

# Kemijska analiza vode za piće

---

**Mlakić, Ana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:167:157232>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**KEMIJSKA ANALIZA VODE ZA PIĆE**

**ZAVRŠNI RAD**

**ANA MLAKIĆ**

**Matični broj: 1229**

**Split, rujan 2020.**



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**PREDDIPLOMSKI STUDIJ KEMIJSKE TEHNOLOGIJE**  
**ZAŠTITA OKOLIŠA**

**KEMIJSKA ANALIZA VODE ZA PIĆE**

**ZAVRŠNI RAD**

**ANA MLAKIĆ**

**Matični broj: 1229**

**Split, rujan 2020.**

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**  
**UNDERGRADUATE STUDY OF CHEMICAL TECHNOLOGY**  
**ENVIRONMENTAL PROTECTION**

**CHEMICAL ANALYSIS OF DRINKING WATER**

**BACHELOR THESIS**

**ANA MLAKIĆ**

**Parent number: 1229**

**Split, september 2020.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu

Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu

Preddiplomski studij Kemijske tehnologije, smjer: Zaštita okoliša

**Znanstveno područje:** prirodne znanosti

**Znanstveno polje:** kemija

**Tema rada** je prihvaćena na 28. sjednici Fakultetskog vijeća Kemijsko-tehnološkog fakulteta.

**Mentor:** doc. dr. sc. Maša Buljac

### KEMIJSKA ANALIZA VODE ZA PIĆE

Ana Mlakić, 1229

#### Sažetak:

Voda je jedinstveni kemijski spoj te zauzima najveći dio planete Zemlje. Iako se Zemlja naziva „Plavi planet“ dostupnost i zalihe pitke vode su ograničene. Kakvoća vode za piće prati se veličinom pojedinih pokazatelja (kemijskih, fizikalnih i bioloških) koji govore o sastavu, koncentraciji i svojstvima pojedinih tvari prisutnih u vodi, a koji su propisani pravilnicima, uredbama i zakonima. Voda koja se upotrebljava za piće mora biti bez štetnih tvari i zdravstveno ispravna. Značajne karakteristike Cetine, kao što su mali sadržaj otopljenog ugljikovog dioksida, dobro zasićenje kisikom te umjerena tvrdoća čine ovu vodu pogodnom za vodoopskrbu stanovništva na području srednjodalmatinskih otoka, Omiša i primorja Makarske. Voda izvora Jadra je kalcijsko-bikarbonatnog tipa, sadrži malo otopljenog ugljikovog dioksida i male je mineralizacije. Najveći potrošač vode s izvora Jadra je grad Split.

Ključne riječi: voda, pokazatelji kakvoće vode, rijeka Cetina, rijeka Jadro, zalihe vode za piće

**Rad sadrži:** 50 stranica, 8 slika, 2 tablice, 42 literaturne reference

**Jezik izvornika:** hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za odbrane:

- |  |             |
|--|-------------|
| 1. prof. dr. sc. Nediljka Vukojević Medvidović | predsjednik |
| 2. izv. prof. dr. sc. Marijo Buzuk             | član        |
| 3. doc. dr. sc. Maša Buljac                    | član-mentor |

**Datum odbrane:** 22.9.2020.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku** pohranjen u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta Split, Ruđera Boškovića 35.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

BACHELOR THESIS

**University of Split**

**Faculty of Chemistry and Technology Split**

**Undergraduate study of Chemical Technology, orientation: Environmental protection**

**Scientific area:** natural sciences

**Scientific field:** chemistry

**Thesis subject** was approved by Faculty Council of Faculty of Chemistry and Technology, session no. 28.

**Mentor:** Maša Buljac, PhD, assistant prof.

### CHEMICAL ANALYSIS OF DRINKING WATER

Ana Mlakić, 1229

#### **Abstract:**

Water is a unique chemical compound and occupies most of the planet Earth. Although the Earth is called the „Blue Planet“, the availability and supply of drinking water is limited. The quality of drinking water is monitored by the size of individual indicators (chemical, physical and biological) which speak about the composition, concentration and properties of certain substances present in the water, which are prescribed by regulations, ordinances and laws. The water used for drinking must be free of harmful substances and healthy. Significant characteristics of the Cetina, such as low content of dissolved carbon dioxide, good oxygen saturation and moderate hardness make this water suitable for water supply to the population in the area of the central Dalmatian islands, Omiš and the coast of Makarska. The water from the Jadra spring is of the calcium-bicarbonate type, contains little dissolved carbon dioxide and has low mineralization. The biggest water consumer of the source Jadra is city Split.

**Keywords:** water, water quality indicators, river Cetina, river Jadro, drinking water supplies

**Thesis contains:** 50 pages, 8 figures, 2 tables, 42 literature references

**Original in:** Croatian

#### **Defence committee:**

- |   |              |
|---|--------------|
| 1. Nediljka Vukojević Medvidović, PhD, full prof. | chair person |
| 2. Marijo Buzuk, PhD, associate prof.             | member       |
| 3. Maša Buljac, PhD, assistant prof.              | supervisor   |

**Defence date:** 22.9.2020.

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of Faculty of Chemistry and Technology Split, Ruđera Boškovića 35.





*Završni rad je izrađen na Zavodu za Kemiju okoliša, Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu pod mentorstvom doc. dr. sc. Maše Buljac, u razdoblju od lipnja do rujna 2020. godine .*

## ZAHVALA

*Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Maši Buljac na pruženoj stručnoj pomoći, savjetima, uputama i strpljenju prilikom pisanja ovog završnog rada.*

*Ana*

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Zadatak ovog završnog rada je da se ukaže na važnost:

- jedinstvenog kemijskog spoja vodika i kisika, odnosno vode, za razvoj ljudske populacije i gospodarstva
- karakterističnih osobina vode
- provođenja analize vode kako bi se utvrdila zdravstvena ispravnost vode za piće te spriječilo širenje zaraznih bolesti
- praćenja veličine pojedinih pokazatelja (kemijskih, fizikalnih i bioloških) kakvoće vode rijeka Cetine i Jadra koje se koriste za vodoopskrbu Dalmacije
- ugroženosti i način zaštite voda za piće u Republici Hrvatskoj i Europi kako bi se osigurale dovoljne količine pitke vode za budućnost

## SAŽETAK

Voda je jedinstveni kemijski spoj te zauzima najveći dio planete Zemlje. Iako se Zemlja naziva „Plavi planet“ dostupnost i zalihe pitke vode su ograničene. Kakvoća vode za piće prati se veličinom pojedinih pokazatelja (kemijskih, fizikalnih i bioloških) koji govore o sastavu, koncentraciji i svojstvima pojedinih tvari prisutnih u vodi, a koji su propisani pravilnicima, uredbama i zakonima. Voda koja se upotrebljava za piće mora biti bez štetnih tvari i zdravstveno ispravna. Značajne karakteristike Cetine, kao što su mali sadržaj otopljenog ugljikovog dioksida, dobro zasićenje kisikom te umjerena tvrdoća čine ovu vodu pogodnom za vodoopskrbu stanovništva na području srednjodalmatinskih otoka, Omiša i primorja Makarske. Voda izvora Jadra je kalcijsko-bikarbonatnog tipa, sadrži malo otopljenog ugljikovog dioksida i male je mineralizacije. Najveći potrošač vode s izvora Jadra je grad Split.

Ključne riječi: voda, pokazatelji kakvoće vode, rijeka Cetina, rijeka Jadro, zalihe vode za piće

## **SUMMARY**

Water is a unique chemical compound and occupies most of the planet Earth. Although the Earth is called the „Blue Planet“, the availability and supply of drinking water is limited. The quality of drinking water is monitored by the size of individual indicators (chemical, physical and biological) which speak about the composition, concentration and properties of certain substances present in the water, which are prescribed by regulations, ordinances and laws. The water used for drinking must be free of harmful substances and healthy. Significant characteristics of the Cetina, such as low content of dissolved carbon dioxide, good oxygen saturation and moderate hardness make this water suitable for water supply to the population in the area of the central Dalmatian islands, Omiš and the coast of Makarska. The water from the Jadra spring is of the calcium-bicarbonate type, contains little dissolved carbon dioxide and has low mineralization. The biggest water consumer of the source Jadra is city Split.

Keywords: water, water quality indicators, river Cetina, river Jadro, drinking water supplies

## Sadržaj:

1. UVOD.....	1
2. OPĆI DIO .....	3
2.1. Važnost vode za čovjeka .....	3
2.2. Važnost vode za biljke .....	4
2.3. Važnost vode za životinje .....	4
2.4. Karakteristične osobine vode .....	5
3. UTJECAJ POTROŠNJE VODE NA NJENU KAKVOĆU .....	7
3.1. Utjecaj kiselih kiša na kakvoću vode za piće.....	9
3.2. Utjecaj dušika i fosfora na kakvoću vode za piće .....	9
4. ANALIZA VODE ZA PIĆE .....	11
4.1. Pokazatelji kakvoće vode.....	12
4.1.1. Temperatura .....	12
4.1.2. Koncentracija vodikovih iona .....	13
4.1.3. Ugljikov dioksid.....	13
4.1.4. Koncentracija otopljenog kisika .....	14
4.1.5. Biokemijska potrošnja kisika.....	14
4.1.6. Kemijska potrošnja kisika.....	15
4.1.7. Kloridi i sulfati .....	15
4.1.8. Tvrdoća vode .....	16
4.1.9. Ukupni i fekalni koliformni .....	16
5. OPĆA OBILJEŽJA RIJEKE CETINE.....	17
5.1. Značajke krša.....	17
5.2. Rijeka Cetina .....	18
5.3. Kemijska karakterizacija voda Cetine.....	20

6.	OPĆA OBILJEŽJA RIJEKE JADRO .....	23
6.1.	Važnost rijeke Jadro kroz povijest .....	24
6.2.	Rijeka Jadro.....	26
6.3.	Kemijska karakterizacija rijeke Jadro .....	29
6.3.1.	Sadržaj dušika i fosofra.....	32
6.4.	Kakvoća vode izvorišta rijeke Jadra i Žrnovnice nakon požara.....	33
6.5.	Projekt „Jadro-izvor života“ .....	36
7.	UGROŽENOST I ZAŠTITA ZALIHA VODE ZA PIĆE.....	38
7.1.	Ugroženost i zaštita zaliha vode za piće u Republici Hrvatskoj .....	38
7.1.1.	Stanje i zaštita podzemnih voda Dalmatinskih slivova.....	41
7.2.	Ugroženost i zaštita zaliha vode za piće u Europi.....	41
8.	ZAKLJUČAK.....	45
9.	LITERATURA .....	46
9.1.	Popis slika .....	50
9.2.	Popis tablica .....	50

## 1. UVOD

Voda je neophodna za život čovjeka, biljaka i životinja stoga je ona najdragocjeniji prirodni resurs. Potrebe za vodom u cijelom svijetu povećavaju se svakim danom, zbog naglog porast broja stanovnika, njihova standarda te razvoja industrije i gospodarstva. Od ukupne količine vode na Zemlji 97,5 % je slana voda koju čine mora i oceani, 2,5 % čine slatke vode, od čega je 69,9 % voda zamrznuta na polovima, 30 % čini podzemna voda, a tek manje od 1 % je voda u rijekama i jezerima koja je dostupna za izravnu upotrebu.<sup>[1]</sup> Voda kruži u prirodi i time se obnavljaju vodni resursi na Zemlji. Prilikom kruženja, voda isparava s površine Zemlje i odlazi u atmosferu gdje se kondenzira i potom vraća na Zemlju u obliku padalina. Na tom putu voda otapa različite plinove i druga onečišćenja koja se nalaze u atmosferi. Voda se upotrebljava za različite namjene, poput vodoopskrbe stanovništva, navodnjavanja, ribarstvo, plovidbu i dr. stoga je očuvanje ovog prirodnog resursa od iznimne važnosti.

Hrvatska spada u zemlje koje posjeduju velike zalihe slatke vode po glavi stanovnika, a postojeći podaci govore da Hrvatska raspolaže s gotovo 16000 metara kubičnih vode po glavi stanovnika godišnje.<sup>[2]</sup>

Iako Dalmacija pripada krškom području kojeg karakterizira velika količina oborina, ipak Dalmacija nema dovoljno voda jer velika količina ponire i infiltrira se u podzemlje. Ta podzemna voda prema zdravstvenim i vodokemijskim značajkama slična je površinskim vodama. Površinske i podzemne vode Dalmacije razmjerno su sačuvane u svojim prirodnim značajkama jer je industrija kao i veći broj stanovnika smješten upravo uz obalno područje. Na području Dalmacije vode se mogu zagaditi zbog propusnosti tla i slabe mogućnosti pročišćavanja u podzemlju. Najneposrednija je opasnost od zagađenja produktima biološke razgradnje i fekalnim mikroorganizmima što se uspješno može spriječiti kloriranjem.<sup>[3,4]</sup> Uzimajući u obzir činjenicu da vode Dalmacije nisu značajno zagađene to omogućava da se za potrebe vodoopskrbe stanovništva koriste velike rijeke, poput Cetine i Jadra.

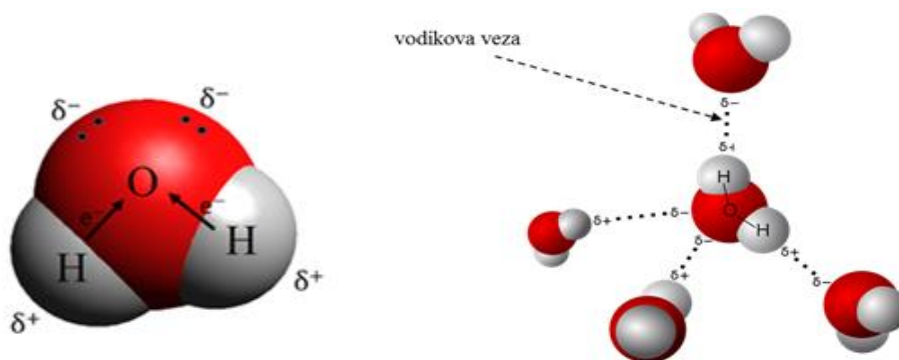


Nedostatak pitke vode posljedica je bržeg iskorištavanja vode nego što se ona može obnoviti i različitih onečišćenja koja uzrokuju promjenu kakvoće vode. Postoje alternativni izvori energije, ali za vodu nemamo alternativu stoga je racionalno korištenje vode nužno za socijalni i gospodarski razvoj.

Cilj ovog završnog rada je opisati pojedine pokazatelje kakvoće vode koji se određuju prilikom provođenja analize vode za piće i važnost njihovog praćenja kako bi se izbjegle neželjene posljedice na čovjekovo zdravlje te ukazati na ugroženost i način zaštite pitkih voda kako bi se osigurale dovoljne količine za budućnost.

## 2. OPĆI DIO

Voda kao jedinstveni kemijski spoj vodika i kisika zaslužna je za održavanje života na Zemlji. Molekula vode po svojoj strukturi sastoji se od jednog atoma kisika i dva atoma vodika. Zbog velike razlike u koeficijentu elektronegativnosti kisika i vodika molekula vode je izuzetno dipolnog karaktera. Kisik je elektronegativniji od atoma vodika stoga se elektroni kreću bliže atomu kisika pa taj dio molekule posjeduje negativni naboj, dok je dio molekule s atomom vodika pozitivan. Okolne molekule vode se uslijed toga elektronski privlače i povezuju tzv. vodikovim vezama u manje ili veće molekulske agregate. Molekulu vode karakterizira veliki broj neobičnih svojstava, zahvaljujući vodikovim vezama, koje nazivamo „anomalijama vode“. Voda je prirodni fenomen koji zauzima najveći dio planete Zemlje stoga se Zemlja s pravom naziva „Plavim Planetom“.



**Slika 1.** Dipolna molekula vode i njihovo povezivanje vodikovim vezama <sup>[5]</sup>

### 2.1. Važnost vode za čovjeka

Najzastupljenija komponenta svih živih organizama je voda i ima fundamentalan značaj u održavanju strukture i funkcije svih tkiva. Nedostatak vode u organizmu dovodi mnogo brže do smrti nego nedostatak hrane. Voda sudjeluje u razgradnji i apsorpciji hrane, olakšava probavu, oslobađa organizam od štetnih tvari, izvor je važnih minerala i elektrolita, regulira tjelesnu temperaturu, štiti organizam te održava kožu zdravom.<sup>[6]</sup>

Tijelo malog djeteta sadrži do 80 % vode dok se u tijelu zrelih osoba nalazi do 60 % vode. Obzirom na to sam proces starenja je ništa drugo nego isušivanje organizma.

## **2.2. Važnost vode za biljke**

Voda je vrlo značajna kako za čovjeka tako i za biljke. Voda sadrži mnoge hranjive tvari do kojih biljke mogu lako doći apsorpcijom. Vodene biljke se vrlo lako opskrbljuju vodom. Kopnene biljke često ne mogu lako doći do vode jer imaju poteškoća da ju u dovoljnoj mjeri izvuku iz tla. Voda je vrlo važna za rast biljaka, omogućava proces fotosinteze te distribuciju anorganskih i organskih molekula. Bez obzira na ovu ovisnost, biljke zadržavaju manje od 5 % vode upijene korijenom koja je potrebna za rast biljaka. Procesom transpiracije dio vode iz biljaka isparava u atmosferu.

Za kopnene biljke voda je samo jedan od ekoloških čimbenika, dok je za vodene biljke to sredina u kojoj žive. Voda stalno protječe od korijena ka listovima kod kopnenih biljaka. Isparavanjem vode dolazi i do hlađenja biljke, što omogućava opstanak biljke u tropskoj klimi.<sup>[7]</sup>

## **2.3. Važnost vode za životinje**

Značaj vode za životinje je velik. Voda je prvobitno životna sredina u kojoj je život nastao, pa je razumljivo zašto postoji ta uzajamna veza, a posebno za one životinje čija je ona sredina u kojoj žive. U unutrašnjosti organizma životinja nalazi se voda i važna je za njihovu prehranu. Sisavci vrlo teško podnose gubitak vode. Ukoliko sadržaj vode u organizmu padne za 15-20 % dolazi do uginuća. Neke životinje kao, npr., puževi mogu preživjeti i gubitak vode od 65-80 %. Potrebe za vodom mogu varirati ovisno o hrani i vremenskim prilikama.<sup>[8]</sup>

## 2.4. Karakteristične osobine vode

Voda je jedna od najrasprostranjenijih tvari u prirodi koja okružuje čovjeka, a njene fizikalne i kemijske karakteristike su jedinstvene. Čista voda je tekućina bez okusa, mirisa i boje te se nalazi su sva tri agregatna stanja: krutom, tekućem i plinovitom. Voda je izvor energije koji se može obnovljati. Kruženjem vode u prirodi, prema prirodnom hidrološkom ciklusu, dolazi do promjene sastava vode budući da je voda izvrsno otapalo.

Značaj vode je višestruk i može se promatrati s različitih aspekata. Voda se nalazi svuda i u svemu: ona je osnovica prirode, modifikator reljefa, stvaratelj krajolika, kriterij gospodarskog razvoja i još mnogo toga.<sup>[9]</sup>

Kako je voda dobro otapalo, ona sadržava različite otopljene tvari i zato se u prirodi voda nalazi kao smjesa tvari, a ne čista tvar. Voda koja sadrži malo otopljenih tvari je meka voda (kišnica), a voda s dosta otopljenih tvari je tvrda voda (tekućice, stajaćice). Tvrda voda je vrsta prirodne vode koja sadržava topljivi kalcijev hidrogenkarbonat, kalcijev sulfat i kalcijev klorid.

Voda nije podložna naglim promjenama temperature, pet puta se sporije grije i hladi od kopna. Značaj ovog svojstva vode ima utjecaj na klimu na Zemlji. Zbog specifičnog toplinskog kapaciteta voda može primiti velike količine topline, a da joj se temperatura znatnije ne promijeni. Tako, primjerice, sporo zagrijavanje i hlađenje mora utječe na blažu klimu u primorskim krajevima.<sup>[10]</sup>

Jedna od značajnijih anomalnih promjena vode jest odstupanje od uobičajenog pada gustoće s porastom temperature. Naime, pri temperaturi od 4 °C voda ima najveću gustoću i zauzima najmanji volumen.

Voda ima veliku toplinu isparavanja što je čini odličnim rashlađivačem. Latentna toplina isparavanja je količina topline koja je potrebna da određena tvar pređe iz tekućine u paru, a ta vrijednost kod vode je visoka zbog toga što tijekom procesa mora doći do cijepanja vodikovih veza. Kad nam je vruće znojimo se, a znoj je najvećim dijelom sastavljen od vode koja isparava s kože, troši tjelesnu toplinu i hladi tijelo.

O kakvoći vode ovisi bioraznolikost vodenih staništa, a kakvoća vode uvjetovana je mnogim čimbenicima. Nažalost, u današnje vrijeme sve veći učinak u onečišćenju voda ima ljudski faktor. Uzroci su industrijske i poljoprivredne otpadne vode koje sadržavaju tvari koje nisu biorazgradive, npr. pesticide, metale i razne druge kemijske spojeve. Za zaštitu vodnih područja potrebno je pravodobno ispitivanje fizikalno-kemijskih svojstava vode kao i praćenje promjena povezanih s faunom i florom.<sup>[10]</sup>

### 3. UTJECAJ POTROŠNJE VODE NA NJENU KAKVOĆU

*Zagledaj se duboko, duboko u prirodu i tada ćeš sve bolje razumjeti. Više je savršenstva u kapljici vode, nego u bilo kojem stroju kojeg je čovjek napravio.*

*Albert Einstein*

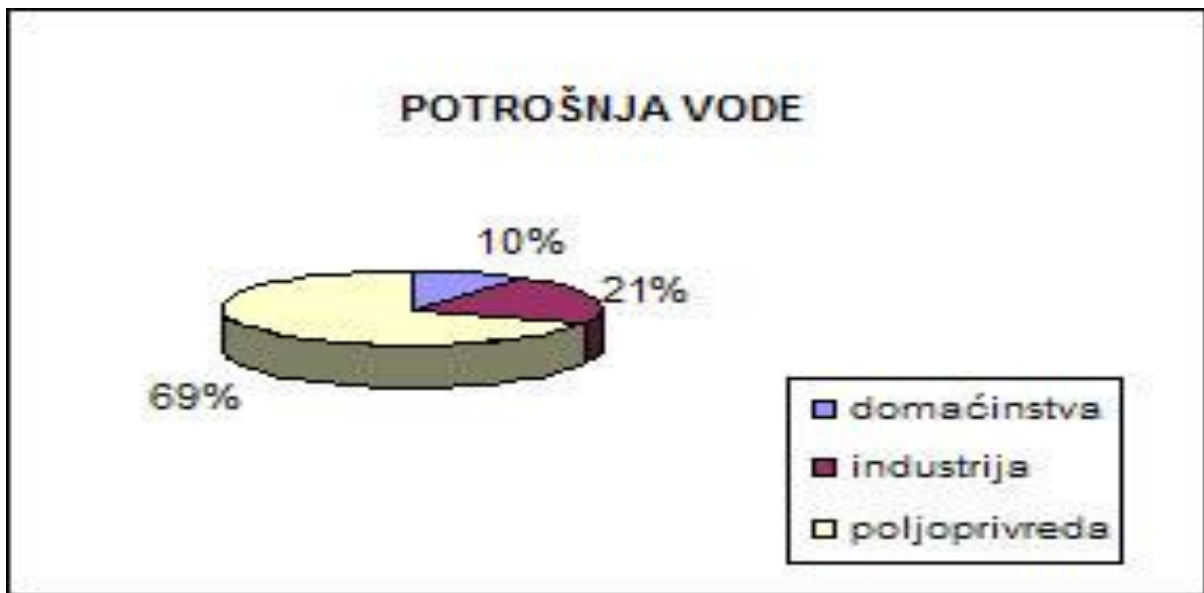
Budući da se vodeni resursi koriste kao izvorišta za vodoopskrbu stanovništva, a istovremenom i kao prijemnici za otpadne vode to je mogućnost pogoršavanja kakvoće vode sve veća. Najveći utjecaj u promjeni kakvoće vode ima čovjek sa svojim aktivnostima. Gledano kroz povijest ljudi su malo pažnje poklanjali racionalnom korištenju vode, a jedan od razloga takvog ponašanja je nepoznavanje važnosti ovog resursa.

Kakvoća vode označava upotrebljivost vode za pojedinu namjenu, a određuje se veličinom pojedinih pokazatelja (kemijskih, fizikalnih i bioloških) koji govore o sastavu, koncentraciji i svojstvima pojedinih tvari prisutnih u vodi. Kakvoća, odnosno kvaliteta vode ispituje se prema smjernicama, preporukama i pravilnicima odgovarajućih ustanova i zavoda na međudržavnoj i državnoj razini. Kakvoća vode u Republici Hrvatskoj definirana je Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (Narodne novine, broj 47/08) <sup>[11]</sup>. Ovim Pravilnikom <sup>[11]</sup> se propisuje:

- zdravstvena ispravnost vode koja služi za ljudsku uporabu
- granične vrijednosti pokazatelja zdravstvene ispravnosti
- vrste i obim analiza uzoraka vode za piće te analitičke metode
- učestalost uzimanja uzoraka vode za piće.

Tri glavna korisnika vode su: stanovništvo, industrija i poljoprivreda. U pravilu svako korištenje voda dovodi do promjene njenih karakteristika pa se tako mijenjaju i vode koje stanovništvo koristi u naseljima, odnosno domaćinstvima. Korištenjem u domaćinstvu čista i sanitarno ispravna voda se zagađuje te postaje otpadna voda. Ta voda se sakuplja kanalizacijskim sustavom te dalje odvodi na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda najmanje do razine propisane zakonom. Na sličan način dolazi i do promjene kakvoće vode korištenjem u poljoprivredi i industriji. Voda mijenja svoje karakteristike u cijelom

prirodnom hidrološkom ciklusu, a posebice otjecanjem preko poljoprivrednih, urbanih i industrijskih površina. Budući da voda ima veliku sposobnost otapanja tvari, nje u prirodi nema nigdje čiste, ali to ne znači da ona nije zdrava za piće. Nažalost, promjene koje su najopasnije i najveće po zdravlje čovjeka i živog svijeta događaju se čovjekovom upotrebom vode i njezinim korištenjem u svakodnevnim aktivnostima. Za razliku od promjena kakvoće voda koje se odvijaju nekontrolirano kruženjem vode u prirodi, promjene koje se odvijaju na području industrijskih i urbanih sredina i korištenjem voda u tim sredinama, mogu se kontrolirati. Izgradnjom kanalizacijskih sustava prije svega mogu se kontrolirati promjene kakvoće oborinskih voda kao dijela hidrološkog ciklusa u ovim sredinama i voda uporabljenih za razne namjene. Osnovni zadatak ovog sustava je da uporabljene i oborinske vode sakuplja te odvodi na postrojenje za pročišćavanje voda pomoću kojega se kontrolira kakvoća voda koje se ispuštaju u vodne resurse, a samim time i njihovo zagađenje. U tom je uloga kanalizacije od temeljne važnosti za zaštitu okoliša te provođenje koncepta održivog razvoja.<sup>[1]</sup>



**Slika 2.** Potrošnja vode <sup>[12]</sup>

### **3.1. Utjecaj kiselih kiša na kakvoću vode za piće**

U prirodi se ne može naći kemijski čista voda. Voda pri samom nastanku iz vodene pare otapa različite štetne tvari i plinove koji se nalaze u atmosferi.

Sastav i onečišćenje tla ima veliki utjecaj na kakvoću i sastav vode. Sudjelovanjem u kružnom ciklusu voda „upija“ onečišćenja koja se nalaze u atmosferi zbog povećane količine ugljikovog dioksida u atmosferi zbog čega pH vrijednost pada na 5,6, a ponekad i do 4 što uzrokuje stvaranje kiselih kiša. Kisele kiše mogu biti pogubne za pojedine organizme u vodi budući da uzrokuju promjenu pH vrijednosti vode. Jedino u krškim područjima karbonatne stijene neutraliziraju tu kiselost, te voda ima pH vrijednost oko 7, što je čini neutralnom. Onečišćenje podzemne vode uvijek je nepovoljno, jer ako se voda onečisti otrovnom tvari ona je izvan upotrebe ne samo desetljećima, već i stoljećima, a ponekad i zauvijek.<sup>[13,14]</sup> To izaziva velike probleme jer se 80 % vode za potrebe vodoopskrbe stanovništva na području Republike Hrvatske dobiva iz podzemnih voda stoga je zaštita ovog resursa od iznimne važnosti.

### **3.2. Utjecaj dušika i fosfora na kakvoću vode za piće**

Dušik je kemijski element periodnog sustava, a označava se simbolom N i zauzima redni broj sedam u periodnom sustavu elemenata. Dušik je najzastupljeniji plin u zraku te se u manjem udjelu pojavljuje u vulkanskim plinovima i mineralnim vodama.

Dušik se nalazi u atmosferi, a prilikom sijevanja oksidira u dušikov oksid koji putem oborina dospijeva u vodne sustave. Pojedine vrste algi, bakterija i biljaka fiksiraju dušik iz atmosfere, a najveće količine dušikovitih spojeva produkt su razgradnje organskih tvari.<sup>[15]</sup> U vodi dušik potječe iz nitritnih, nitratnih i amonijevih soli te iz organskih spojeva sa dušikom. U vodi nitrati mogu biti prirodnog i antropogenog podrijetla. Prirodno podrijetlo nitrata potječe od mikrobne aktivnosti u tlu, a veće koncentracije nitrata u vodi posljedica su ispiranja poljoprivrednih zemljišta koja su prethodno tretirana različitim umjetnim gnojivima, ispuštanja neobrađenih otpadnih voda i procjednih voda s nesaniраних odlagališta otpada. Organski dušik i amonijak troše kisik zbog toga u vodi nisu poželjni. Prisutnost amonijaka u



vodi prilikom dezinfekcije klorom je nepovoljna zbog mogućnosti nastanka kloramina koji uzrokuju neugodan miris i produžuju dezinfekciju.

Fosfor je kemijski element periodnog sustava, a označava se simbolom P i zauzima redni broj petnaest u periodnom sustavu elemenata. Fosfora u prirodi nema u slobodnom stanju već se nalazi u stijenkama.

Fosfor se u vodi nalazi u obliku polifosfata, ortofosfata te organski vezanog fosfora. Povećane količine fosfata u prirodnim vodama javljaju se zbog primjene umjetnih gnojiva i detergenata, a razgradnja spojeva fosfora je spora.

Pod pojmom hranjive soli podrazumijevaju se spojevi dušika i fosfora, a njihova povećana koncentracija dovodi do eutrofikacije što uzrokuje povećanje vrijednosti KPK i BPK, a voda dobiva okus i miris. Do pojave eutrofikacije može doći putem prirodnog mehanizma ili pak nepravilnim ispuštanjem otpadne vode u prirodne prijemnike.

## 4. ANALIZA VODE ZA PIĆE

Kakvoća vode za piće određena je raznim propisima i obvezno ju je redovno pratiti. Ona mora biti bezbojna, bistra i bez mirisa, bez otrovnih tvari i uzročnika bolesti (patogene bakterije). Ne smije sadržavati više od 0,1 % otopljenih minerala, ugljikovog dioksida i kisika. Takva voda dobiva se iz dubokih bunara i čistih izvora, pa je na Zemlji ima vrlo malo (računa se samo 0,03 %).<sup>[10]</sup>

Analiza vode za piće je jedna od glavnih mjera za sprječavanje i suzbijanje zaraznih bolesti. Njome se utvrđuje kakvoća vode na izvorištima, njezina zdravstvena ispravnost u vodoopskrbnome sustavu kao i učinkovitost dezinfekcije.<sup>[10]</sup>

Službeni laboratoriji za obavljanje analiza u svrhu provođenja monitoringa i drugih kontrola vode za ljudsku potrošnju su laboratoriji Hrvatskoga zavoda za javno zdravstvo i zavodi za javno zdravstvo pojedinih županija.<sup>[10]</sup>

Prilikom određivanja kakvoće vode istraživači se nerijetko koriste svojim vlastitim osjetilima kako bi odredili neka fizička svojstva vode poput boje, mirisa, okusa i slično, a pritom se koriste stečenim znanjima i spoznajama o intenzitetu i vrstama osjeta.

Analiza vode za piće obuhvaća nekoliko određivanja:

- organoleptičke i fizikalno-kemijske osobine vode: temperatura, boja, mutnoća, miris, okus, pH vrijednost i elektrovodljivost
- kemijske osobine vode: tvrdoća, sadržaj kalcija, magnezija, kalija, litija, klorida, fluorida, bromata, nitrata, fosfata, sulfata i ostalih elemenata, masti, ulja, slobodnog klora i detergenata
- bakteriološke osobine vode: koliformne i fekalne koliformne bakterije, fekalne streptokoke, aerobne mezofilne bakterije i viruse u vodi
- otrovne (toksične) tvari: aluminij, arsen, kadmij, krom, olovo, vanadij, živa bakar i drugi elementi.<sup>[14]</sup>

Učestalost uzorkovanja prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće <sup>[11]</sup> je:

- doza klora i zaostalog (rezidualnog) klora u vodi provjerava se prije distribucije potrošačima dva puta dnevno
- boja, miris, zamućenje, vodljivost i pH vrijednost za sirovu i za pročišćenu vodu ispituje se jedanput na dan
- kemijska analiza sirove vode za sva izvorišta koja su prikladni opskrbljivači najmanje dva puta godišnje
- bakteriološka analiza provodi se za pročišćenu vodu jednom tjedno, a za vodu iz opskrbnog sustava i sirovu jednom mjesečno.<sup>[14]</sup>

#### **4.1. Pokazatelji kakvoće vode**

Kakvoća vode određuje se veličinom pojedinih pokazatelja (kemijskih, fizikalnih i bioloških) koji govore o sastavu, koncentraciji i svojstvima pojedinih tvari prisutnih u vodi.

##### **4.1.1. Temperatura**

Temperatura je fizikalni pokazatelj kakvoće vode za piće. Temperatura utječe na koncentraciju otopljenog kisika u vodi i mijenja fizikalna svojstva vode, poput gustoće. Temperatura vode ovisi o klimatskim prilikama, vezi podzemnih voda s površinskim vodama, dinamici vode i geološkoj građi terena. Temperatura vode povezana je sa temperaturom atmosfere stoga je sklona promjenama tijekom godine. Rast temperature ovisi o dubini, toplinskoj vodljivosti stijena, litološkoj građi stijena te blizini magmatskih tijela.<sup>[15,16]</sup> Povećane vrijednosti temperature vode posljedica su toplinskog onečišćenja. Najpogodnija temperatura vode za piće je oko 15 °C. Termometrom se mjeri temperatura vode, a izražava se u Celzijevim stupnjevima (°C) ili kao termodinamička temperatura u kelvinima (K).

#### 4.1.2. Koncentracija vodikovih iona

Koncentracija vodikovih iona, odnosno pH vrijednost je kemijski pokazatelj vode za piće, a definira otopinu kao lužnatu ili kiselu. pH vrijednost je vrlo bitan pokazatelj kakvoće vode jer veliki broj postupaka čišćenja voda ovisi o pH vrijednosti koja se kreće u granicama od 0 do 14 pri čemu pH viši od 7 karakterizira vodu lužnatom, pH niži od 7 kiselim, a 7 neutralnom.

U prirodnim, čistim vodama pH vrijednost ovisi o prisutnosti hidrogenkarbonata i karbonata, ali najviše o ugljikovom dioksidu koji potječe iz atmosfere. U čistim vodama niska pH vrijednost posljedica je otopljenog proizvoda biljne razgradnje kao što su humus, fluvijaska kiselina i druge organske kiseline. Onečišćene industrijskim otpadom vode mogu imati nisku pH vrijednost, odnosno korozivne su. Visoke pH vrijednosti smanjuju učinak kloriranja prilikom dezinfekcije vode.<sup>[15,17]</sup>

pH vrijednost vode za piće treba biti neutralna do slabo lužnata (pH=6,5-8,5), a mjeri se pomoću pH metra sa staklenom pH elektrodom. Kisele vode djeluju korozivno na metale zbog čega su svi elementi vodoopskrbnih sustava skloni trošenju dok lužnate vode stvaraju talog.

#### 4.1.3. Ugljikov dioksid

Budući da je voda dobro otapalo, ona osim krutih čestica sadrži i otopljene plinove. Otopljeni plinovi su kemijski pokazatelji kakvoće vode, a u vodi se najčešće prati koncentracija otopljenog kisika, ugljikovog dioksida, sumporovodika te spojeva dušika.

Ugljikov dioksid je prisutan u svim prirodnim vodama, a nalazi se kao slobodni ili vezani u spojevima s karbonatima i hidrogenkarbonatima. Slobodni CO<sub>2</sub> u vodi se nalazi u otopljenom stanju, a dijeli se na „pripadni“ i „agresivni“.

Da bi se u vodi hidrogenkarbonati održavali u otopljenom stanju, potrebno je da postoji dio slobodnog CO<sub>2</sub> koji se naziva „pripadni“ CO<sub>2</sub>. U vodi ostatak slobodnog CO<sub>2</sub> je „agresivni“.

Kako u kišnici nema hidrogenkarbonata cijeli CO<sub>2</sub> je „agresivan“ što kišnicu čini vrlo korozivnom. Ako je ukupan slobodni CO<sub>2</sub> manji od „pripadnog“ tada u vodi hidrogenkarbonati prelaze u netopljive karbonate. U krškim vodama, u prirodi tako nastaju barijere i slapovi, npr. Plitvice i slapovi rijeke Krke.<sup>[15]</sup>

#### **4.1.4. Koncentracija otopljenog kisika**

Kisik je najrasprostranjeniji kemijski element na svijetu, a u vodu dopijeva procesom fotosinteze i otapanjem iz zraka. Fotosinteza je proces dobivanja organske tvari iz ugljikovog dioksida i vode pomoću sunčeve energije i klorofila iz biljaka pri čemu se oslobađa kisik. Kisik je slabo topljiv u vodi, povećanjem temperature topljivost kisika se smanjuje.

Pri određenoj temperaturi zasićenost kisikom je relativna mjera koja nam pokazuje postotak kisika otopljenog u vodi u odnosu na normalnu topljivost. Zasićenje kisikom ispod 80 % ukazuje nam na povećanu potrošnju kisika što se osobito javlja ljeti u vodama stajaćicama zbog kumulativnog efekta visokih temperatura, pojačane razgradnje organske tvari i bržeg metabolizma zajednice. Neugodni mirisi javljaju se prilikom niske koncentracije otopljenog kisika zbog toga što dolazi do procesa anaerobne razgradnje i nastanka plinova sumporovodika, metana, amonijaka.<sup>[15]</sup>

#### **4.1.5. Biokemijska potrošnja kisika**

Biokemijska potrošnja kisika (BPK) je pokazatelj koncentracije biorazgradive organske tvari u vodi, odnosno predstavlja koncentraciju kisika potrebnog da se biološki razgradi organska tvar uz pomoć mikroorganizama. Proces potpune razgradnje organske tvari traje jako dugo. Potrošnja kisika proporcionalna je koncentraciji otopljene organske tvari.

Biokemijskom oksidacijom razgrađuju se spojevi ugljika i dušika. Tijekom 5 dana razgradi se oko 60-70 % ugljikovih spojeva, a nakon 20 dana oko 95-98 %.<sup>[15]</sup>

Budući da je proces potpune biorazgradnje dugotrajan za potrebe analize u praksi se uzima vremenski period od 5 dana, petodnevna biokemijska potrošnja kisika (BPK<sub>5</sub>), a odvija se u tami pri temperaturi od 20 °C, dok se dobivena vrijednost izražava u mg/L O<sub>2</sub>. BPK<sub>5</sub> vrijednost uvijek je manja od KPK vrijednosti budući da je veći broj organskih tvari koje se mogu kemijski oksidirati, nego biološki razgraditi.

#### **4.1.6. Kemijska potrošnja kisika**

U vodi su prisutne i organske tvari koje se ne mogu biološki razgraditi, ali se zato mogu kemijski oksidirati. Kemijska potrošnja kisika (KPK) je pokazatelj koncentracije nerazgradive i razgradive organske tvari kao i dijela anorganske tvari koja se može oksidirati nekim jakim oksidacijskim sredstvom, poput kalijevog-permanganata ili kalcijevog-dikromata.

KPK se može izračunati iz potrošnje kalijevog permanganata (KMnO<sub>4</sub>), oksidativnost metodom utroška kalijevog permanganata, koji je pokazatelj sadržaja organskih tvari i dijela anorganskih tvari koje se mogu oksidirati, a prisutne su u vodi za piće. Kemijska potrošnja kisika izražava se u mg/L O<sub>2</sub>.

#### **4.1.7. Kloridi i sulfati**

Povećane koncentracije klorida u vodi mogu ukazati na onečišćenje kemijskim tvarima, a uzrokuju slankast okus vode. Sulfati zajedno s kloridima čine slanost vode, a u vodi se javljaju kao posljedica otapanja mineralnih naslaga. Povećane koncentracije sulfata u vodi dovode do promjene okusa vode i izazivaju probavne smetnje.

#### 4.1.8. Tvrdoća vode

Tvrdoća vode određena je koncentracijom kationa metala koji imaju sposobnost da reagiraju s anionima prisutnim u vodi te se u uvjetima zasićenja mogu istaložiti. U prirodnim vodama se najčešće pojavljuju kationi kalcija ( $\text{Ca}^{2+}$ ) i magnezija ( $\text{Mg}^{2+}$ ), a vrlo rijetko i u znatnoj manjoj koncentraciji kationi željeza ( $\text{Fe}^{2+}$ ), stroncija ( $\text{Sr}^{2+}$ ), mangana ( $\text{Mg}^{2+}$ ) i aluminijska ( $\text{Al}^{3+}$ ). Tvrdoća vode jedno je od najznačajnijih svojstava koji opisuju kvalitetu vode za piće, a izražava se u njemačkim stupnjevima tvrdoće ( $1^\circ\text{nj} = 10 \text{ mg/L CaO}$ ).

#### 4.1.9. Ukupni i fekalni koliformni

Skupinu gram-negativnih bakterija čine koliformne bakterije, sastavni su dio crijevne flore, ne izazivaju bolest u crijevima nego pridonose normalnoj probavi. Dospiju li u tkiva izvan probavnog sustava postaju patogeni. Pod ukupne koliformne organizme spadaju fekalne bakterije poput *Escherichia coli* koja potječe iz probavnog sustava te koliformne bakterije koje se razvijaju i u tlu, kao što su *Enterobacter (Aerobacter)*, *Serratia marcescens*, *Providencia* i dr. Korištenjem pokazatelja „fekalni koliformni“ (*E. coli*, bakterije enterokoki ili fekalni streptokoki) sa sigurnošću se utvrđuje antropogeno i životinjsko fekalno onečišćenje. Streptokoki su kuglasti gram-pozitivni mikroorganizmi koji postaju patogeni dospiju u druge dijelove organizama, osim crijevne flore životinja i ljudi čiji su enterokoki sastavni dio.<sup>[15,17]</sup>

Budući da su u prethodnom dijelu utvrđeni parametri koji se trebaju odrediti i pratiti kako bi se ocijenila kakvoća vode za piće u daljnjem dijelu rada sagledat će se kakvoća voda rijeke Cetine i Jadra koje su značajne za vodoopskrbu stanovništva na području Dalmacije.

## 5. OPĆA OBILJEŽJA RIJEKE CETINE

Najznačajnija rijeka u središnjoj Dalmaciji, Cetina, zajedno s podzemnim vodama iz zapadnog dijela Bosne i Hercegovine tvori veliko porječje i tako čini jedan vrlo važan hidrološki sustav. Prostor karakteriziraju dvije vrste stijena, propusne koje propuštaju vodu u podzemlje i nepropusne koje zadržavaju vodu na površini. Vodno bogatstvo rijeke povećava se s povećanjem količine oborina, koje ovise o temperaturi zraka te utjecaju okolnih planina i Jadrana.<sup>[18]</sup> Podzemne vode Cetine pripadaju Dalmatinskim slivovima, a pod velebnim masivom Dinare i Kamešnice je niz krških polja kojima Cetina protječe u gornjem dijelu svoga toka.

### 5.1. Značajke krša

Krš je teren s posebnim reljefnim oblicima i hidrologijom. Krš karakterizira poseban način toka vode, vrlo razvijeno krško izlokavanje, odronjavanje te bogati podzemni i vrlo slabo razvijeni nadzemni tokovi. Područje krša obiluje pukotinskim vodama kod kojih je prisutno замуćenje koje ovisi o dubini podzemne vode, propusnosti krša, a najviše o oborinama. Krška pukotinska voda je umjereno tvrda, razmjerno brzo teče zbog čega se tokom kroz podzemlje ne pročišćava mnogo. Prema svom sastavu, kemijskom i biološkom, slična je površinskoj vodi.<sup>[19]</sup>

Dinarski krš ističe se svojom vertikalnošću reljefa kao i nedostatkom površinskih vodotoka koji bi oborinske vode drenirali do Jadranskog mora. Karbonatne stijene zaslužne su za taj nedostatak, a to su uglavnom dolomiti i vapnenci, zbog kojih se najveći dio dinarskog krša odvodnjava podzemnim vodama. Samo mali broj rijeka uspjele su održati površinsko otjecanje i tako oformiti doline u dinarskom kršu, koje ne nailaze na reljefne prepreke od svoga izvora pa do ušća, dok Cetina na svom putu ima brojne reljefne barijere zbog kojih je usjekla sutjeske i kanjone.<sup>[19]</sup>

Vode u kršu su najčešće kalcijsko-hidrogenkarbonatne. Međusobno se razlikuju prema količini otopljenih soli, prema sadržaju klorida, sulfata, magnezija, natrija i otopljenoga ugljikovog dioksida. U mnogim krškim vodama ima više hidrogenkarbonata nego sulfata i



klorida zbog toga što voda najčešće nailazi na karbonatne stijene dok su naslage sulfatnih minerala razmjerno rijetke, a pritom i slabo topljive dok kloridnih minerala nema. U mnogim krškim vodama pojavljuje se viši udio klorida što je posljedica utjecaja mora i to ili zbog izravnoga miješanja morske vode s riječnom vodom ili zbog miješanja mora s podzemnim tokovima. U tim vodama, osim povećanog udjela klorida, povećavaju se i udjeli sulfata, natrija i magnezija.<sup>[4,19]</sup>

Sulfati i kloridi, u nekim krškim vodama, za razliku od hidrogenkarbonata značajnije se mijenjaju ovisno o razini podzemnih voda odnosno oborina. U sušno doba tih iona je mnogo više nego u kišno doba.<sup>[19]</sup>

Voda u kršu bit će zagađena ako dođe do: ispiranja poljoprivrednih zemljišta koja su tretirana umjetnim gnojivima i pesticidima, ispuštanja otpadnih voda i procjeđivanja s nesaniranih odlagališta otpada.

Vodonosnici su stijenske formacije koji pohranjuju, prenose i otpuštaju vodu. Krške vodonosnike u području Dinarida, karakterizira pukotinsko-disolucijska ili sekundarna poroznost koja se javlja kod svih čvrstih i gustih stijena koje su netopljive u vodi.

## **5.2. Rijeka Cetina**

Rijeka Cetina krški je tipični vodotok u dubokom i dobro razvijenom Dinarskom kršu. Najduža i najznačajnija je rijeka srednje Dalmacije, a ukupna duljina otvorenog toka rijeke Cetine od izvora do ušća je oko 105 km. Rijeka Cetina protječe kroz dvije države, Republiku Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu. Sliv Cetine izgrađen je od trijaznih, jurskih i krednih slojeva karbonata. Zapadni dio sliva rijeke Cetine naziva se „izravnim“ ili topografskim slivom. Definirana je na temelju površinskih morfoloških oblika, povezivanjem vrhova planinskih lanaca. Ovaj dio sliva gotovo je u cijelosti smješten u Republici Hrvatskoj. Istočni dio sliva naziva se „neizravnim“ slivom, a nalazi se uglavnom u Bosni i Hercegovini.<sup>[20]</sup> Osnovno obilježje rijeke Cetine je raznolikost reljefa kojim protječe te dobra podzemna povezanost s visokim poljima u jugozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine s kojih protječu značajne količine vode, što Cetinu čini izdašnom i tijekom velikih suša.<sup>[18]</sup>

Izvire na jugozapadnim obroncima Dinare na nadmorskoj visini od 382 m odakle teče jugoistočno Cetinskim poljem, prema akumulacijskom jezeru Peruća. Nizvodno od brane Peruća, Hrvatačkim i Sinjskim poljem, teče do Trilja, gdje se ulijeva u akumulaciju Đale i Prančević, od koje nastavlja teći u dva smjera. Dio voda Cetine skreće prema dovodnom tunelu do HE Zakućac, a dio nastavlja prirodnim tokom do Zadvarja, od kojeg naglo mijenja smjer prema zapadu do Omiša, gdje se naposljetku i ulijeva u Jadransko more.<sup>[19]</sup>



**Slika 3.** Izvor rijeke Cetine <sup>[21]</sup>

Zbog povoljnih hidroenergetskih značajki, Cetina je oduvijek privlačila veliku pozornost zbog čega je došlo do izgradnje pet hidroelektrana (HE Kraljevac, HE Peruća, HE Zakućac, HE Orlovac, HE Đale), čiji rad opskrbljuje šire područje porječja koji pripada Republici Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini.<sup>[18]</sup>

### **5.3. Kemijska karakterizacija voda Cetine**

U vodoopskrbi Srednje Dalmacije napravljen je veliki napredak onda kada je za vodoopskrbu zahvaćena voda Cetine za brački, omiški, hvarski i makarski vodovod kraj Gata i Zadvarja. Zbog tih se dvaju vodozahvata prati kakvoća vode Buška Blata, najveće akumulacije u Europi, površine 55 km<sup>2</sup>, obujma 790 x 106 m<sup>3</sup> i dubine 5 m. Ova akumulacija se koristi za HE Orlovac, a zbog mogućih utjecaja povećanih koncentracija dušika i fosofra koje se mogu javiti važno je pratiti stupanj trofije akumulacije Buška Blata. Ti čimbenici mogu uzrokovati pojavu alga na vodovodnim vodovima, prilikom postupka pročišćavanja vode, koja služi za vodoopskrbu.<sup>[4,22]</sup>

**Tablica 1.** Pokazatelji kakvoće na mjernim postajama rijeke Cetine<sup>[4]</sup>

Pokazatelji kakvoće	62 Cetina ispod Trilja	63 Cetina Gata	64 Cetina Zadvarje	Maksimalno dopuštena koncentracija (MDK) za vode za piće
Temperatura, °C	12	12	13	10
pH	7,6	7,6	7,7	6,5-8,5
CO <sub>2</sub> , mg/L	6	6	5	12
Otopljeni kisik, mg O <sub>2</sub> /L, %	11;104	11;104	11;02	>2
BPK <sub>5</sub> , mg O <sub>2</sub> /L	2,6	2,5	1,8	
KMnO <sub>4</sub> , mg KMnO <sub>4</sub> /L	8	9	8	
NH <sub>3</sub> -N, mg/L	0,05	0	0	0,5
NO <sub>3</sub> -N, mg/L	0	0	0	0
Isparni ostatak, mg/L	230	236	215	1000
Cl, mg/L	16	16	16	25
SO <sub>4</sub> , mg/L	29	24	23	400
HCO <sub>3</sub> -CaCO <sub>3</sub> , mg/L	181	176	168	
Tvrdoća CaCO <sub>3</sub> , mg/L	211	207	200	500
Ca-CO <sub>3</sub> , mg/L	166	162,5	153,5	
Mg-CaCO <sub>3</sub> , mg/L	45	44,5	46,5	
Na, mg/L	10,4	7,6	6,7	
Ukupni broj bakterija/mL	300	240	34	
Ukupni koliformni/100mL	230	75	100	
Fekalni koliformni/100mL	115	25	33	

U ovoj tablici prikazani su rezultati istraživanja kakvoće vode rijeke Cetine u razdoblju od 1996.-2005. Rezultati kemijskih i mikrobioloških istraživanja u navedenoj tablici prikazani su kao srednje desetgodišnje koncentracije izražene u mg/L. U tablici se nalaze sljedeći pokazatelje kakvoće vode: pH, temperatura, CO<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, otopljeni kisik, % zasićenja kisikom, utrošak KMnO<sub>4</sub>, amonijak, nitrit, isparni ostatak, klorid, sulfat, alkalitet, ukupna tvrdoća, Ca, Mg, Na, ukupni broj bakterija u 1 ml, ukupni koliformi/100 ml i fekalni koliformi/100 mL. U tablici prikazane srednje koncentracije pokazatelja kakvoće uspoređene su s dopuštenim graničnim koncentracijama Svjetske zdravstvene organizacije za pitke vode [23].

U ovom radu razmotrili su se pokazatelji vode za piće na mjernim postajama Cetine ispod Trilja, Cetina Gate i Cetine Zadvarje. Voda rijeke Cetine koja je zahvaćena pokraj Zadvarja i Gata omogućava vodoopskrbu srednjodalmatinskih otoka, grada Omiša i primorja Makarske. Problem vodoopskrbe ovog područja riješen je vodovodom, jednim od najboljih načina opskrbe potrošača vodom.

Iz tablice je vidljivo da je na mjernim postajama Cetine: temperatura vode za piće bila nešto viša od MDK-a vrijednost, pH vrijednost zadovoljavajuća, koncentracija otopljenog ugljikovog dioksida bila je niska, dobro zasićenje kisikom, BPK<sub>5</sub> malo viška od MDK-a vrijednosti (MDK-a za BPK<sub>5</sub> je 2, prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće [11]), koncentracije klorida i sulfata male, vrijednosti tvrdoće znatno ispod MDK-a vrijednosti (vode Cetine spadaju u vode srednje tvrdoće), razmjerno malen isparni ostatak, a na mjernoj postaji Cetina ispod Trilja izmjerena je vrlo mala koncentracija amonijačnog dušika (NH<sub>3</sub>-N).

Većina određenih fizikalnih i kemijskih pokazatelja pitke vode bila je u vrijednostima koje su ispod maksimalno dopuštenih koncentracija vode za piće što ukazuje da je voda Cetine pogodna za vodoopskrbu stanovništva.

## 6. OPĆA OBILJEŽJA RIJEKE JADRO

Izvorište rijeke Jadro je u podnožju Mosora na 35 metara nadmorske visine, a ulijeva se u Solinski zaljev nakon 4,5 km dugog toka. Donosi život i oplođuje ovaj kraj svojim kratkim tokom, napajajući osim Solina, grad Split, Kaštela, Trogir i okolna mjesta. Rijeku Jadro u Solinu zovu „Solinska Rika“, a zbog njena značaja i događaja iz starohrvatske povijesti, naziva se često i „hrvatskim Jordanom“. Gornji tok rijeke proglašen je 1984. godine posebnim ihtiološkim rezervatom zbog života i razvoja endemske podvrste Mekousne pastrve (*Salmothymus obtusirostris salonitana*). Površina ihtiološkog rezervata je cca 78 000 m<sup>2</sup>, a predstavlja vodotok rijeke Jadro od izvora do Uvodića mosta. Vrijednosti rijeke Jadro poznavali su i davni narodi. Stari Iliri gradili su kuće pokraj njezina korita i pili vodu kakve na daleko nije bilo.<sup>[24]</sup>



Slika 4. Izvorište rijeke Jadro <sup>[25]</sup>

## 6.1. Važnost rijeke Jadro kroz povijest

Plodno i vodom bogato tlo te povoljni klimatski uvjeti omogućili su da se u razdoblju Rimskog carstva, na ušću rijeke Jadro razvije velegrad Salona. Oko 60.000 stanovnika živjelo je u visoko urbaniziranim uvjetima s riješenom vodoopskrbom i kanalizacijom. Tijekom vladavine cara Dioklecijana, u vrijeme izgradnje njegove rezidencije u III. st .n. e., izgrađen je 9 km dug vodovod, sa 4 akvadukta i tunelom, što predstavlja remek djelo graditeljstva. Unutar Dioklecijanove palače sustavom kanala riješena je odvodnja vode u more dok su otpadne vode izvan zidina otjecale prirodnim potocima. Prilikom radova u Palači i danas se pronalaze dijelovi vodovoda i kanalizacije.<sup>[26]</sup>



**Slika 5.** Akvadukt <sup>[26]</sup>

Stara Salona pljačka se i uništava prodorom Avara i dolaskom Slavena, dolazi do pada Rimskog carstva. Sve izvan Palače bilo je uništeno u tim pohodima, pa tako i Dioklecijanov vodovod, a stanovništvo se pred razaranjima sklonilo u Palaču. Nakon smirivanja povijesnih okolnosti, stanovništvo koje se sklonilo u okrilje Palače, nastavilo je živjeti u neposrednoj blizini njene sigurne zaštite i tako proširilo Grad izvan samih zidina.<sup>[26]</sup>

Jedini način opskrbe vodom u to vrijeme bili su bunari. Otpadne vode, zbog sve veće količine, uvjetovane rastom stanovništva, počele su onečišćavati i zagađivati podzemne vode što je uzrokovalo češća obolijevanja ljudi. Važnost zbrinjavanja otpadnih voda, kao i rješavanje pitanja vodoopskrbe naglasila je nastala situacija. Tadašnja gradska vlast, 1878. godine, odlučila je obnoviti stari Dioklecijanov vodovod te ponovno dovesti vodu s izvora Jadra u Grad.<sup>[26]</sup>

Obnova vodovoda završena je 1880. godine, a na mjestu dosadašnje blagajne Vodovoda i kanalizacije, u ulici Domovinskog rata, izgrađena je prva vodosprema pitke vode s dvije komore, te gravitacijskim cjevovodima prema gradu. Zbog toga se 1880. godina uzima za početak organizirane vodoopskrbe i odvodnje, te predstavlja prekretnicu daljnjeg razvoja Grada i cijelog područja. Tijekom cijelog prošlog razdoblja vodovod nije radio bez prekida. Padom Rimskog carstva razrušen je i nije bio u upotrebi tijekom srednjeg vijeka. Dugo vremena nakon toga grad se opskrbljivao vodom iz javnih bunara, zbog toga što niži dijelovi grada obiluju podzemnim vodama. Pojedini bunari sačuvani su i do danas. Prvi projekti za dizanje vode kroz crpne stanice (cs), koji su u tehnološkom smislu obuhvaćali kompletno kondicioniranje vode, izrađeni su u periodu od 1902. do 1914. godine, ali do realizacije ovih projekata nije došlo zbog početka I. Svjetskog rata.<sup>[26]</sup>

Nakon I. Svjetskog rata, 1923. i 1924. godine dolazi do znatnijeg proširenja vodovodne i kanalizacijske mreže, izgradnjom dva hidroforska postrojenja za vodoopskrbu Velog Varoša i Marjana, te Gripa i Firula. Vodovodi naselja Vranjic, Mravince, Solin, Kaštela i Trogir izrađeni su u razdoblju između dva rata. Zahvaljujući investicijskim zajmovima od 1927. do 1931. godine izgrađena je CS Kopilica s priključnom građevinom na dovodni kanal, uređajem za alauniranje, s dvije taložne komore, zgradom za brze filtere, vodospremom čiste vode te strojarnicom. Na Marjanu i Gripama izrađena je vodosprema, te obnovljen odvodni kanal u dužini 4 km. Tadašnje proširenje vodovoda uvjetovalo je prvi zahvat na odvodnji sjevernog sliva s prihvatom preljevnih voda CS Kopilica.<sup>[26]</sup>

Početak II. Svjetskog rata dolazi do stagnacije razvoja vodoopskrbe i odvodnje, tijekom kojeg su oštećeni odvodni kanali i cca 2000 m vodovodne mreže, a nužnu vodoopskrbu stanovništva tijekom rata omogućila su neoštećena postrojenja. Po oslobađanju grada Splita, naporima vlastitih radnika obnovljeni su objekti vodovoda i kanalizacije koji su bili oštećeni, te rekonstruirana potrebna dokumentacija, koja je 1943. godine izgorjela u požaru općinske



zgrade. Uspostava redovite vodoopskrbe i odvodnje ostvarila se već 1945. godine. Intenzivira se izgradnja kanalizacije na višim predjelima grada usporedno s obnovom i formiraju se dva nova slivna područja s ispuštanjem vode u Sjevernu luku.<sup>[26]</sup>

Godine 1928. započela je izgradnja novog vodovoda, a radovi su dovršeni 1931. Grad Split tim radovima je dobio novi vodovod. Izgrađena je crpna stanica Kopilica kapaciteta do 900 L/s, koliko je dotjecalo starim obnovljenim kanalom. Gradska mreža s vodospremama Marjan i Gripe istodobno je izgrađena. Godine 1948. započeta je, a 1956. godine dovršena, izgradnja vodoopskrbnih objekata: CS Ravne njive, CS Jugovinil, CS Kaštel Štafilić i vodosprema Visoka, a izgrađen je novi kanal od izvora Jadra prema Splitu s odvojcima prema Solinu, Kaštelima i Trogiru. CS Bačvice s podmorskim ispustom puštena je u rad 1976. godine, kao i prva faza sanacije Gradske luke. U kolovozu 1996. godine završena je druga faza sanacije izgradnjom svih glavnih kolektora preljevnih građevina, te suvremenog mehaničkog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. More u Gradskoj luci očišćeno je puštanjem u rad objekata II faze.<sup>[26]</sup>

## **6.2. Rijeka Jadro**

Jadro je tipična krška rijeka koja je vrlo bogata vodom, a kratkog je toka. U Majdanu, u podnožju Mosora, na visini 33 metara nad morem izbija krški izvor formirajući rijeku Jadro. Korito rijeke Jadro od izvora do ušća dugo je 4318 m. Relativno veliki pad ima prvih 500 m, a zatim rijeka s blagim padom prolazi područjem grada Solina i na istočnom rubu Kaštelanskoga zaljeva ulazi u more. U središtu Solina rijeka Jadro se račva na glavno korito i više rukavaca koji se prije ušća u more opet spajaju u zajedničko korito. Jadro prima bujične vode iz pet pritoka od kojih su najjači bujice Poklinovac i Rupotina. Cijeli sliv izvora Jadra kao i sama rijeka predstavljaju fenomen iznimne fizionomske, morfološke i pejzažne raznolikosti te bogatoga kulturnog, arheološkog i povijesnog naslijeđa. Vodni potencijal rijeke Jadro dijelom potječe od površinskog dotoka s direktnog sliva i podzemnoga dotoka iz okršenog podzemlja. Prema procjeni površina sliva iznosi između 250 i 500 km<sup>2</sup>, što znači da se dijelom prihranjuje iz krškoga vodonosnika koji dijeli sa susjednim vodotokom Cetinom i s izvorom Žrnovnice.<sup>[27]</sup>

Grad Split je najveći potrošač izvorske vode Jadra do kojega se voda doprema kroz dva paralelna kanala: stari Dioklecijanov kanal i novi betonski kanal. Prije 1700 godina izgrađen je Dioklecijanov kanal, a danas se koristi samo njegov dio do crpne stanice Kopilica.

Koritom rijeke Jadro protječe voda iz izvora koja pruža ključnu podršku održivom ekološkom i društvenom razvoju cijeloga područja kroz koji protječe. Osobito je značajna za grad Solin, a nikako se ne smije zanemariti ekološka uloga slatkih voda rijeke Jadra u održivom razvoju osjetljivoga ekosustava Kaštelanskoga zaljeva.

Rijeka Jadro prema pokazateljima kakvoće pripada prvoj kategoriji voda na cijelom toku od izvora do vodnih pragova nizvodno od središnjeg dijela grada Solina. Ušće i nizvodni dio rijeke koji je pod utjecajem mora pripadaju drugoj kategoriji voda.<sup>[27]</sup>

Nekoliko industrijskih pogona podignuto je uz rijeku u gornjem toku, a ti pogoni koriste riječnu vodu u različitim količinama. Hidroelektrana Vrilo je uza sami izvor. Na gotovo cijeloj dionici obala je uređena. Jedino najuzvodniji dio riječne obale i korita, uzvodno od mosta kod pogona Voljak, ostao je u prirodnom stanju. Radi zaštite endemske pastrve taj je dio solinke godine 1984. proglašen posebnim ihtiološkim rezervatom.

Srednji tok Jadra od Šukice do Gospina otoka reguliran je potpuno. Bujica Ilijin potok ulijeva se neposredno uz Šukicu u rijeku. Rijeka se na tom se mjestu prvi put dijeli na glavni tok i desni odvojak prema Gašpinoj mlinici. Od Gašpine mlinice do ribnjaka obala djeluje najprirodnije. Ova dionica predstavlja uspješan spoj umjerene intervencije i prirode bistre rijeke te dočarava nekadašnji izgled Jadra. Rijeka nizvodno opskrbljuje vodom i ribogojilište Ritterman. U srednjem toku Jadro se račva tvoreći otoke između svoga glavnog toka i rukavaca. Prolazi kroz središte Solina, oplemenjuje urbane prostore dajući im živost i ljepotu. Svi se rukavci opet okupljaju u jednom koritu nizvodno od Gospina otoka. To je donji tok: rijeka je potpuno smirena i teče prema moru, a za vrijeme plime more ulazi u rijeku. Sve do ruba Gospina otoka osjeća se utjecaj plime. Oduvijek je rijeku ribom obogaćivao ovaj svakodnevni prirodni ciklus. Njezini stalni stanovnici bili su lubini, cipli te jegulje.<sup>[27]</sup>

Desna je obala većim dijelom obrasla trskom zbog svoje zapuštenosti. Sklonište su tu pronašle kolonije guša, betića, kormorana. Svi oni koji su protjerani s gornjega dijela Jadra tu su pronašli uvjete za opstanak. Nema smetnji niti buke, a zbog malobrojnih posjetitelja može se uživati u prostoru mirne i bogate rijeke. Ovakvo stanje je sačuvalo prostorne potencijale i omogućilo, u budućim rješenjima, primjeren i kvalitetan način uređenja i zaštite prostora donjega toka Jadra.<sup>[27]</sup>



**Slika 6.** Rijeka Jadro <sup>[24]</sup>

### 6.3. Kemijska karakterizacija rijeke Jadro

**Tablica 2.** Pokazatelji kakvoće na mjernim postajama rijeke Jadro<sup>[4]</sup>

Pokazatelji Kakvoće	51 Jadro Izvor	52 Jadro Ušće	Maksimalno dopuštena koncentracija (MDK) za vode za piće
Temperatura, °C	12,6	10,4	10
pH	7,5	7,9	6,5-8,5
CO <sub>2</sub> , mg/L	8	6	12
Otopljeni kisik, mg O <sub>2</sub> /L, %	12;110	12;113	>2
BPK <sub>5</sub> , mg O <sub>2</sub> /L	1,03	1,9	
KMnO <sub>4</sub> , mg KMnO <sub>4</sub> /L	6,4	7,8	
NH <sub>3</sub> -N, mg/L	0	0	0,5
NO <sub>2</sub> -N, mg/L	0	0	0
Isparni ostatak, mg/L	225	254	1000
Cl, mg/L	13	24	25
SO <sub>4</sub> , mg/L	17	20	400
HCO <sub>3</sub> -CaCO <sub>3</sub> , mg/L	189	201	
Tvrdoća CaCO <sub>3</sub> , mg/L	213	228	500
Ca-CO <sub>3</sub> , mg/L	169,5	162,5	
Mg-CaCO <sub>3</sub> , mg/L	43,5	65,5	
Na, mg/L	1,9	4,3	
Ukupni broj bakterija/mL	213	1060	
Ukupni koliformni/100mL	150	2800	
Fekalni koliformni/100mL	80	2000	

U ovoj tablici prikazani su rezultati istraživanja kakvoće voda rijeke Jadro u razdoblju od 1996.-2005. Rezultati kemijskih i mikrobioloških istraživanja u navedenoj tablici prikazani su kao srednje desetgodišnje koncentracije izražene u mg/L. U tablici se nalaze sljedeći pokazatelje kakvoće vode: pH, temperatura, CO<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, otopljeni kisik, % zasićenja kisikom, utrošak KMnO<sub>4</sub>, amonijak, nitrit, isparni ostatak, klorid, sulfat, alkalitet, ukupna tvrdoća, Ca, Mg, Na, ukupni broj bakterija u 1 ml, ukupni koliformi/100 ml i fekalni koliformi/100 mL. U tablici prikazane srednje koncentracije pokazatelja kakvoće uspoređene su s dopuštenim graničnim koncentracijama Svjetske zdravstvene organizacije za pitke vode [23].

Prema navedenoj tablici 2., fizikalno-kemijski i mikrobiološki pokazatelji kakvoće vode ukazuju da je kakvoća vode Jadro na izvoru i ušću zadovoljavajuća.

Voda s izvora Jadra je kalcijsko-bikarbonatnoga tipa, male je mineralizacije, sadržava razmjerno malen isparni ostatak te ima malu ukupnu i karbonatnu tvrdoću. Voda Jadra sadržava i malo otopljenog ugljikovog dioksida. Na izvoru i ušću Jadra koncentracija otopljenog kisika i BPK<sub>5</sub> udovoljavaju standardima za pitku vodu. U sušnom dijelu godine voda Jadra sadržava malo više klorida od tipičnih krških voda, što je posljedica utjecaja potopljenih zaslanjenih izvora u akumulaciji Perući na rijeci Cetini. U Jadru srednje godišnje koncentracije klorida iznosile su 13-22 mg/L, a sulfata od 8-36 mg/L. Sadržaj dušika niži je od MDK-a. Voda Jadra spada u I. razred kakvoće prema geometrijskoj srednjoj vrijednosti broja bakterija u 100 ml. Najveći broj rezultata mineralnih ulja u Jadru iznosio je manje od 0,05 mg/l, najveći broj fenola bio je manji od 0,001 mg/l, dok niti jedan rezultat fenola nije prelazio 0,002 mg/l. Na izvoru Jadra nijedan rezultat teških metala nije prelazio MDK za pitku vodu. Voda s izvora Jadra zamućuje se iznad 4 NTU 8,2-13,5 % dana godišnje. Za vrijeme jakih oborina dolazi do zamućenja, ali obično takvo stanje traje razmjerno kratko. Glede bakterijskog zagađenja, voda s izvora Jadra prije puštanja u vodoopskrbni sustav kloriranjem se dovodi do higijenski ispravnog stanja.<sup>[28]</sup>

Za vodoopskrbni sustav grada Splita izvor Jadra najznačajniji je objekt. U širem preljevnom području, kao i u neposrednoj blizini samog izvorišta došlo je do značajnih promjena zbog

naglog razvoja grada. Na području cijelog sliva u posljednjih nekoliko godina došlo je do dinamične urbanizacije, što nažalost uzrokuje i znatne negativne promjene u kakvoći podzemne vode, a posebno u odnosu na sve učestaliju pojavu prekomjernog zamućenja.

Raspoložive količine vode na Jadru i u budućnosti na Žrnovnici potrebno je posebno komentirati. S izvorišta Jadra potrebne količine vode u maksimalnom danu sasvim vjerojatno neće se moći osigurati u svakom trenutku.<sup>[28]</sup>

U ljetnom razdoblju izvorište Žrnovnice, zbog male izdašnosti, ne može dati znatan doprinos te je u prvom redu važno zbog svoje visinske kote od oko 80 metara nad morem i mogućnosti gravitacijskog uključanja u sustav vodoopskrbe. U smislu smanjenja energetske troškova rada sustava uključanje Žrnovnice ima značenje te, što je posebno važno, kao dodatna sigurnost u opskrbi vodom za slučaj izvanrednih okolnosti. Za područje splitskog bazena dodatne količine vode mogu se osigurati iz sliva Cetine (Prančevići) i s izvora Rude, što zasada nije potanje razrađivano. Također, izvor Pantan može služiti kao izvor tehnološke vode, posebno vode za potrebe poljoprivrede, a uz primjenu određene tehnologije pročišćavanja može se koristiti i za javnu vodoopskrbu.<sup>[28]</sup>

Zdravstveno gledajući vode u Dalmaciji su razmjerno čiste, stoga su vode rijeka Cetine i Jadra pogodne za vodoopskrbu stanovništva. Kako bi se uvidjela razlika u kakvoći vode vrši se ocjena kakvoće vode izračunavanjem indeksa kakvoće vode. Pomoću indeksa kakvoće vode skupina pokazatelja kakvoće dovodi se na zajedničku ljestvicu raspona od 0-100 bodova i sažimlje ih u jedan broj. Na ovaj način se promjene kakvoće mogu izraziti na jednostavan i razumljiv način.<sup>[4]</sup>

### 6.3.1. Sadržaj dušika i fosfora

U razdoblju od 1993. do 2004. godine vodilo se istraživanje rijeke Jadro čiji cilj je bio procijeniti opterećenja dušika i fosfora u izvoru rijeke Jadro i njenog toka, izračunavanjem opterećenja u kg/danu ili toni/godini i usporediti to s opterećenjem za najveće dopuštene koncentracije (MDK) za pitku vodu (Službeno izvješće, br. 46/94) izražene u kg/danu ili u tonama godišnje.<sup>[29]</sup>

Dnevno opterećenje zagađenja na izvoru rijeke Jadro za ukupni dušik bilo je u rasponu od 0 do 304 kg, za amonijačni ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) od 0 do 38 kg, za nitratni ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) od 0-1321 kg, a za fosfatni fosfor ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) od 0-92 kg u razdoblju od rujna 1993. do rujna 2003. U usporedbi s MDK opterećenjima, rezultati dokazuju da izvor rijeke Jadro nije zagađen dušičnim spojevima i fosforom.<sup>[29]</sup>

Prosječno godišnje opterećenje za ukupni N bilo je od 10 do 33 t, za  $\text{NH}_3\text{-N}$  od 0,25 do 5,15 t, za  $\text{NO}_3\text{-N}$  od 40 do 190 t, a za  $\text{PO}_4\text{-P}$  od 0,3 do 11,5 t. Udjeli dušika i fosfora variraju od godine do godine bez ikakvih stalnih opadajućih ili rastućih trendova. Prosječno godišnje opterećenje u usporedbi s prosječnim godišnjim MDK opterećenjima (posebno za  $\text{NH}_3\text{-N}$  i  $\text{PO}_4\text{-P}$ ) pokazuje da nije bilo prijetnji od konstantnog onečišćenja.<sup>[29]</sup>

Opterećenja za ukupni N i  $\text{PO}_4\text{-P}$  duž toka rijeke Jadro od izvora do ulaza u ribnjak pratili su se tijekom petogodišnjeg razdoblja od rujna 1999. do rujna 2004. Najveće godišnje ukupno dušično opterećenje od 45 t zabilježeno je na ulazu u ribnjak tijekom razdoblja 2002./2003. Najveće godišnje opterećenje  $\text{PO}_4\text{-P}$  od 10 t izmjereno je na Vidovičkom mostu tijekom razdoblja 2003./2004. Međutim, koncentracije N i P nisu premašile koncentracije MDK-a propisane za pitku vodu.<sup>[29]</sup>

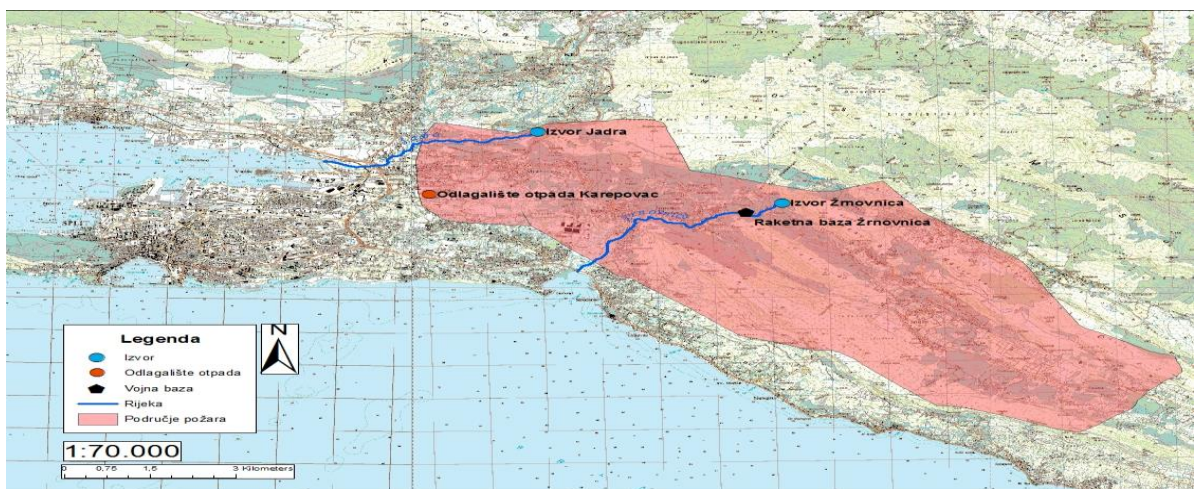
Prema dobivenim rezultatima provedenog ispitivanja dnevnih i prosječnih godišnjih opterećenja u usporedbi s opterećenjima MDK-om za pitku vodu, može se zaključiti da izvorište rijeke Jadro i njen tok nisu zagađeni dušikom i fosforom.

#### 6.4. Kakvoća vode izvorišta rijeke Jadra i Žrnovnice nakon požara

Pojava požara značajno utječu na okoliš, ljudsko zdravlje, ekonomiju i društvo, što posebno dolazi do izražaja u područjima mediteranske klime koju karakteriziraju povremene teške suše. Mediteran, po svojoj bioraznolikosti jedan je od najvažnijih regija na svijetu.<sup>[30]</sup>

Do kontaminacije različitim kemijskim tvarima može doći tijekom i nakon požara zbog uporabe kemijskih sredstava za gašenje požara (retardanti vatre), pirolize i nepotpunog izgaranja vegetacije ili do oslobađanja metala iz tla i vegetacije i njihove mobilizacije u zemlju, zrak i vodeni okoliš do nekoliko mjeseci, pa čak i godina nakon požara, pri čemu su posebno ranjivi prirodni tokovi vode. Kod područja koja su gušće naseljena i uz industrijske i agrarne aktivnosti ovaj se problem dodatno potencira.

Područje Dalmacije prije tri godine zahvatili su brojni požari koji su iza sebe ostavili kilometre opustošenog tla. Godine 2017., u samom vrhuncu turističke sezone požar je zaprijetio Splitu, najvećem drugom gradu Hrvatske. Budući da su opožarena područja obuhvaćala izvorišta rijeka Jadro i Žrnovnica, zbog mogućeg negativnog utjecaja na ljudsko zdravlje zatražene su i izvršene dodatne analize vode na izvorištima. Ispitivanje utjecaja požara na kvalitetu vode na izloženim izvorištima Jadro i Žrnovnice nakon požara u srpnju 2017. godine proveo je Nastavni zavod za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije (NZJZSDŽ) u suradnji s Hrvatskim zavodom za javno zdravstvo (HZJZ).<sup>[30]</sup>



Slika 7. Područja zahvaćena požarom <sup>[30]</sup>



Izvorište Jadra i Žrnovnice nalazi se u krškom području nedaleko od grada Splita. Osjetljivost podzemnih voda na različite prirodne i antropogene utjecaje javlja se zbog specifičnih hidrogeoloških obilježja krša. Prema hidrogeološkom pogledu područje Splitsko-dalmatinske županije pripada Jadranskom regionalnom slivu, dok je prostor županije podijeljen na 12 slivnih područja. Budući da opskrbljuje kvalitetnom pitkom vodom veći broj stanovnika Splitsko-dalmatinske županije slivno područje izvora Jadro i Žrnovnice se smatra najznačajnijim slivom Dinarida.<sup>[30]</sup>

Svaki pet dana provodilo se uzorkovanje vode na izvorima Jadro i Žrnovnice nakon požara te potom dva puta tjedno do prve kiše. Nakon pojave prve kiše se ponavljalo uzorkovanje kompletne i skraćene analize pet dana zaredom. Prvo uzorkovanje nakon požara i prvo uzorkovanje nakon kiše obuhvaćalo je analize za potrebe revizijskog monitoringa (tzv. kompletna analiza), uključujući i analizu na dioksine, dok su ostala uzorkovanja obuhvaćala skraćene analize na pH, metale, policikličke aromatske ugljikovodike (PAH) i ukupni organski ugljik (TOC). Prema mišljenju HZJZ-a i Povjerenstva za vodu za ljudsku potrošnju osim pokazatelja koji su praćeni u skraćenim analizama, dodatno su praćeni i mutnoća, el. vodljivost, hidrogenkarbonat, anioni (fluoridi, kloridi, nitrati, sulfati, fosfati) i kationi (natrij, kalij, magnezij, kalcij), a analize su se vršile u HZJZ-u i NZJSDŽ-u prema normiranim metodama.<sup>[30]</sup> Vrijednosti praćenih fizikalno-kemijskih pokazatelja mjerene u uzorcima vode su uspoređene s maksimalno dozvoljenim koncentracijama (MDK) koje su propisane tada važećim Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13 <sup>[31]</sup>, 141/13 <sup>[32]</sup> i 128/15 <sup>[33]</sup>).

Koncentracije nitrata kretale su se od 1,8 do 4,4 mg/L za izvor Žrnovnica i 2,4 do 3,1 mg/L za izvor Jadra, koncentracije izmjerenih sulfata od 11,8 do 17,5 mg/L za izvor Žrnovnica i 17,0 do 21,7 mg/L za izvor Jadra, a koncentracije klorida od 13,1 do 19,7 mg/L za izvor Žrnovnica i 15,8 do 22,7 mg/L za izvor Jadra. Sve izmjerene vrijednosti bile su ispod dopuštenih granica. Svi analizirani metali osim bakra i aluminija, uključujući i živu, bili su ispod granice kvantifikacije određivanja odnosno, i da su bili prisutni, radilo se o pre niskim koncentracijama da bi ih se moglo izmjeriti korištenim instrumentalnim tehnikama.<sup>[30]</sup> Izmjerene vrijednosti bakra (maksimalna vrijednost 61 µg/L) i aluminija (maksimalna

vrijednost 54,9 µg/L) nisu prelazile MDK vrijednosti propisane Pravilnikom, koje za bakar 2000 µg/L, a za aluminij 200 µg/L.

Pirolizom i nepotpunim izgaranjem vegetacije mogu nastati toksični spojevi kao što su policiklički aromatski ugljikovodici (PAH), dioksini i dibenzofurani, čije vrijednosti su, međutim, bile ispod granice kvantifikacije u svim ispitivanim uzorcima. Prilikom gašenja vatre nisu bila korištena nikakva druga sredstva osim vode, pa nije moglo doći do kontaminacije kemijskim tvarima koje mogu biti posljedica uporabe kemijskih sredstava za gašenje požara kao što su perfluorirane karboksilne kiseline (PFCA), perfluorooktan sulfonati (PFOS) i polibromirani difenil eteri (PBDE). Svi praćeni fizikalno-kemijski pokazatelj do pojave prvih oborina bili su ispod MDK vrijednosti propisanih Pravilnikom. Naime, pojava oborina izazvala je pojavu zamućenja vode u vodoopskrbnom sustavu koji se opskrbljuje s izvora Žrnovnica, a 19. rujna 2017. godine je voda u rijeci Žrnovnici postala potpuno crna zbog sapiranja gareži s ogromnog opožarenog područja. Od 11. rujna 2017. godine su na snazi bile mjere zabrane upotrebe vode s izvorišta Žrnovnice za piće. Voda u nekim dijelovima nije bila zamućena, ali bila je mikrobiološki neispravna i zbog toga u tim predjelima bile na snazi mjere zabrane.<sup>[30]</sup>

Kakvoća vode može se značajno narušiti nepažnjom ili namjernim negativnim čovjekovim utjecajem, a taj negativni utjecaj može se očitovati kroz ovakve požare koji mogu narušiti kakvoću vode ili pak izazvati onečišćenja koja će dovesti do potpune neupotrebljivosti vode za ljudsku potrošnju stoga je potrebno spriječiti ili izbjegavati provođenje aktivnosti koje mogu imati negativni utjecaj za okoliš i čovjeka.

## 6.5. Projekt „Jadro-izvor života“

Osnovni cilj projekta „Jadro-izvor života“ je održivo korištenje prirodne baštine kako bi se doprinijelo održivom društveno-gospodarskom razvoju na lokalnoj i regionalnoj razini. Specifični cilj projekta je povećati obrazovni kapacitet i privlačnost te uspostaviti bolje upravljanje posjetiteljima prirodne baštine, pri čemu je projekt usmjeren na razvijanje javne svijesti o važnosti očuvanja bioraznolikosti i georaznolikosti kroz promociju posebnog prirodnog rezervata Jadro. Projekt bi se trebao provoditi na lokaciji grada Solina u razdoblju od 2016. do 2021. godine.<sup>[34]</sup>

Izvor života za cijelu Dalmaciju je rijeka Jadro jer su se zbog ovog izvora u zaštićenom zaljevu razvile Salona i Dioklecijanova palača, do koje s područja izvora vodi antički akvadukt koji i danas napaja oko 300.000 stanovnika. Rijeka ostaje slabo prezentirana turistima bez obzira na ljepotu njenih zaštićenih dijelova i kulturnu baštinu koja se razvila duž 4,2 km toka zbog toga što je Solin kao i stanovništvo aglomeracije izgubilo kontakt s „Rikom“ koja predstavlja snažan, ali loše iskorišten atraktor.

Projekt valorizacije izvora Jadra kojeg partneri razvijaju od 2015. godine, sagledava njegove prostorne i prirodne vrijednosti te kreativno odgovara na niz zatečenih problema, stavljajući u funkciju posjetiteljske infrastrukture postojeće derutne građevine (ikonični bunker iz II. svj. rata te industrijski objekt), dok se prostrani plato nekadašnjeg tupinoloma pretvara u školu višestranog razvoja s pet osjetilnih poligona koji su prilagođenih osobama s poteškoćama. Revitalizacijom tupinoloma ujedno se osigurava prihvat većeg broja posjetitelja te sprječava njihov prekomjerni broj kao i zadržavanje unutar obuhvata strogog rezervata.<sup>[35]</sup>

Relaksacija, rekreacija i uživanje u prirodnoj baštini nadograđuju se tako edukacijom o ugroženim vrstama, posebice pastrvi kojoj će se kroz mobilno mrijestilište obnoviti fond, zatim krškim sustavima, rijekama i bioraznolikosti. Ovih sadržaja nije bilo dosad, kao ni osnovne posjetiteljske infrastrukture tako da su posjetitelji, njih u prosjeku 50-ak dnevno, područje koristili primarno za rekreaciju, a vrlo često i neadekvatno s obzirom da nema nikakvog nadzora. Ovim projektom se želi doprijeti do stanovništva i posjetitelja čitave urbane aglomeracije Split (UAS), koja zajedno sa SDŽ bilježi kontinuiran porast turista koji stvaraju veliki pritisak na obalno područje i grad Split.<sup>[35]</sup>

Nedovoljno (pre)poznata komparativna prednost Solina rijeka je Jadro, a njeno izvorište, prometno dobro povezano s centrom UAS-a i od njega udaljeno samo 15 min. vožnje, predstavlja jedinstveni sklop na kojem se preklapaju prirodne i kulturne vrijednosti, ali se jasno prati i način na koji se prirodna baština eksploatirala kroz povijest, što ovaj prostor čini svojevrsnim mementom. Projektom „Jadro-izvor života“ transformira se degradirani prostor strogog rezervata i njegova kontaktna zona, ali i svijest i znanje o zaštiti i važnosti prirodne baštine. Time se prostor upisuje na edukativne, mentalne i turističke mape te stavlja u funkciju razvoja lokalne i regionalne ekonomije.<sup>[35]</sup>

## 7. UGROŽENOST I ZAŠTITA ZALIHA VODE ZA PIĆE

### 7.1. Ugroženost i zaštita zaliha vode za piće u Republici Hrvatskoj

Jedan od najvažnijih prirodnih bogatstava je voda koja je ključni čimbenik u zaštitu okoliša. Stoga očuvanje njezine kakvoće i količine predstavlja za našu zemlju jedan od temelja razvoja i strateških prednosti u budućnosti.<sup>[19]</sup>

Područje Hrvatske je bogato vodom. Ipak, ovo bogatstvo ne odražava se na odgovarajući način u trenutnom stanju javnog vodovoda. Opskrba vodom je zadovoljavajuća samo u većim gradovima, dok ruralno stanovništvo i dalje u velikoj mjeri ovisi o lokalnim izvorima. Nadalje, u pogledu integriranog upravljanja vodama, postoji velika razlika između kapaciteta vodoopskrbe i odvodnje i kapaciteta za komunalno i industrijsko pročišćavanje otpadnih voda. Samo mali postotak otpadnih voda podvrgava se barem određenom tretmanu, što dovodi do značajnog rizika za prirodne vode. Ipak, dostupna izvješća o kakvoći vode u okolišu ne otkrivaju postojanje ovog problema u širem opsegu, već ukazuju na samo nekoliko vrućih točaka.<sup>[36]</sup>

U cjelini stanje voda u Hrvatskoj je zadovoljavajuće, dok su veća odstupanja u kakvoći, tj. onečišćenja i zagađenja, uočena u blizini većih industrijskih i gradskih središta, većih poljoprivrednih površina te važnijih prometnih pravaca.<sup>[19]</sup> Obaveza svakog pojedinca je da pridonosi očuvanju kakvoće vode te da je razumno i štedljivo koristi.

U Hrvatskoj vode pripadaju Crnomorskom (62 %) i Jadranskom (38 %) slivu. Veći vodotoci kao što su Sava, Drava i Dunav s velikim brojem manjih porječja dominiraju u crnomorskom slivu dok je u jadranskom slivu duljina i gustoća površinskih vodotoka manja, ali postoje značajni podzemni tokovi kroz krške sustave. Budući da je u jadranskom području voda vrlo visoke kakvoće zbog čega se opskrba stanovništva pitkom vodom temelji na dobivanju vode iz podzemlja, zbog toga je njen značaj vrlo velik.<sup>[9]</sup>

Industrijskim razvojem i povećanjem broja stanovnika potrebe za vodom svakodnevno rastu, te se povećava i njeno iskorištavanje (crpljenje) iz podzemlja. Glavni izvori onečišćenja i zagađenja krških voda su otpadne vode iz kućanstava i industrije, odlagališta otpada,

poljoprivredne aktivnosti i prometnice.<sup>[9,37]</sup> Kako se dragocjeni izvori pitke vode ne bi prekomjerno iskorištavali ili onečistili i zagadili, vodu je potrebno zaštititi i planski iskorištavati. U Hrvatskoj gospodarenje i zaštita površinskih tokova i podzemnih voda od negativnih utjecaja i aktivnosti regulirano je Zakonom o vodama (NN 107/95 i 150/05) <sup>[38]</sup>, a planski dokumenti upravljanja vodama su: Strategija upravljanja vodama i Plan upravljanja vodnim područjima (NN 82/13) <sup>[39]</sup> koji je usmjeren je na zaštitu i poboljšanje količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda i ekološkog i kemijskog stanja površinskih voda.

Gotovo je nemoguće izbjeći zagađenje podzemnih voda, a najveće je tamo gdje su i potrebe za vodom najveće. Pojam zagađenja podzemnih voda u užem smislu odnosi se na degradaciju kakvoće vode kemijski, fizičkim, biološkim i radiološkim onečišćenjem do te mjere pri kojoj voda postaje neupotrebljiva za ljudsku potrošnju, odnosno štetna za ljudsko zdravlje.

Podzemne vode moguće je zaštititi na tri razine <sup>[9,40]</sup>:

- Zaštita strateških zaliha podzemne vode
- Zaštita pojedinih crpilišta
- Zaštita eksploatacijskih objekata (zdenaca).

Pod zalihama podzemne vode misli se na volumen vode koji se može iz nekog prostora koncentrirano eksploatirati na ekonomski i tehnički isplativ način. Obzirom na ukupne zalihe podzemne vode, stanje prostora i njenu kvalitetu, razlikujemo lokalne i strateške zalihe. Opskrbu domaćinstava, a ponekad i manjih naselja omogućavaju lokalne zalihe te nemaju veće značenje na društvenoj razini. S druge strane, one koje mogu zadovoljiti potrebe vodoopskrbe regije ili velikih gradova nazivaju se strateškim zalihama podzemnih voda. Strateške zalihe su u općem interesu, a smještene su na području koje nije jako zagađeno i koje se razvojnou politikom može zadržati u postojećem stanju ili čak poboljšati. Racionalnim korištenjem prostora provodi se zaštita tih zaliha. Iznimno važnu ulogu pri tome imaju prostorni planovi na regionalnom i općinskom nivou. Unutar planova potrebno je izdvojiti zone sa strateškim zalihama podzemne vode, a unutar njih dijelove područja na kojima su zbog hidroloških prilika podzemne vode najviše ugrožene.<sup>[9]</sup>

Zaštita crpilišta i izvorišta se provodi uspostavljanjem zona sanitarne zaštite oko tih objekata. Pri određivanju zona sanitarne zaštite empirijskim načinom, uspostavljaju se tri zone sanitarne zaštite <sup>[9,40]</sup>:

- I zona – zona crpilišta/izvorišta, definirana je krugom oko kaptažnih objekata čiji je polumjer između 10 i 50 m. Zona je ograđena, čuvana te opremljena alarmnim uređajima, dok je pristup dozvoljen samo zaposlenima. Zabranjen je javni promet vozila i pješaka, poljoprivredna djelatnost i izvođenje radova.
- II zona – uža zaštitna zona, određena je linijom od koje je podzemnoj vodi potrebno najmanje 50 dana da dopiše do granice I zone. Zona je označena te je pod nadzorom inspeksijskih službi. Unutar zone zabranjena je gradnja prometnica, kanalizacijske mreže, skladištenje opasnih materijala i sirovina, ispaša stoke te kupanje u rijekama i jezerima.
- III zona – šira zaštitna zona, obuhvaća prostor između vanjske granice II zone i granice preljevnog područja, odnosno linije do koje dopire konus depresije izazvane crpljenjem. U slučaju da je udaljenost od granice crpilišta do granice preljevnog područja veća od 2 km, III zona se dijeli na III A (linija do 2 km) i III B zonu (preostalo područje). Unutar te zone također postoji niz ograničenja i zabrana. <sup>[9,40]</sup>

Pravilnim lociranjem, projektiranjem i izvedbom te mjerama zaštite tijekom izvedbe i eksploatacije provodi se zaštita zdenaca. Odabir mjesta na kojem postoje najmanje mogućnosti zagađivanja provodi se pravilnim lociranjem, a jedan od mogućih načina za lokaciju je prema Le Grandu. Lokacija se odabire na temelju ocjene relevantnih faktora, čime se dobiva „objektivna“ ugroženost zdenca, a ti faktori su: dubina do razine podzemne vode, sorpcijska sposobnost vodonosnih naslaga, propusnost vodonosnih naslaga, veličina hidrauličkog gradijenta i udaljenost od poznatog izvora zagađenja. <sup>[9]</sup>

### **7.1.1. Stanje i zaštita podzemnih voda Dalmatinskih slivova**

Prirodni sastav krških podzemnih voda vodnog područja Dalmatinskih slivova, posebice u samoj unutrašnjosti Dalmacije, izuzetne je kakvoće. Za vodoopskrbu stanovništva uloga krških voda osobito je značajna, posebno u predjelima koji su deficitarni s vodnim resursima. Zagađenje vodama brzo se širi zbog hidrogeoloških značajki hrvatskog krškog područja. Naime, zbog složenosti pukotinske cirkulacije i odsutnosti filtracije koja je prisutna u stijenama sa međuzrnskom poroznošću, velika količina pitke vode zagađuje se u vrlo kratkom vremenu. Stoga je potreba za zaštitom tih resursa iznimno velika.<sup>[9]</sup>

Primjena zakona u praksi nažalost nije uvijek moguća u potpunosti, a sve veća prisutnost aktivnih i potencijalnih zagađivača unutar pojedinih zaštićenih zona predstavlja ozbiljne probleme. Kako je voda nezamjenjiv čimbenik za razvoj života i održavanje gospodarstva, ovoj problematici potrebno je ukazati osobitu pozornost. Jedan od načina veće zaštite i kontrole je donošenje novih i usklađivanje postojećih zakona i pravilnika, provođenje kontinuiranih terenskih ispitivanja, podizanje svijesti građana o važnosti i osjetljivosti voda u kršu kao i načinu njihove zaštite te provođenje kontrole vodnog područja Hrvatske.<sup>[9]</sup>

## **7.2. Ugroženost i zaštita zaliha vode za piće u Europi**

Euroljani svake godine upotrebljavaju milijarde kubičnih metara vode ne samo za piće, već i za potrebe poljoprivrede, industrije, grijanja i hlađenja, turizma i drugih uslužnih sektora. Kako Europa raspolaže s tisućama slatkovodnih jezera, podzemnim izvorima i rijekama to može stvarati dojam da Europa ima neograničene zalihe vode. Međutim, porast broja stanovnika, klimatske promjene, urbanizacija, onečišćenje vrše znatni pritisak na europske vodne zalihe kao i na kakvoću vode.

Zabrinutost zbog problema u opskrbi vodom i nestašice vode raste u mnogim regijama svijeta pa tako i u Europi, što je povezano sa sve većim rizikom od suša zbog klimatskih promjena. Rijeke i podzemne vode izvor su otprilike 80 % slatke vode u Europi (za piće i ostale uporabe), zbog čega su ti izvori posebno osjetljivi na opasnosti koje nastaju zbog prekomjernog iskorištavanja, onečišćenja i klimatskih promjena.<sup>[41]</sup>



Kao i drugi važni resursi, voda također može biti izložena pritisku, osobito kada je potražnja za vodom veća od ponude ili kada je njezina uporaba ograničena zbog loše kakvoće. Potražnja vode i klimatski uvjeti predstavljaju dva glavna čimbenika koja utječu na probleme u opskrbi vodom. Takav pritisak na vodu izaziva smanjenje količine (prekomjerno iskorištavanje ili suša) te pogoršanje kakvoće (onečišćenje i eutrofikacija) izvora slatke vode.<sup>[41]</sup>

U pojedinim dijelovima Europe unatoč relativnom obilju izvora slatke vode, dostupnost vode i društveno-ekonomske djelatnosti neravnomjerno su raspoređeni, što dovodi do velikih razlika u problemima u opskrbi vodom u različitim godišnjim dobima i različitim regijama. Tijekom posljednjih 50 godina potražnja za vodom u Europi stalno se povećavala, dijelom zbog povećanja broja stanovnika. Obnovljivi vodni resursi po glavi stanovnika u Europi smanjili su se za 24 %. To smanjenje posebno je očito na području južne Europe gdje je većinom uzrokovano manjom količinom oborina, prema pokazatelju EEA-a<sup>1</sup>. Na primjer, u ljeto 2015. bilo je 20 % manje obnovljivih izvora slatke vode (kao što su podzemne vode, rijeke i jezera) nego u istom razdoblju 2014. jer se neto količina oborina smanjila za 10 %. Utjecaj na potražnju imalo je i preseljenje većeg broja ljudi u gradove, posebno u područjima koja su gusto naseljena.<sup>[41]</sup>

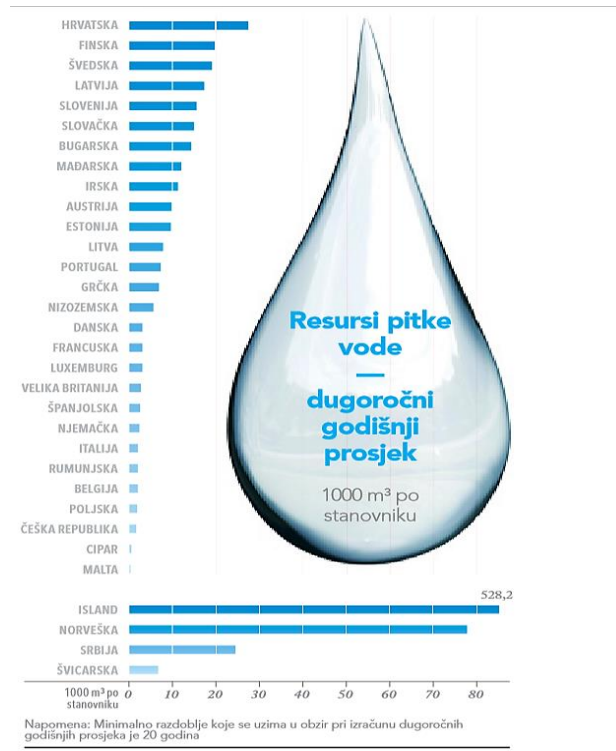
EEA procjenjuje da otprilike u jednoj trećini područja EU-a postoje trajni ili privremeni problemi opskrbe vodom. Teške suše u ljetnim mjesecima već su doživjele države poput Grčke, Portugala i Španjolske, ali problemi u opskrbi vodom javljaju se i u sjevernim regijama, među ostalim u dijelovima Ujedinjene Kraljevine i Njemačke. Najveća žarišta u kojima se javljaju problemi u opskrbi vodom su: poljoprivredna područja s intenzivnim navodnjavanjem, otoci u južnoj Europi koji su popularna turistička odredišta i velike gradske aglomeracije. Zbog klimatskih promjena očekuje se sve češća nestašica vode. Međutim, od 1990. godine zahvaćanje vode smanjilo se za ukupno 19 % zbog učinkovitije uporabe vode i upravljanja vodnim zalihama. U nedavno provedenim analizama studija-slučaja u kratkom izvješću EEA-a utvrđeno je da se vodnim politikama EU-a države članice potiče da primjenjuju bolje prakse upravljanja vodom, posebno u pogledu politike utvrđivanja cijena vode u kombinaciji s drugim mjerama kao što su kampanje podizanja svijesti kojima se promiče učinkovita uporaba vode s pomoću uređaja za smanjenje potrošnje vode.<sup>[41]</sup>

---

<sup>1</sup> European Environment Agency

U većini sektora gospodarstva upotreba vode smanjila se od 1990. godine zahvaljujući mnogim poduzetim mjerama za poboljšanje učinkovitosti, kao što su bolje određivanje cijena vode ili tehnološki napredak uređaja i strojeva. Međutim, prema indeksu iskorištavanja vode Europske agencije za okoliš, voda će se i dalje nastavljati iskorištavati u sektorima energije i poljoprivrede te u kućanstvima za zadovoljavanje potražnje za koju se očekuje da će i dalje rasti. Zbog klimatskih promjena vodni resursi i dalje će biti izloženi dodatnom pritisku zbog toga se očekuje da će u mnogim južnim regijama postojati povećani rizik od suša. Utjecaj će imati i demografski trendovi. Tijekom posljednja dva desetljeća broj stanovnika u Europi povećao se za 10 % i očekuje se da će se taj trend nastaviti, a istovremeno se sve veći broj ljudi seli u gradska područja zbog čega je gradska vodoopskrba izložena većem pritisku. Turistička područja povećat će potražnju za vodom tijekom sezonskog razdoblja. Svake godine milijuni ljudi posjećuju odredišta diljem Europe, što čini otprilike 9 % ukupne godišnje potrošnje vode. Djelatnostima poput smještaja i ugostiteljstva prepisuje se većina potrošnje. Očekuje se da će zbog turizma vodoopskrba biti izložena još većem pritisku, posebno na manjim sredozemnim otocima od kojih mnogi ljeti bilježe preljev posjetitelja.<sup>[41]</sup>

Naravno, svima nama je jasno je u čemu je problem. Čovjeku, prirodi i gospodarstvu potrebna je voda. Utjecaj na okoliš je veći što se više vode crpi iz izvora. Pojedina područja jednostavno nemaju dovoljne količine vode posebno tijekom vrućih ljetnih mjeseci. Nestašicu vode će dodatno pogoršati klimatske promjene. Svjesni smo da bez vode nema života te da je racionalno korištenje nužno za daljnji opstanak i razvoj.



Slika 8. Resursi pitke vode u Europi [42]

## 8. ZAKLJUČAK

Analiza vode provodi se u svrhu utvrđivanja zdravstvene ispravnosti vode za piće, a jedna je od glavnih mjera za sprječavanje i suzbijanje zaraznih bolesti. Obuhvaća određivanje organoleptičkih, fizikalno-kemijskih, bakterioloških osobina vode i toksičnih tvari.

Voda Cetine je dobro zasićena kisikom, sadrži malo otopljenog ugljikovog dioksida, umjerene je tvrdoće, zadovoljavajuće pH vrijednosti te niskog sadržaja klorida i sulfata. Zbog ovakvih karakteristika vode Cetine omogućavaju život području srednjodalmatinskih otoka, primorja Makarske i grada Omiša.

Rijeka Jadro koja je vrlo bogata vodom, tipična je krška rijeka čiji vodni potencijal potječe od podzemnih i površinskih dotoka. Voda Jadra male je mineralizacije, niskog sadržaja otopljenog ugljikovog dioksida, zadovoljavajuće vrijednosti otopljenog kisika i BPK<sub>5</sub> te pH vrijednosti. Povećane koncentracije klorida javljaju se u Jadru tijekom sušnog razdoblja. Najveći potrošač vode s izvora Jadro je grad Split do kojeg voda dolazi putem dva kanala: Dioklecijanov i betonski kanal.

Hrvatska je zemlja koja „leži“ na vodi, zahvaljujući svome geografskom položaju, klimatskim karakteristikama i reljefu količina kvalitetne pitke vode na ovom području je velika. U cjelini stanje vode je zadovoljavajuće, a veća odstupanja u kakvoći javlja se u blizini većih industrijskih i gradskih središta. Europa posjeduje veliki broj podzemnih izvora, slatkovodnih jezera i rijeka, ali dostupnost vode nije ravnomjerna što predstavlja velike probleme u vodoopskrbi.

Veliki pritisak na kakvoću i zalihe vode ima porast broja stanovnika i razvoj gospodarstva. Kako bi se izbjegle neželjene promjene kakvoće vode doneseni su zakoni i pravilnici čijom provedbom se osigurava željena kakvoća vode.

Činjenica je da se raspoložive količine pitke vode na Zemlji smanjuju što predstavlja ozbiljnu opasnost ljudskoj populaciji. Razumno i štedljivo korištenje vode od ključnog je značaja za opstanak populacije i daljnji gospodarski razvoj.

## 9. LITERATURA

- [1] Đ. Jovičić, *Određivanje kroma i cinka u vodama različitim analitičkim tehnikama*, Diplomski rad, Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu, **2004.**, str. 1-5.
- [2] I. Burić, *Vodni sustavi slivnog područja rijeke Zrmanje*, Diplomski rad, Geodetski fakultet Zagreb, **2006.**, str. 7.
- [3] N. Štambuk-Giljanović, T. Dumanić, M. Ledić, M. Poljak, A. Spomenka Bakavić, *Kakvoća vode u Dalmaciji*, Hrvatski časopis za javno zdravstvo, vol. 2, no. 6, **2006.**, <https://hcjz.hr/index.php/hcjz/article/view/1830/1813>, (preuzeto: 17.7.2020.)
- [4] N. Štambuk-Giljanović, B. Matoković, *Information subsystem of the chemical coefficients K1-K2 as the base for the study of the ecological factors that influence human health*. J Med Syst **1999.**; 23(2):159-69.
- [5] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Polarnost>
- [6] <https://javno-zdravlje.hr/voda-kljuc-zivota-i-zdravlja/>, (preuzeto: 27.8.2020.)
- [7] <https://www.znanje.org/i/i10/10iv01/10iv0111/znacaj%20za%20biljke.htm>, (preuzeto: 27.8.2020.)
- [8] <https://vodaaa.weebly.com/zna269aj-vode-za-biljke-i-382ivotinje>, (preuzeto: 27.8.2020.)
- [9] N. Lončar, *Zaštita izvora pitke vode u kršu*, **2010.**, <https://www.geografija.hr teme/klima-i-vode/zastita-izvora-pitke-vode-u-krsu/>, (preuzeto: 7.8.2020.)
- [10] Voda-temelj života, <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/4874fe79-8302-4ea2-b516-4657ea249026/kemija-7/m02/j04/7478-2/index.html>, (preuzeto: 16.7.2020.)
- [11] Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08), [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_04\\_47\\_1593.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_47_1593.html), (preuzeto: 27.7.2020.)

- [12] <https://www.znanje.org/i/i10/10iv01/10iv0111/potrosnja%20vode.htm>, (preuzeto: 25.8.2020.)
- [13] „Voda - Mythos, Ethos, Praxis“, Predavanje povodom Svjetskog dana voda, u nedjelju, 22. ožujka 2009. sa početkom u 17:00 sati, u prostorijama Generalnog konzulata Republike Hrvatske, **2009.**
- [14] Kakvoća vode, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Kakvo%C4%87a\\_vode](https://hr.wikipedia.org/wiki/Kakvo%C4%87a_vode), (preuzeto: 16.7.2020.)
- [15] I. Šaško, *Analiza mikrobioloških pokazatelja kakvoće vode za kupanje*, Diplomski rad, Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, **2017.**, str. 6, 8-14., <https://repozitorij.gfv.unizg.hr/islandora/object/gfv%3A205/datastream/PDF/view>, (preuzeto: 20.7.2020.)
- [16] *Voda – Od nastanka do upotrebe*, D. Mayer, Zagreb: Prosvjeta, **2004.**
- [17] *Zaštita Voda*, S. Tedeschi, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, **1997.**
- [18] A. Grgat, *Hidroenergetski potencijali porječja Cetine*, Diplomski rad, Odjel za geografiju, Sveučilište u Zadru, **2019.**, str. 1 i 29., [https://bib.irb.hr/datoteka/1039077.andela\\_grgat\\_-\\_diplomski\\_rad.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/1039077.andela_grgat_-_diplomski_rad.pdf), (preuzeto: 20.7.2020.)
- [19] M. Vuković, *Određivanje željeza i aluminija u izvorskoj vodi rijeke Ombles*, Diplomski rad, Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu, **2010.**, str. 2-8.
- [20] O. Bonacci, T. Roje-Bonacci, *The influence of hydroelectrical development on the flow regime of the karstic river Cetina*, Hydrological Processes, **2002.**, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.1190>, (preuzeto: 10.8. 2020.)
- [21] <https://visitvrlika.com/hr/sto-vidjeti/izvor-rijeke-cetine>, (preuzeto: 25.8.2020)

- [22] N. Štambuk-Giljanović, T. Dumanić, M. Ledić, M. Poljak, A. Kristić, *Utjecaj akumulacije Buško Blato na donji tok Cetine*. U: Zbornik radova Voda i javna vodoopskrba, Tučepi, **2001.**, 151-61.
- [23] World Health Organization Guideline: Drinking Water Quality. Vol. 1, Recommendation, Geneva, **1993.** 57 p.
- [24] <http://solin-info.com/hr/znamenitosti/solin-danas/rijeka-jadro/>, (preuzeto: 29.7.2020.)
- [25] <https://www.hrt.hr/355713/price-iz-hrvatske/izvor-rijeke-jadro>, (preuzeto: 25.8.2020.)
- [26] Vodovod i kanalizacija Split, <https://www.vik-split.hr/o-nama/povijesni-razvoj>, (preuzeto: 29.7.2020.)
- [27] <https://vmgs.hr/jadro.html>, (preuzeto: 30.7.2020.)
- [28] Vodovod i kanalizacija Split, <https://www.vik-split.hr/o-nama/djelatnost/vodoopskrba/izvori-i-zahvati-vode>, (preuzeto: 29.7.2020.)
- [29] N. Štambuk-Giljanović, *The Pollution Load by Nitrogen and Phosphorus IN the Jadro River*, Environmental Monitoring and Assessment, **2006.**, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-005-9066-8>, (preuzeto: 12.8.2020.)
- [30] Hrvatski zavod za javno zdravstvo, *Kvaliteta vode na izvorištima rijeke Jadro i Žrnovnice nakon požara*, **2018.**, <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/kvaliteta-vode-na-izvoristima-rijeke-jadro-i-zrnovnice-nakon-pozara/>, (preuzeto: 31.7.2020.)
- [31] Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13), [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2013\\_10\\_125\\_2694.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2013_10_125_2694.html), (preuzeto: 31.7.2020.)
- [32] Pravilnik o izmjenama Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 141/13), [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2013\\_11\\_141\\_3029.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2013_11_141_3029.html), (preuzeto: 31.7.2020.)

- [33] Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 128/15), [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2015\\_11\\_128\\_2429.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2015_11_128_2429.html), (preuzeto 31.7.2020.)
- [34] Projekt „Jadro-izvor života“, <https://www.solin.hr/upravni-odjeli/upravni-odjel-za-gopodarstvo-zastitu-okolisa-i-europske-fondove/projekti-u-provedbi/jadro-izvor-zivota/>, (preuzeto: 3.8.2020.)
- [35] Projekt „Jadro-izvor života“, <http://solin-info.com/hr/znamenitosti/solin-danas/projekt-jadro-izvor-ivota/>, (preuzeto: 3.8.2020.)
- [36] M. Kaštelan-Macan, M. Ahel, Alka J. M. Horvat, D. Jabučar, P. Jovančić, *Water resources and waste water management in Bosnia and Herzegovina, Croatia and the State Union of Serbia and Montenegro*, Water Policy, **2007.**, <https://iwaponline.com/wp/article-abstract/9/3/319/19601>, (preuzeto: 7.8.2020.)
- [37] C. Almeida, B. Biodić, E. Hertelendi, V. Hinić, I. Morell, *Pollutants and Pollutant Transport in Karst Areas*, u COST action 65 Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic areas, Final report, Dir-General Science, Research and Development, **1995.**
- [38] Zakon o vodama (NN 107/95, 150/05) , <http://www.realestatecroatia.com/hrv/zakoni.asp?id=141>; <http://www.voda.hr>, (preuzeto: 7.8.2020.)
- [39] Plan upravljanja vodama (NN, 82/13), [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_06\\_82\\_1737.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_82_1737.html)
- [40] D. Mayer, *Kvaliteta i zaštita podzemnih voda*, Prosvjeta, Bjelovar, **1993.**
- [41] Upotreba vode u Europi-količina i kvaliteta suočavaju se s velikim izazovima, <https://www.eea.europa.eu/hr/signals/eea-signal-2018-voda-je-zivot/clanci/uporaba-vode-u-europi-2013>, (preuzeto: 7.8.2020.)
- [42] <https://privredni.hr/pitka-voda-je-nase-bogatstvo.>, (preuzeto:25.8.2020.)



## **9.1. Popis slika**

Slika 1. Dipolna molekula vode i njihovo povezivanje vodikovim vezama

Slika 2. Potrošnja vode

Slika 3. Izvor rijeke Cetine

Slika 4. Akvadukt

Slika 5. Izvorište rijeke Jadro

Slika 6. Rijeka Jadro

Slika 7. Područja zahvaćena požarom

Slika 8. Resursi pitke vode u Europi

## **9.2. Popis tablica**

Tablica 1. Pokazatelji kakvoće na mjernim postajama rijeke Cetine

Tablica 2. Pokazatelji kakvoće na mjernim postajama rijeke Jadro