	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,375 µg/l*	*< GD*	*< GD*	*< GD*	*< GD*	*< GD*
Arsen	*7,5 µg/l*	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Kadmij	*3,75 µg/l*	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Olovo	*7,5 µg/l*	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Živa	*0,75 µg/l*	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Kloridi	*187,5 mg/L*	59,80	64,83	74,05	82,10	74,40
Sulfati	*187,5 mg/L*	19,73	20,90	18,93	17,63	19,90
Ortofosfati	*0,15 mg/L*	-	-	-	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*7,5 µg/l*	0,10	0,10	0,14	0,11	0,44

Tablica 31. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Jadreški.

		Vremenska razdoblja obrade				
Parametri	**75 % (*TV*)**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
pH	*6,85 – 9,15*	7,07	6,99	7,10	6,97	7,08
Električna vodljivost	*1875 µS/cm*	788	881	904	787	805
Nitrati	*28,125 mg/L*	**51,00**	**47,08**	**37,45**	**41,70**	**43,10**
Amonij	*0,375 mg/L*	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Pesticidi ukupno	*0,375 µg/l*	*< GD*	*< GD*	*< GD*	*< GD*	*< GD*
Arsen	*7,5 µg/l*	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Kadmij	*3,75 µg/l*	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Olovo	*7,5 µg/l*	1,50	1,50	1,50	1,50	3,45
Živa	*0,75 µg/l*	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Kloridi	*187,5 mg/L*	54,20	63,32	72,38	54,58	47,75
Sulfati	*187,5 mg/L*	24,90	36,50	43,28	20,05	21,60
Ortofosfati	*0,15 mg/L*	-	-	-	-	-
Σ trikloreten i tetrakloreten	*7,5 µg/l*	0,10	0,37	0,28	0,10	0,11

Na postaji monitoringa Jadreški prosječne vrijednosti nitrata prekoračuju 75 % (*TV*), ali i *TV* vrijednosti za cijelo razdoblje obrade podataka na ovoj točki opažanja (2009.-2013.),

osim *TV* vrijednosti za 2011. godinu gdje je vrijednost nitrata manja od 37,5 mg/L. Vrijednosti ostalih parametara su ispod dozvoljenih vrijednosti definiranih za ovaj klasifikacijski test.

Klasifikacijskim testom Zone sanitarne zaštite potvrđen je problem povišenih koncentracija nitrata na gotovo svim postajama monitoringa u ovoj CPV. Postaje monitoringa Rizzi, Campanož, Fojbon, Škatari, Šišan i Jadreški ukazuju na prosječne godišnje koncentracije nitrata koje su veće od vrijednosti *TV*, dok je kod postaja Valdragon (3) i Ševe taj utjecaj nešto manji, pa koncentracije nitrata prelaze samo 75 % (*TV*).

Najviše koncentracije nitrata su zabilježene na zdencima Campanož i Škatari, pa tako i najveći utjecaj onečišćenja podzemnih voda nitratima, dok je najproduktivniji zdenac Jadreški iz razloga što je za cjelokupno razdoblje obrade pokazao povišene koncentracije nitrata, no analizama trendova zabilježeni su padajući trendovi te se očekuje da će u narednome planskom razdoblju koncentracije nitrata u podzemnim vodama pasti ispod *TV*.

Prosječne koncentracije nitrata u polugodišnjim razdobljima su najveće u CPV Južna Istra i sve prelaze zadane TV. Analizom trendova prosječnih polugodišnjih koncentracija nitrata na zdencu Škatari, koje nisu predmet ovoga rada te neće biti opisivane, uočava se padajući trend, no nema statistički značajnog padajućeg trenda. I na ovoj lokaciji stanje se popravlja, ali su koncentracije relativno visoke i teško je očekivati da će za sljedeće plansko razdoblje provođenjem postojećih mjera pasti ispod *TV*, a pogotovo ispod 75 % (*TV*).

Prosječna koncentracija nitrata na razini CPV Južna Istra iznosi 40,38 mg NO_3^-/L. Kroz cijelo razdoblje opažanja koncentracija nitrata je ustaljena, ali prosječno viša od *TV*. Analiza pokazuje da nema statistički značajnih trendova, a tijekom cjelokupnoga razdoblja od 2009. do 2013. godine koncentracije nitrata su više od *TV* vrijednosti.

Zaključno. Rezultati analiza testa Zone sanitarne zaštite izvorišta pitke vode CPV Južna Istra ocjenjuje se U LOŠEMU STANJU zbog povišenih koncentracija nitrata s VISOKOM POUZDANOŠĆU po ovome testu.

Na CPV Južna Istra u zasebnoj studiji su provedeni testovi za stanje površinskih voda i test za ekosustave ovisne o podzemnim vodama (EOPV). U KONAČNO

kvalitativno/kemijsko stanje podzemnih voda u CPV Južna Istra preuzimaju se rezultati procjene stanja i iz te studije (HGI, 2016). Prema testu površinske vode stanje je procijenjeno kao DOBRO, a pouzdanost kao VISOKA, a prema testu EOPV stanje je DOBRO s VISOKOM pouzdanošću.

S obzirom da se ukupna procjena kvalitativnoga stanja CPV Južna Istra donosi temeljem rezultata svih analiza kemijskoga stanja, CPV Južna Istra je U LOŠEMU STANJU s VISOKOM POUZDANOŠĆU.

4. DALJNJA KARAKTERIZACIJA I PRIJEDLOG MJERA

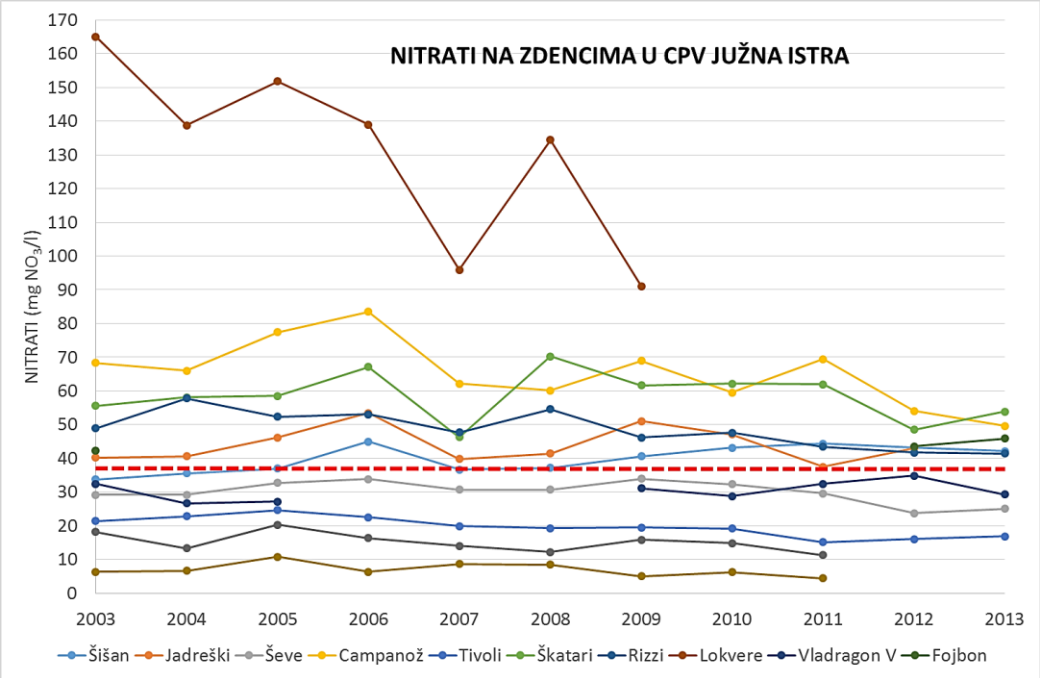
Procjenom kvalitativnoga (kemijskoga) i kvantitativnoga (količinskoga) stanja i rizika nepostizanja ciljeva ODV po cjelinama podzemnih voda u krškom dijelu Republike Hrvatske izdvojene su dvije cjeline podzemne vode (CPV Južna Istra i CPV Bokanjac-Poličnik) za koje je procijenjeno temeljem provedenih analiza i testova da ulaze u kategoriju lošega stanja i rizika (BIONDIĆ, R. et al., 2016). Na njima se provodi daljnja karakterizacija s propisivanjem prijedloga mjera te operativnoga monitoringa s definiranim lokacijama i vremenskim intervalima opažanja kakvoće i količinskoga stanja. Tako je u ovome postupku moguće i izmijeniti/modificirati granice cjelina podzemne vode ukoliko se za to pokaže potreba te usmjeriti mjere samo na područje u kojem je detektiran problem koji dovodi do lošega stanja i rizika. Postupak provedbe daljnje karakterizacije za CPV Južna Istra, kao i prijedlozi mjera i operativnoga monitoringa su prikazani u nastavku rada.

4.1. Daljnja karakterizacija

Temeljem procjene kvalitativnoga stanja i rizika podzemnih voda CPV Južna Istra je ocijenjena lošim stanjem zbog problema s povišenim koncentracijama nitrata na većini vodnih objekata na tom području. Za procjenu su korišteni sljedeći vodni objekti: Tivoli, Rizzi, Valdragon (3), Campanož, Fojbon, Škatari, Šišan, Ševe i Jadreški. Od navedenih vodnih objekata samo se Tivoli nalazi u Nacionalnom nadzornom monitoringu kemijskoga stanja podzemnih voda, a druge su postaje opažane u sklopu projekta „Ocjena stanja sirove vode na crpilištima koja se koriste za javnu vodoopskrbu u Republici Hrvatskoj“ (NAKIĆ & DADIĆ, 2015) koji je obradio sirovu vodu na crpilištima javne vodoopskrbe za razdoblje 2009.-2013. i s mogućim uvidom u brojne dodatne podatke za kvalitetniju procjenu kemijskoga, odnosno kvalitativnoga stanja podzemnih voda.

Nitrati predstavljaju kontinuirani problem na ovome dijelu Istarskog poluotoka već cijeli niz godina, pa je tako i prethodnim PUVP (2013.-2015.) CPV Južna Istra također bila u lošemu stanju i riziku. Analiza prosječnih godišnjih koncentracija nitrata na zdencima u pulskom području u zadnjih 10 godina pokazuje da je problem i dalje evidentan, ali da na dijelu zdenaca dolazi do laganoga smanjenja koncentracija (*Slika 12*). Bez obzira na to, koncentracije nitrata i dalje su više od dozvoljenih za podzemne vode i na taj se dio

vodonosnika moraju uspostaviti posebne mjere kako bi se za naredni PUVP do 2021. godine stanje kakvoće podzemne vode na pulskome području popravilo.



Slika 12. Koncentracije nitrata na vodnim objektima na području CPV Južna Istra u razdoblju od 2003. do 2013. godine.

4.2. Uzroci onečišćenja podzemnih voda nitratima

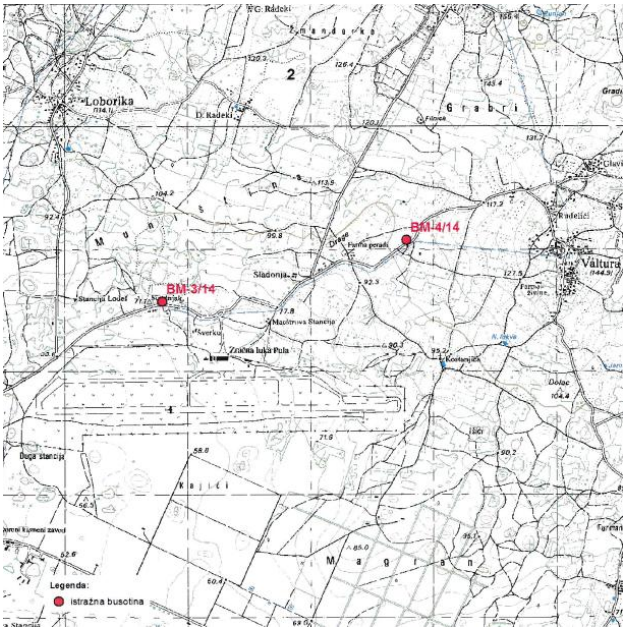
Uzvodno od pulskih zdenaca, odnosno južnoga dijela istarskog poluotoka, izrađena je analiza utjecaja i pritisaka pri čemu su prikupljeni podatci o svim potencijalnim onečišćivačima; oni su postavljeni u prostornu bazu podataka, klasificirani ovisno o vrsti onečišćivača i procijenjen je njihov potencijalni utjecaj na podzemne vode. Ovaj postupak je izrađen pomoću metodologije razvijene u sklopu COST 620 (2005) projekta, temeljem koje je izrađena neklasificirana i klasificirana karta opasnosti (hazarda).

Na širemu području pulskih zdenaca izdvojeni su sljedeći onečišćivači: Kazneno-popravni dom u Valturi, odnosno zatvor u sklopu kojega se nalazi stočna farma (380,83 uvjetnih grla - UG) i poljoprivredno gospodarstvo, pulski aerodrom, te dvije farme veće od 100 UG: jedna kod zdenaca Valdragon (408 UG) i jedna južno od pulskih zdenaca (129,38 UG). Nizvodno od ove zone zdenaca, između zdenaca i morske obale smješteno

je odlagalište Kaštijun. Negativne utjecaje na kakvoću podzemnih voda može imati i nedovršeni kanalizacijski sustav grada Pule, odnosno dio grada koji nije priključen na sustav javne odvodnje i provodi odvodnju septičkim jamama.

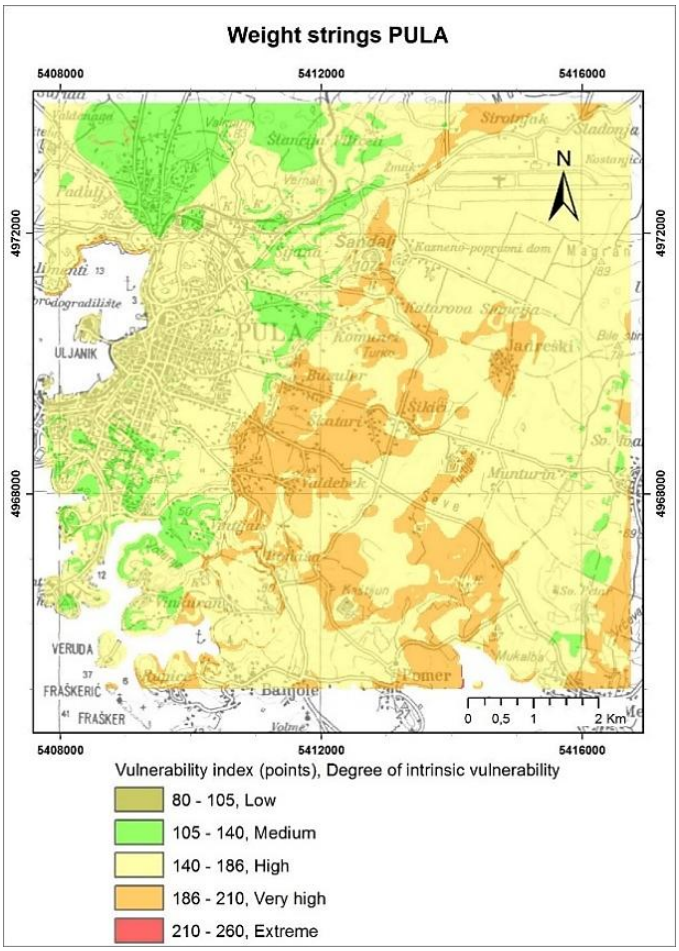
Presudni i najdominantniji utjecaj kod ocjene ove CPV lošim kvalitativnim stanjem i rizikom su povišene koncentracije nitrata čiji je izvor uglavnom poljoprivredna proizvodnja, pa tako i u ovome slučaju (CIS VODIČ br. 3, 2003).

Sjeverno od zone pulskih zdenaca tijekom 2014. godine su izvedena dva istražno-eksploatacijska piezometra BM-3/14 i BM-4/14 dubine 150 m na području Marčane (*Slika 13*). Na njima je izvedeno probno crpljenje i pokazali su optimalni kapacitet od 23,5 L/s (BM-3/14) i 7,5 L/s (MB-4/14) (KRAJNOVIĆ et al., 2015) što je potkrijepilo pretpostavku da se nalaze u aktivnoj zoni vodonosnika i mogu se koristiti kao karakteristični za taj dio vodonosnika. Na istražno-eksploatacijskim zdencima su uzeti uzorci vode za kemijske analize i pokazali su da se koncentracije nitrata u tom području kreću od 12,46 mg NO_3^-/L (BM-3/14) do 13,75 mg NO_3^-/L (BM-4/14), što je značajno niže od koncentracija u središnjem dijelu ove CPV nizvodno od Valture. To navodi na zaključak da se razlozi povišenih koncentracija nitrata u podzemnim vodama na području CPV Južna Istra trebaju tražiti južno od ovih lokacija, odnosno južno od pulskoga aerodroma.



Slika 13. Položaj istražno-eksploatacijskih zdenaca uzvodno od Valture. (KRAJNOVIĆ et al., 2015)

Isto tako, na području CPV Južna Istra izrađena je detaljna karta prirodne ranjivosti metodom SINTACS kao dio UNESCO-IHP projekta „Kartiranje ranjivosti pulskoga priobalnoga vodonosnika“ (KUHTA, 2014). Prema toj karti područje CPV Južna Istra je u visokoj do vrlo visokoj kategoriji prirodne ranjivosti (*Slika 14*).

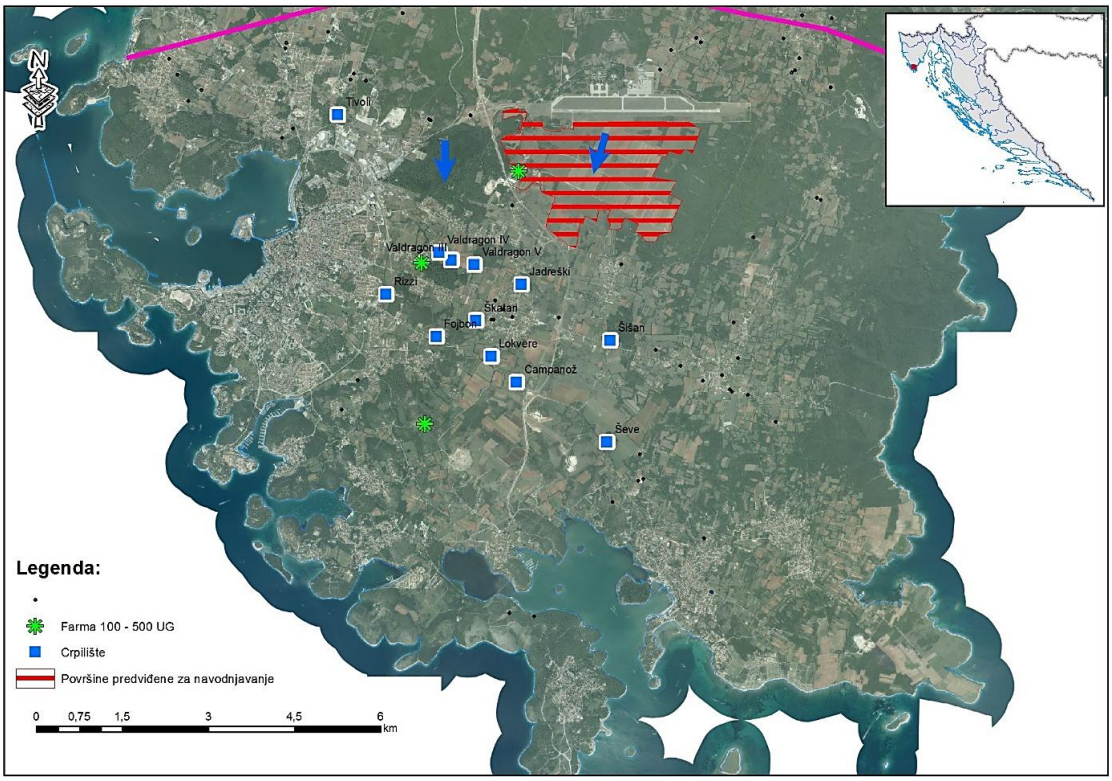


Slika 14. Karta prirodne ranjivosti širega pulskoga područja. (KUHTA, 2014)

Najranjivije područje nalazi se upravo u centralnome dijelu CPV Južna Istra gdje se nalazi najveći broj vodoopskrbnih zdenaca pulskoga vodovoda, kao i prethodno spomenute poljoprivredne površine kaznionice u Valturi kraj Pule te navedene velike farme.

Dodatni negativan element je plan intenziviranja poljoprivredne proizvodnje navodnjavanjem što se planira sukladno „Planu navodnjavanja Istarske županije – novelacija“ (IGH, 2007). Za pilot područje za navodnjavanje je predviđeno poljoprivredno zemljište Kazneno-popravnoga doma Valtura (*Slika 15*). Za

navodnjavanje je predviđeno korištenje novoizgrađene mini-akumulacije Bakranjuša iz 2015. godine koja bi se punila vodom iz vlastitih zdenaca te dodatno iz zdenca Jadreški. Za navodnjavanje je planirana površina od 440 ha, a procijenjene količine vode iznose 1,07 mil. m^3/god što je prema IGH (2007) moguće crpiti na zdencima pulskoga vodoopskrbnoga sustava koji su trenutno isključeni iz sustava vodoopskrbe.



Slika 15. Položaj potencijalnih onečišćivača u odnosu na pulske zdence.

Navedeni pritisci (onečišćivači) na vodni sustav u CPV Južna Istra uglavnom utječu na kemijsko stanje podzemnih voda. Količinsko/kvantitativno stanje podzemnih voda nije analizirano u sklopu ovoga rada, ali je vrlo bitno napomenuti da na području južne Istre, osim vodoopskrbnih zdenaca, postoji vrlo veliki broj privatnih zdenaca i bušotina koji se koriste prvenstveno za potrebe navodnjavanja privatnih poljoprivrednih površina. Oni utječu na količinsko stanje podzemnih voda na tome području, ali dijelom i na kakvoću podzemnih voda u dijelu koji se odnosi na zaslanjenje priobalnoga vodonosnika. Prema HGI (1997) na tom području je izdvojeno čak 1.137 zdenaca, a nalaze se u obalnom području gdje nadmorske visine ne prelaze 50 m n.m. Povećanjem nadmorske visine

terena se smanjuje i broj zdenaca zbog tehnoloških razloga (dublje bušenje do vode, veća visina dizanja vode, …). Ovako veliki broj privatnih zdenaca zajedno s vodoopskrbnim zdencima na širemu pulskome području, su tijekom ljetnih sušnih razdoblja uzrokovali sniženja razine podzemne vode i povremena zaslanjenja priobalne zone vodonosnika (*Tablica 32*). Danas je slična situacija iako je došlo do napuštanja zahvaćanja vode za vodoopskrbu iz dijela zdenaca Vodovoda d.o.o. Pula, što je zamijenjeno pojačanim crpljenjima podzemnih voda za potrebe navodnjavanja iz niza nekontroliranih privatnih zdenaca i bušotina što predstavlja problem i opasnost od novih onečišćenja podzemnih voda ove CPV.

Tablica 32. Razine zaslanjenja pulskih zdenaca tijekom ljetnih sušnih razdoblja. (HIDROPROJEKT-ING, 2000; BONACCI & ROJE BONACCI, 1997)

Zdenci	Salinitet (mg/L NaCl)
Tivoli	27 – 2800
Rizzi	35 – 65
Valdragon III	26 – 158
Valdragon IV	37 – 75
Valdragon V	22 – 65
Campanož	57 – 100
Fojbon	27 – 74
Škatari	37 – 75
Šišan	59 – 100
Ševe	58 – 240
Jadreški	52 – 103
Lokvere	40 – 75
Karolina	> 200

4.3. Prijedlog mjera

Kako bi se poboljšalo kvalitativno stanje podzemnih voda u CPV Južna Istra predlaže se nekoliko mjera, a njihovim se provođenjem očekuje znatno poboljšanje stanja za sljedeći planski ciklus. Kao najveći negativan utjecaj na kakvoću podzemnih voda na području južne Istre izdvojena je poljoprivredna proizvodnja (farma u Valturi, poljoprivredna zemljišta, …) te su mjere usmjerene na smanjenje unosa nitrata u podzemne vode provođenjem mjera sukladno Akcijskome planu zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog

nitratima poljoprivrednoga podrijetla (NN 15/13; 22/15), odnosno Nitratnoj direktivi (1991).

Propisane mjere prema Akcijskom programu (NN 15/13; 22/15) su: maksimalno gnojenje poljoprivrednih površina u toku jedne kalendarske godine s 210 kg/ha dušika (N) tijekom 4 godine od početka primjene akcijskoga programa, a nakon isteka toga roka 170 kg/ha dušika (N); veličine gnojovki ovisno o vrsti domaće životinje i obliku stajskoga gnoja za šestomjesečno razdoblje prikupljanja po uvjetnom grlu (UG); način postupanja sa gnojem, njegovo zbrinjavanje te rok za izgradnju spremnika od 4 godine od dana stupanja Hrvatske u Europsku Uniju. Ove mjere se prioritetno predlažu za tri najveće farme na području CPV Južna Istra s više od 100 UG i poljoprivrednu površinu u sklopu OKD Valtura.

Iako se područje CPV Južna Istra nalazi izvan područja koje je proglašeno ranjivim na nitrate i mjere iz gore spomenutoga Akcijskoga programa se ne moraju obavezno provoditi, prema provedenim analizama stanja i rizika svakako se preporučuje provođenje tih zaštitnih mjera i na području CPV Južna Istra.

Dodatno opterećenje vodonosnika je planirano navodnjavanje poljoprivrednih površina na području Kazneno-popravnoga zavoda u Valturi i na još jednoj površini bliže samome gradu (IGH, 2007). Iako trenutno nisu svi pulski zdenci uključeni u sustav javne vodoopskrbe i ima određenih kapaciteta koji se mogu koristiti za ovakav ili neki drugi vid korištenja, na području CPV Južna Istra ne bi trebalo kratkoročno i srednjoročno planirati i poticati daljnji razvoj navodnjavanja poljoprivrednih površina zbog neizbježnoga utjecaja na povećanje koncentracije nitrata u podzemnim vodama (BIONDIĆ, R. et al., 2016).

U obalnome području, na širemu pulskome području se nalazi veliki broj privatnih poljoprivrednih parcela koje se navodnjavaju iz privatnih zdenaca izbušenih na tim parcelama ili u njihovoj neposrednoj blizini. Takvih objekata ima više od 1.000 što značajno utječe količinska i kemijska svojstva podzemnih voda u tome području kroz povećanje koncentracije nitrata, klorida, sulfata i vrijednosti električne vodljivosti u podzemnim vodama. Zbog povećanoga nekontroliranoga korištenja podzemnih voda privatnih korisnika je potrebno prikupiti podatke o privatnim zdencima na širemu pulskome području, i to ne samo o lokacijama već i karakteristikama istih kao što su dubine, promjeri i količine koje se crpe iz tih zdenaca (BIONDIĆ, R. et al., 2016).

4.4. Prijedlog operativnoga monitoringa

Prema Okvirnoj direktivi o vodama (ODV, 2000) mogu se izdvojiti dvije vrste monitoringa koji se primjenjuju za opažanje kakvoće i količine voda; nadzorni i operativni. Temeljem podataka dobivenih i analiziranih nadzornim monitoringom kroz Državnu mrežu opažanja donosi se ocjena stanja i rizika predmetne CPV. Za one CPV, u ovome slučaju Južna Istra, koje se nalaze u kategoriji U RIZIKU (LOŠEMU STANJU) zbog neispunjavanja uvjeta Okvirne direktive o vodama, provodi se dodatno i operativni monitoring kako bi se pravilno definiranom učestalošću opažanja detektirali utjecaji relevantnih pritisaka, odnosno utvrdili znatni i trajno rastući trendovi koncentracije onečišćivala uslijed antropogenoga utjecaja.

Operativni kvalitativni monitoring u CPV Južna Istra (*Tablica 33*) je usmjeren na praćenje koncentracije nitrata u podzemnim vodama jer je to ocjenom stanja i rizika detektirano kao osnovni problem ove CPV. Kvantitativni monitoring se planira uspostaviti na predloženim točkama radi praćenja zaslanjenja uslijed eventualne preeksploatacije ovoga priobalnoga vodonosnika.

Predlaže se gušća uspostava mreže opažanja s dodatnim vodoopskrbnim zdencima u cjelini podzemne vode koji nisu uključeni u nadzorni monitoring, minimalni intervali opažanja nadzornim monitoringom kvalitativnoga (kemijskoga) stanja podzemnih voda su povećani s četiri puta godišnje na mjesečne intervale te se planiraju projektirati dvije bušotine, od kojih jednu tek treba detaljno locirati i izvesti. Što se tiče kvantitativnoga (količinskoga) stanja, na svim predloženim točkama monitoringa valja uspostavi kontinuirano (s vremenskom diskretizacijom od najviše jednoga sata) praćenje dinamike kolebanja razina podzemnih voda te praćenje njihove električne vodljivosti.

Za CPV Južna Istra nije ocijenjeno loše kvantitativno, odnosno količinsko stanje, nego se nalazi u riziku od pogoršanja količinskoga stanja. Uz uspostavu primjerenoga nadzornoga monitoringa nužno je i predloženi operativni monitoring kemijskoga stanja voda kompletirati na način da se uz kemijsko stanje i promjene prate s obzirom na promjene hidroloških uvjeta, tj. količinskoga stanja (zbog dinamike protjecanja podzemnih voda). Iz toga se razloga na mjestima predloženih lokacija operativnoga monitoringa (*Slika 16*), koje su ujedno i lokacije nadzornoga monitoringa, predlaže i uspostava praćenja dinamike kolebanja razina podzemnih voda i sadržaja zaslanjenja (električne vodljivosti) na razini satne vremenske diskretizacije (zbog utjecaja dinamike dnevnih kolebanja razine mora

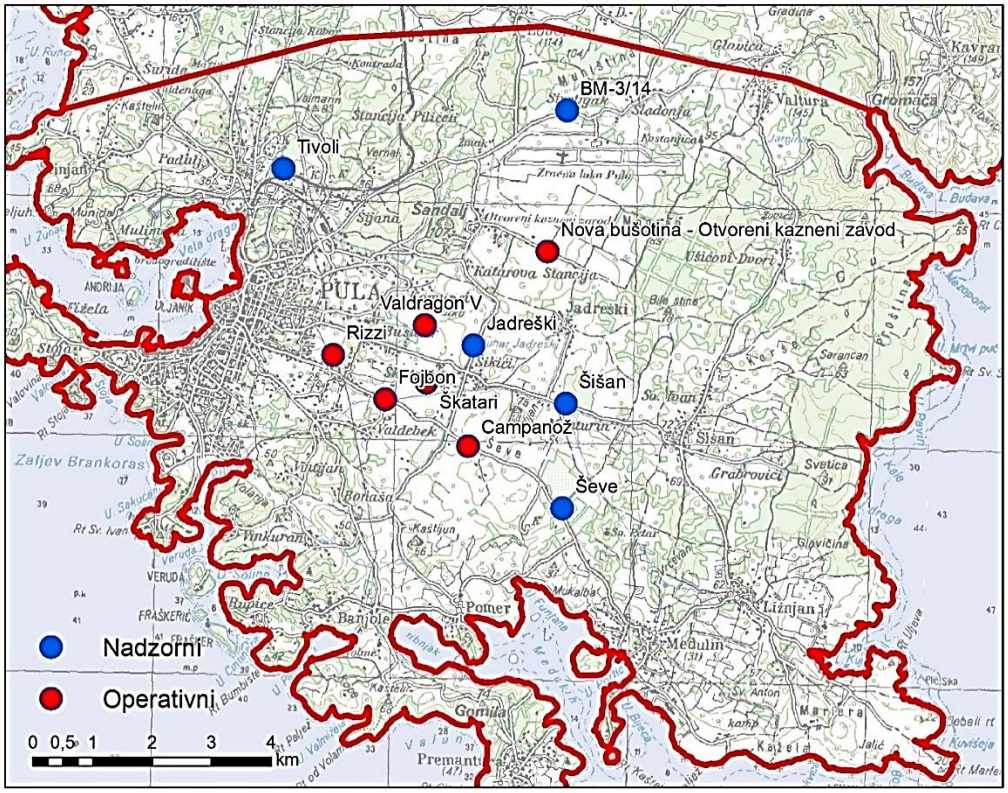
na količinsko i kemijsko stanje u podzemlju), kao i obveza registriranja rada crpki (dnevne količine iscrpljene vode kao i vrijeme uključenja i isključenja crpki) na vodozahvatima uključenim u sustav nadzornoga i operativnoga monitoringa.

Tablica 33. Točke monitoringa kvalitativnoga i kvantitativnoga stanja te frekvencije uzorkovanja i mjerenja. (BIONDIĆ, R. et al., 2016)

Točka monitoringa	**Status**	**Nadzorni monitoring**			**Operativni monitoring**		
		Parametri	**Min vrem. interval**	**Opt vrem. interval**	**Parametri**	**Min vrem. interval**	**Opt vrem. interval**
Tivoli	postojeći	Odabrani parametri kakvoće (*), (**)	jednom kvartalno	jednom mjesečno	nitrati	jednom mjesečno	dva puta mjesečno
Jadreški	postojeći	Odabrani parametri kakvoće (*), (**)	jednom kvartalno	jednom mjesečno	nitrati	jednom mjesečno	dva puta mjesečno
Šišan	postojeći	Odabrani parametri kakvoće (*), (**)	jednom kvartalno	jednom mjesečno	nitrati	jednom mjesečno	dva puta mjesečno
Ševe	postojeći	Odabrani parametri kakvoće (*), (**)	jednom kvartalno	jednom mjesečno	nitrati	jednom mjesečno	dva puta mjesečno
BM-3/14	postojeći	Odabrani parametri kakvoće (*), (**)	jednom kvartalno	jednom mjesečno	nitrati	jednom mjesečno	dva puta mjesečno
Valdragon (3)	postojeći	-	-	-	nitrati, **	jednom mjesečno	dva puta mjesečno
Rizzi	postojeći	-	-	-	nitrati, **	jednom mjesečno	dva puta mjesečno
Fojbon	postojeći	-	-	-	nitrati, **	jednom mjesečno	dva puta mjesečno
Škatari	postojeći	-	-	-	nitrati, **	jednom mjesečno	dva puta mjesečno
Campanož	postojeći	-	-	-	nitrati, **	jednom mjesečno	dva puta mjesečno
Bušotina - Valtura	novi	-	-	-	nitrati, **	jednom mjesečno	dva puta mjesečno

* Odabrani parametri kakvoće: otopljeni kisik, pH, električna vodljivost, nitrati, amonij, pesticidi ukupni, arsen, kadmij, olovo, živa, kloridi, sulfati, ortofosfati, suma trikloreten i tetrakloreten

** Jednom godišnje provoditi kompletne analize i pojavom prekoračenja nekoga od parametara kakvoće preko *MDK* (osim bakteriološkog sastava i mutnoće) uključiti ga u daljnje opažanje



Slika 16. Lokacije nadzornoga i operativnoga monitoringa u CPV Južna Istra.

Samo ovakvim aktivnim sustavom monitoringa i procesuiranja dobivenih informacija o kvalitativnome ili kvantitativnome stanju i njegovim promjenama, mogu se osigurati dostatna saznanja o dinamici funkcioniranja priobalnoga vodonosnika CPV Južne Istre i njegovih interakcija s morem i prisutnim onečišćivačima. Ovakvim trenutnim i realnim uvidom u stanje podzemnih voda mogu se pravovremeno i učinkovito predložiti adekvatne mjere i zahvati na područjima izloženima pritiscima, odnosno onečišćenju.

5. ZAKLJUČAK

Ovim radom ispitivano je kvalitativno stanje podzemne vode južnoga dijela istarskoga poluotoka analizom kemijskih parametara na devet vodnih objekata definiranih Državnom mrežom opažanja Hrvatskih voda. Utvrđivane su pozadinske (*BL*) i granične vrijednosti (*TV*) otopljenoga kisika, pH vrijednosti, električne vodljivosti, nitrata, amonija, pesticida, arsena, olova, žive, kadmija, klorida, sulfata, ortofosfata, te sume trikloretena i tetrakloretena na postajama opažanja Tivoli, Rizzi, Valdragon (3), Campanož, Fojbon, Škatari, Šišan, Ševe i Jadreški.

Inicijalnim testom kojim su se srednje i maksimalne vrijednosti komparirale s definiranim graničnim vrijednostima (*TV*), zaključeno je kako se za CPV Južna Istra moraju provesti klasifikacijski testovi jer su na 6 od 9 opažanih postaja povišene, nedozvoljene koncentracije nitrata u podzemnoj vodi. Provedena su tri klasifikacijska testa za ocjenu kakvoće podzemnih voda (Generalna procjena kakvoće, Zaslanjenje i druge intruzije te Zone sanitarne zaštite) na osnovu kojih je ocijenjeno stanje CPV Južna Istra. Kako prema njima koncentracije nitrata u prosjeku iznose 40,38 mg NO_3^-/L i više su od *TV* vrijednosti (37,5 mg NO_3^-/L), a pogotovo 75 % (*TV*) čije vrijednosti prekoračuju na većini postaja nadzornoga monitoringa, CPV Južna Istra proglašena je lošim stanjem kakvoće podzemnih voda s visokom pouzdanošću.

Sljedeći korak je bila karakterizacija te identifikacija i analiza utjecaja i pritisaka koji uzrokuju povišene koncentracije nitrata u podzemnoj vodi. Kao glavni potencijalni onečišćivači su utvrđeni Kazneno-popravni dom u Valturi u sklopu kojega se nalazi stočna farma i poljoprivredno gospodarstvo, nekoliko većih farmi, odlagalište otpada Kaštijun te pulski aerodrom. Isto tako, utjecaj na prekomjerne koncentracije ovih elemenata u podzemnim vodama će imati i planovi navodnjavanja te brojni nekontrolirani privatni zdenci na užemu području Pule.

Sukladno Akcijskome planu zaštite voda od onečišćenja uzrokovanoga nitratima poljoprivrednoga podrijetla (NN 15/13; 22/15) predložene su mjere smanjenja koncentracija nitrata. Predložen je i novi plan provođenja operativnoga monitoringa za CPV Južna Istra progušćenjem mreže opažanja s dodatnim vodoopskrbnim zdencima, povećanjem minimalnih intervala opažanja, kontinuiranim praćenjem dinamike kolebanja razina podzemnih voda te praćenje električne vodljivosti i rada crpki na vodnim objektima uključenim u sustav nadzornoga i operativnoga monitoringa.

6. LITERATURA

AKCIJSKI PROGRAM ZAŠTITE VODA OD ONEČIŠĆENJA UZROKOVANOG NITRATIMA POLJOPRIVREDNOG PODRIJETLA (NN 15/13, 22/15).

BIONDIĆ, B. & BIONDIĆ, R. (2014): Hidrogeologija Dinarskog krša u Hrvatskoj.- Sveučilišni udžbenik, Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 325 str., Varaždin.

BIONDIĆ, B., KAPELJ, S. & KUHTA, M. (1999): Vodnogospodarska osnova Republike Hrvatske. GIS Istre Hidrogeologija.- Arhiv Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

BIONDIĆ, R., RUBINIĆ, J., BIONDIĆ, B., MEAŠKI, H. & RADIŠIĆ, M. (2016): Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području krša u Hrvatskoj.- Arhiv Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin.

BONACCI, O. & ROJE-BONACCI, T. (1997): Hidrološka analiza dinamike kolebanja razine vode bunara vodovoda Pula u cilju zaštite njihovih voda.- Arhiv Bonacci-hidro-geo d.o.o., Split.

CIS VODIČ br. 3 (2003): IMPRESS. Analiza pritisaka i utjecaja.

CIS VODIČ br. 15 (2007): Vodič o monitoringu podzemnih voda.

CIS VODIČ br. 18 (2009): Vodič o stanju podzemnih voda i ocjeni trenda (Guidance on groundwater status and trend assessment).

COST 620 (2004): Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers. EUR 20912 EN, Final report. Directorate-General Science, Research and Development, Brussels, Belgium.

DIREKTIVA O PODZEMNIM VODAMA 2006/118/EC (2006): Direktiva Europskog parlamenta i Vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće.

FINALNI NACRT PLANA UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2016.-2021. (NN 82/13)

HGI (1997): Katastar bušenih zdenaca južne Istre.- Arhiv HGI d.o.o. Pula, Pula.

HIDROPROJEKT-ING (2000): Vodoopskrbni sustav Istre- Idejno rješenje sustava izvorišta vode u regionalnom prostoru, Knjiga 1, Arhiv Hidroprojekt-ing Zagreb, Zagreb.

HRVATSKE VODE (2015): Plan monitoringa stanja voda u Republici Hrvatskoj u 2015. godini.

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT (2016): Ocjena stanja podzemnih voda na područjima koja su u direktnoj vezi s površinskim vodama i kopnenim ekosustavima ovisnim o podzemnim vodama.- Arhiv Hrvatski geološki institut, Zagreb.

IGH (2007): Plan navodnjavanja Istarske županije – novelacija.- Arhiv IGH, Rijeka.

KRAJNOVIĆ, D., KLANJEC, D. & VUKOVIĆ, Z. (2015): Vodoistražni radovi na području Marčane. Izvješće o izvedbi istražno-pijezometarskih bušotina BM-3/14 i BM-4/14. Arhiv Karst, Zagreb.

KUHTA, M. (2015): Vulnerability mapping of the Pula coastal aquifer.- UNESCO-IHP project. Arhiv Hrvatski geološki institut, Zagreb.

NAKIĆ, Z. & DADIĆ, Ž. (2015): Ocjena stanja sirove vode na crpilištima koja se koriste za javnu vodoopskrbu u Republici Hrvatskoj.- Arhiv Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

NITRATNA DIREKTIVA (91/676/EEZ) (1991): Direktiva Vijeća od 12. prosinca 1991. o zaštiti voda od onečišćenja koje uzrokuju nitrati poljoprivrednog podrijetla.

OKVIRNA DIREKTIVA O VODAMA (ODV) 2000/60/EC (2000): Water Framework Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy.

PLAN UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2013.-2015. (NN 82/13)

PRAVILNIK O PARAMETRIMA SUKLADNOSTI I METODAMA ANALIZE VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU (NN 125/13).

Popis tablica

Tablica 1. Karakteristični parametri pulskih zdenaca. 6
Tablica 2. Izračunate BL i propisane MDK vrijednosti za krške CPV..... 10
Tablica 3. MDK i TV vrijednosti po parametrima kakvoće za podzemne vode..... 12
Tablica 4. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Tivoli..... 21
Tablica 5. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Rizzi. 21
Tablica 6. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Valdragon (3). 22
Tablica 7. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Campanož..... 22
Tablica 8. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Fojbon. 23
Tablica 9. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Škatari. 24
Tablica 10. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Šišan. 25
Tablica 11. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Ševe..... 25
Tablica 12. Vrijednosti maksimalnih i prosječnih vrijednosti na postaji Jadreški. 26
Tablica 13. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.)..... 28
Tablica 14. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.)..... 28
Tablica 15. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.)..... 28
Tablica 16. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.)..... 28
Tablica 17. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.)..... 29
Tablica 18. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.)..... 29
Tablica 19. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.)..... 29
Tablica 20. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.)..... 29
Tablica 21. Vrijednosti električne vodljivosti za razdoblje obrade (2009.-2013.)..... 30
Tablica 22. Izračun 75 % (TV) vrijednosti za test Zone sanitarne zaštite..... 31
Tablica 23. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Tivoli. 31
Tablica 24. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Rizzi..... 32
Tablica 25. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Valdragon (3)..... 32
Tablica 26. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Campanož. 33
Tablica 27. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Fojbon..... 34

Tablica 28. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Škatari. *34*
Tablica 29. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Šišan. *35*
Tablica 30. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Ševe. *36*
Tablica 31. Prosječne vrijednosti parametara kakvoće u odnosu na 75 % od TV vrijednosti za razdoblje obrade (2009.-2013.) na postaji Jadreški. *36*
Tablica 32. Razine zaslanjenja pulskih zdenaca tijekom ljetnih sušnih razdoblja. *44*
Tablica 33. Točke monitoringa kvalitativnoga i kvantitativnoga stanja *47*

Popis slika

Slika 1. Cjeline (tijela) podzemnih voda na području Jadranskoga sliva. 1
Slika 2. Shematski Geološki profil CPV Središnja i Južna Istra. 4
Slika 3. Konceptualni model mreže monitoringa CPV Južna Istra. 5
Slika 4. Vodocrpilište Fojbon (lijevo) i Jadreški (desno). 7
Slika 5. Kontrolna soba (gore) s pogledom na unutrašnjost zdenca Jadreški (dolje)..... 7
Slika 6. Model određivanja CV i TV vrijednosti po različitim kriterijima. 10
Slika 7. Metodološki pristup ocjeni stanja kakvoće podzemnih voda..... 14
Slika 8. Klasifikacijski testovi za procjenu stanja podzemnih voda krškoga područja. . 15
Slika 9. Algoritamski postupak testa Generalna procjena kakvoće podzemnih voda. ... 16
Slika 10. Algoritamski postupak testa Zaslanjenje i druge intruzije. 18
Slika 11. Algoritamski postupak testa Zone sanitarne zaštite izvorišta vode za piće..... 19
Slika 12. Koncentracije nitrata na vodnim objektima na području CPV Južna Istra 40
Slika 13. Položaj istražno-eksploatacijskih zdenaca uzvodno od Valture..... 41
Slika 14. Karta prirodne ranjivosti širega pulskoga područja..... 42
Slika 15. Položaj potencijalnih onečišćivača u odnosu na pulske zdence..... 43
Slika 16. Lokacije nadzornoga i operativnoga monitoringa u CPV Južna Istra..... 48