

# KVALITETA VODE RIJEKE DRAVE

---

**Dravinac, Lea**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic in Pozega / Veleučilište u Požegi**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:112:972744>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-06**



**VELEUČILIŠTE U POŽEGI**  
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in Pozega Graduate Thesis Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

# VELEUČILIŠTE U POŽEGI



**Lea Dravinac, 1387/14**

## **KVALITETA VODE RIJEKE DRAVE**

### ***ZAVRŠNI RAD***

Požega, 2019. godine

VELEUČILIŠTE U POŽEGI  
POLJOPRIVREDNI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

## **KVALITETA VODE RIJEKE DRAVE**

### ***ZAVRŠNI RAD***

IZ KOLEGIJA TEHNOLOGIJA VODE I OBRADA OTPADNIH VODA

MENTOR: Ana Mrgan, dipl.ing

STUDENT: Lea Dravinac

Matični broj studenta: 1387/14

Požega, 2019. godine

## Sažetak:

Briga o vodi je zadatak i odgovornost svakog pojedinca. To znači da bi svaka osoba na planeti Zemlji, bez obzira na mjesto svog života, trebala dati osobni doprinos kako bi sljedeća generacija imala dobre uvjete za život. Vodoopskrbni resursi, koji definiraju život na Zemlji i biološka raznolikost koja nam je dostupna, obvezuju nas da budemo racionalni i ne samo racionalni, već da se i brinemo o njima. Rezerve pitke vode nisu neiscrpne. Dinamički razvoj društva i sve veći pritisak na prirodni okoliš, a time i na vodu, postaju jedno od ključnih pitanja održivog razvoja, jer onečišćenje vode u podzemlju i na površini dodatno utječe na smanjenje opskrbe vodom. U radu je analizirana kvaliteta vode rijeke Drave, koja je druga po dužini hrvatska rijeka. Voda je uzorkovana na četiri različite lokacije tijekom 9., 11. i 12. mjeseca na mjestima gdje se pretpostavlja da postoji najveća mogućnost zagađenja, počevši od Donjeg Miholjca preko Bistrinaca i Višnjevca pa sve do utoka rijeke Drave u Dunav. Na osnovu dobivenih rezultata napravljene su klasifikacijske tablice pokazatelja kakvoće vode prema Uredbi o klasifikaciji voda, NN 77/98.

Ključne riječi: održivi razvoj, onečišćena voda, rijeka Drava, zagađenje, pokazatelji kakvoće vode

## Summary:

Care of water is the task and responsibility of every individual. This means that every person on the planet Earth, regardless of the place of his life, should make a personal contribution to the next generation's good living conditions. Water supply resources, which define life on Earth and the biodiversity available to us, oblige us to be rational, and not just rational, but to take care of them. Drinking water reserves are not inexhaustible. The dynamic development of the society and the increasing pressure on the natural environment, and then on the water, are becoming one of the key issues of sustainable development, as contamination of ground water and surface water also contributes to the reduction of water supply. The paper analyzes the water quality of the river Drava, which is the second largest Croatian river. Water was sampled at four different locations during 9th, 11th and 12th month in places where it is assumed that there is the greatest possibility of pollution, starting from Donji Miholjac across Bistrinci and Višnjevac, all the way up to place where Drava goes to

Dunav. Based on the oblation results classification tables of water quality indicators were made according to the Water Classification Regulation, NN 77/98.

Key words: sustainable development, contaminated water, river Drava, pollution, indicators of water quality

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	2
2.1. Voda.....	2
2.2. Važnost kakvoće vode .....	2
2.3. Kriza vode u svijetu .....	4
2.4. Uzroci onečišćenja voda .....	4
2.5. Rijeke.....	5
2.6. Hrvatske rijeke.....	6
2.6.1. Kakvoća hrvatskih rijeka .....	8
2.6.2. Panonske rijeke .....	9
2.7. Rijeka Drava .....	9
3. MATERIJALI I METODE .....	12
3.1. Zadatak .....	12
3.2. Mjesta uzorkovanja.....	13
3.3. Metode određivanja .....	13
3.3.1. Određivanje pH vrijednosti .....	13
3.3.2. Određivanje elektroprovodljivosti .....	14
3.3.3. Određivanje mutnoće vode .....	15
3.3.4. Određivanje kemijske potrošnje kisika .....	15
3.3.5. Određivanje biokemijske potrošnje kisika .....	16
3.3.6. Određivanje ukupnog fosfora.....	16
3.3.7. Određivanje ukupnog dušika .....	17
4. REZULTATI.....	18
5. RASPRAVA.....	21
6. ZAKLJUČAK .....	23
LITERATURA.....	24
POPIS SLIKA, TABLICA I KRATICA .....	27
IZJAVA O AUTORSTVU RADA .....	29

## 1. UVOD

Voda je kemijski spoj dva atoma vodika i jednog atoma kisika, te jedna od osnovnih tvari potrebnih za života na Zemlji. Kemijska formula vode je  $H_2O$ . Ima talište na  $0\text{ }^{\circ}C$  (273 K), a vrelište na  $100\text{ }^{\circ}C$  (373 K). Također se javlja kao tekućina, između  $0\text{ }^{\circ}C$  i  $100\text{ }^{\circ}C$ . Voda na Zemlji tvori oceane, rijeke, oblake i polarne kape. Voda pokriva 71 % Zemljine površine i nužna je za život kakav poznajemo. Ona je po težini najobilnija sastavnica stanica i organizama (75-85 %), a veliki broj stanica ovisi o izvanstaničnoj okolini koja je također uglavnom vodena. Najveća gustoća vode je pri  $4\text{ }^{\circ}C$  (Anonymous\_1, URL).

Iako je ima malo u odnosu na morsku vodu, slatke vode na Zemlji ima dovoljno za puno veći broj stanovnika na Zemlji nego što je sada. Među izvore slatke vode spadaju i rijeke, koje osim toga što opskrbljuju vodom za piće, služe kao plovni putevi za prijevoz roba, usluga i ljudi. Nažalost, što se više određena rijeka iskorištava, time se ona i onečišćuje, tj. postaje zagađenija, a na taj način gubi svoj potencijal izvora pitke vode. Zbog navedenoga je važno pročišćavati otpadnu vodu koja se izliva u prirodne prijemnike, bilo sa kopna ili sa brodova koji njome plove. To se radi ugradnjom sustava za pročišćavanje i filtriranje otpadnih voda od kemikalija i toksina koji mogu opasno zaprijetiti flori i fauni u rijekama, ali i kvaliteti same vode (Orešić, 2003, URL).

Čovjek bez vode može izdržati samo oko 8 dana, dok bez hrane može izdržati neusporedivo duže, smatra se do 40-ak dana (Vučijak, et al., 2011: 1).

Cilj rada je proučavanjem stručne literature i provedbom analiza različitih uzoraka i materijala doći do zaključka o kvaliteti vode rijeke Drave u okolici Osijeka.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Voda

Voda je temeljni uvjet za život ljudi, životinja i bilja. Premda voda u organizmu nije podvrgnuta oksidaciji, pa prema tome i ne služi kao izvor energije, ipak je bitna za životne procese u tijelu. Voda u organizmu je medij, u kojem se razgrađuju druge za život potrebne tvari (bjelančevine, ugljikohidrati, masti i soli) ili se pak izgrađuju novi, za život važni spojevi (oksidacija, sinteza) (Ivoš, 1953: 261, URL).

Svježa voda je resurs esencijalan i za sve oblike ljudskih aktivnosti. Naime, počevši od primitivnog razvoja čovječanstva, značajan dio povijesti civilizacije vezan je uz konstantnu težnju za korištenje vodnih bogatstava, ali i obranu od negativnog djelovanja vode, posebno poplava. Razvoj civilizacije najuže je povezan i sa težnjom da se voda iskoristi za potrebe navodnjavanja. Ovo je vezano uz saznanja da je upravljanje vodnim bogatstvom predstavljalo osnovni faktor u razvoju najstarijih civilizacija u dolinama rijeka Eufrata, Tigrisa i Nila, gdje je voda ovih rijeka korištena za potrebe navodnjavanja i proizvodnje hrane. Čovjek je u periodu svog razvoja malo pažnje poklanjao racionalnom korištenju vodnih bogatstava i njihovom očuvanju. Na činjenicu o značaju vode za život i razvoj čovječanstva, upozorio nas je tek nagli porast broja stanovnika na Zemlji tijekom dvadesetog stoljeća. Jedan od razloga za ovakvo ponašanje ljudi je nepoznavanje ovog resursa i njegovih osobina koje ga čine značajnim za održanje života na Zemlji, ali i ranjivim i osjetljivim na različite čovjekove utjecaje (Vučijak et.al., 2011: 1).

### 2.2. Važnost kakvoće vode

Gledajući iz svemira, Zemlja izgleda kao jedna plava planeta. O vodi, točnije raspoloživim količinama vode, ovisi cjelokupan život na Zemlji. Procjenjuje se da ukupna količina vode na Zemlji iznosi  $1,386 \cdot 10^9$  km<sup>3</sup>. Od toga 97,5 % čine mora i oceani, a 2,5 % slatka voda. Bitno je napomenuti da je većina zaliha slatke vode zaleđena. Samo 0,76 % od ukupne količine vode na Zemlji čine tekućice i stajaćice, gdje je tek manji dio ekološki i ekonomski prihvatljiv za uporabu. Od davnina, voda je bila jedan od četiri temeljna elementa života pa su i sve velike civilizacije nastale na područjima sa dovoljnom količinom raspoložive vode (Tedeschi, 1997: 113-234).



Rast stanovnika, gospodarski razvoj i urbanizacija doveli su do povećane proizvodnje hrane i industrijskih proizvoda, a to dovodi do povećanja otpadnih tvari i energije. Razvoj kemijske industrije uzrokovao je pojavu umjetnih tvari i spojeva kojih nikada nije bilo u prirodi. Razvoj čovječanstva doveo je, kako do velikog porasta potreba za vodom, tako i do ugrožavanja vodnih resursa i vodnog okoliša što vodu može pretvoriti u ugrozu ljudskog zdravlja. U razvijenim zemljama briga o očuvanju i unaprjeđenju kakvoće vode uključena je u svim djelatnostima i sastavni je dio svake odluke o planiranom razvoju. S druge strane, zemlje u razvoju, koje su raspolagale sa razmjerno velikim količinama prirodno čistih voda i očuvanim okolišem, mjere za zaštitu voda smatraju ograničavajućim faktorom gospodarskog razvoja. Ljudska aktivnost glavni je uzrok onečišćenja kopnenih voda. Nemaran odnos prema okolišu i vodi, ispuštanje štetnih otpadnih tvari u prijemnike i okoliš, izaziva negativne promjene u hidrosferi koje mogu dovesti do ugrožavanja biološke raznolikosti, teških poremećaja ekosustava te općenito ozbiljniji zdravlju, napretku i razvoju cjelokupnog života na Zemlji (Jerković, 2015: 4-5).



Slika 1. Sveukupna slatka voda na kopnu (Voda za život, n.d., URL)

Tablica 1. Obnovljivi resursi i raspoloživa voda po kontinentima (Shiklomanov, 1998:6, URL)

Kontinent/ Zemlja	Površina (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	Stanovništvo (milijuna)	Vodni resursi (km <sup>3</sup> /god)			TAWR (m <sup>3</sup> /stan/god)
			Prosjek	Max.	Min.	
Europa	10,46	685	2.900	3.210	2.440	4.24
Sjeverna Amerika	24,3	453	7.870	8.820	6.660	17.4
Afrika	30,1	708	4.047	5.082	3.073	5.72
Azija	43,5	3,403	13.510	15.000	11.800	3.97
Južna Amerika	17,9	315	12.030	14.350	10.330	38.3
Autralija i Oceanija	8,95	28,7	2.400	2.880	1.891	83.6
Ukupno u svijetu	135	5,590	42.757	44.480	39.660	7.65

### 2.3. Kriza vode u svijetu

Moramo se suočiti s činjenicom da problem voda postaje sve izraženiji. Kriza vode prisutna je u zemljopisnim područjima gdje rezerve korisne vode ne mogu zadovoljiti sve veće potrebe stanovništva i gospodarstva. Naš planet ima ograničenu količinu pitke vode koja se nalazi u ledu, površinskim vodama i atmosferi (Crnogorac, 2005: 159-176).

Postoje neki od najvažnijih uzroka krize vode: nezadovoljavajući pristup sigurnoj pitkoj vodi za oko 884 milijuna ljudi; nedostatan pristup sanitarijama za 2,5 milijardi ljudi; prekomjerna uporaba podzemnih voda koja dovodi do smanjenja poljoprivrednih prinosa; neracionalna uporaba i zagađenje vodnih resursa koji štete biološkoj raznolikosti, te sukobi oko nestašice vode koji mogu dovesti do rata (WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation, 2008, URL).

Krizom vode u nekoj regiji možemo nazvati situaciju u kojoj je na snazi jedna od sljedećih situacija: ako vodeni resursi nisu dovoljni u količini i kvaliteti za planiranu upotrebu; ako vodeni resurs nije raspoređen na određeno mjesto u odgovarajuće vrijeme i ako su troškovi gradnje i eksploatacije neprihvatljivi prema gospodarskim kriterijima (Veljković, 2008: 2).

Količine raspoložive slatke vode su veoma neravnomjerno raspoređene na Zemlji. Prema istraživanjima iz 2000-te godine oko 41 % svjetske populacije (2,3 milijarde stanovnika) živi u slivovima ugroženim pomanjkanjem kvalitetne vode (Vučijak et al., 2011: 2).

### 2.4. Uzroci onečišćenja voda

Vodni sustavi mogu biti onečišćeni i/ili zagađeni. Onečišćenje podrazumijeva unošenje tvari ili energije u vodne sustave, uslijed čega dolazi do fizikalnih, kemijskih ili bioloških promjena kakvoće voda. Tada vode postaju nedovoljno dobre za uporabu, posebno za vodoopskrbu i druge namjene koje zahtijevaju vodu visoke kakvoće. Zagađenje označava ispuštanje u vodne sustave tvari ili energije, izravno ili neizravno, prouzročene čovjekovom djelatnosti. Njihov ishod predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje i onemogućava ili ograničava uporabu vode (Bobić, 2005: 9-34, URL).

Čovjekovom djelatnošću stvorena otpadna tvar i otpadna energija za samog korisnika predstavljaju beskoristan i nepoželjan otpad. Otpadne tvari mogu se pojaviti u krutom, tekućem ili plinovitom obliku. Otpadne tvari koje se pojavljuju u tekućem

obliku nazivaju se otpadnim vodama i dijele se na kućanske, industrijske, oborinske i rashladne otpadne vode. Otpadne vode također su dio hidrološkog ciklusa (Jerković, 2015: 6).

## 2.5. Rijeke

Rijeke su najčešće stalne tekućice koje teku od izvora prema ušću, uglavnom od planina prema moru i čija je širina korita veća od pet metara, najčešće imaju jedan izvor, ali mogu nastati i spajanjem pritoka. Porječje je prostor s kojega prema nekoj rijeci ili riječnom sustavu otječe voda. Slijev je kopnena površina s koje voda otječe prema nekom moru ili oceanu. Razvodnice su crte koje odvajaju porječja, odnosno sljevove. Vodostaj je razina vode u moru, rijeci ili jezeru i izražava se u centimetrima. Rijeke kao dio tekućica, uz podzemne vode, jezera i led sudjeluju u hidrološkom ciklusu (Pivac, 2014: 18).

Osnovni dijelovi rijeke su: izvor, ušće, pritok, riječno korito i obala. Izvor je mjesto na površini kopna na kojem stalno ili povremeno izbija podzemna voda. Izvori iz krškog podzemlja zovu se vrela. Ušće je mjesto gdje se tekućica ulijeva u jezero, more ili drugu tekućicu. Pritok je tekućica koja utječe u drugu, veću tekućicu. Riječno korito je žljebasto udubljenje na površini zemlje kojim teče voda. Obala je dio riječnog korita koji se nalazi iznad razine vode u rijeci. Desna i lijeva strana riječne obale određuje se prema smjeru otjecanja. Korito rijeke tipično sadrži jednu struju vode, ali neke rijeke teku kao nekoliko međusobno povezanih struja vode, stvarajući spletnu rijeku. Rijeka koja teče u svom koritu je izvor energije koji djeluje na samo korito, na način da mijenja oblik i formu. Kroz tok rijeke ukupni volumen vode koji se prenosi nizvodno, često je kombinacija slobodnog protoka zajedno s znatnim volumenom koji teče podlogom površine stijena i šljunka kojima je pokriveno dno (Pivac, 2014: 19).



Slika 2. Što je rijeka (Rijeke Hrvatske, n.d., URL)

Većina rijeka teče na površini, dok manji broj teče ispod površine zemlje u pećinama ili špiljama. Takve rijeke često se nalaze u regijama s geološkim formacijama vapnenca, a mogu se javiti i kod ledenjačkih podloga i u takvim slučajevima zbog utjecaja tlaka glečera može se dogoditi da teku uzvodno (Kraške ponornice u Hrvatskoj, n.d., URL).

Rijeke su klasificirane prema mnogim kriterijima, uključujući njihovu topografiju, njihov biotički status i njihovu važnost za rafting ili slične aktivnosti. Općenito se mogu klasificirati kao aluvijalne, stjenovitog tla ili neke mješavine to dvoje. Aluvijalne rijeke imaju kanale i poplavne nizove koji se formiraju u nekonsolidiranim ili slabo konsolidiranim sedimentima, one nagrizaju svoje obale i nanose materijal. Uz navedene postoje i stjenovite rijeke koje imaju dno pokriveno stijenama jer su pješčani nanosi odneseni djelovanjem rijeke.

Rijeke su važne za gospodarstvo država jer imaju veliki energetske potencijal. Njihova voda je pogodna za dobivanje električne energije gradnjom hidroelektrana. U hrvatskoj najveći hidro-energetski potencijal ima rijeka Cetina. Na njoj je izgrađeno čak pet hidroelektrana akumulacijskog tipa. Drugi aspekt posebnosti rijeka za državu jest u slučajevima kada su one kao dio prirodne baštine zaštićene, jer se nalaze na područjima koja su pod posebnom državnom zaštitom (Energetske transformacije, n.d., URL).

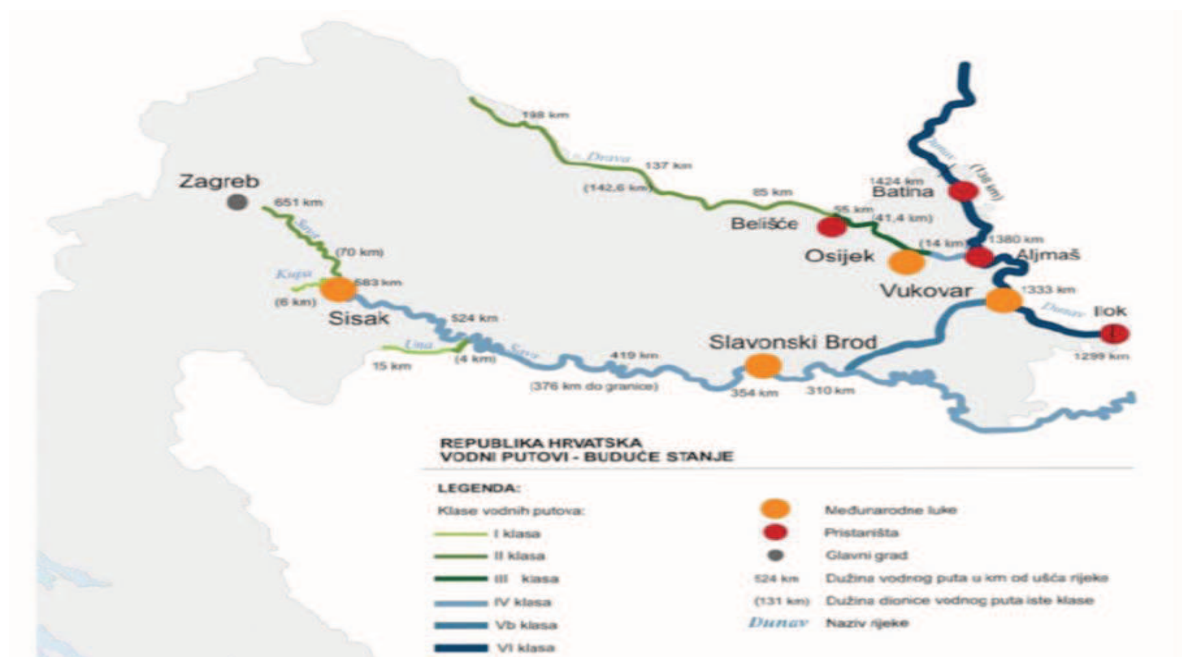
Najraniji dokazi o plovidbi datiraju još od oko 3300 godine prije Krista, a vezani su uz civilizaciju iz doline rijeke Ind, na području sjeverozapadne Indije. Riječna plovidba pruža jeftinu opciju putovanja i transporta, te se još uvijek puno koristi na većini glavnih rijeka svijeta poput Amazone, Gangesa, Nila, Mississippija i Inda. Zbog loše regulacije plovidbe riječnih brodova, oni emitiraju velike količine stakleničkih plinova. Kako emitiraju različite čestice uslijed transporta, često lokalnom stanovništvu uzrokuju različite bolesti (Albrecht, 2003: 295-307).

## 2.6. Hrvatske rijeke

Prostorni raspored površinskih i podzemnih voda i njihova veza primarno su određeni morfološkim i hidro geološkim značajkama područja Hrvatske. Hrvatske rijeke su dio crnomorskog i jadranskog sliva, a razvodnica prolazi kroz gorsko-planinsko područje. U crnomorskom slivu dominiraju veći vodotoci kao što su Sava, Drava i Dunav s velikim brojem manjih podslivova. Ukupna duljina svih prirodnih i umjetnih vodotoka na prostoru Hrvatske procjenjuje se na oko 32 100 km (Strategija upravljanja vodama, 2009: 9, URL).



Slika 3. Veći vodotoci i slivovi na području Hrvatske (Strategija upravljanja vodama, 2009: 9, URL)



Slika 4. Hrvatski plovni putevi (Ministarstvo mora prometa i turizma, n.d., URL)

Hrvatske rijeke su važan gospodarski resurs, jer se koriste za dobivanje električne energije izgradnjom pripadnih hidroelektrana, za navodnjavanje, te su veoma značajne za transport ljudi i roba. Hidro-energetski objekti i postrojenja imaju višenamjenski karakter sa širim društvenim i vodno-gospodarskim značenjem, kao što su zaštita od poplava, osiguranje

vode za vodoopskrbu, proizvodnja električne energije, osiguranje vode za navodnjavanje, regulacija režima malih voda, sport, rekreacija i drugo (Strategija upravljanja vodama, 2009: 65, URL).

Velikim nizinskim rijekama Dunavom, Savom, Dravom i Kupom, Hrvatska se svrstala u europsku međunarodnu mrežu plovnih puteva, jer za modernu plovidbu velikim brodovima potrebne su široke i duboke rijeke, pa se za vrijeme nižih vodostaja plovidba po manjim rijekama mora obustaviti. Takve uvjete zadovoljava Dunav i dio Drave od ušća do Osijeka.

### 2.6.1. Kakvoća hrvatskih rijeka

Ispitivanja kakvoće voda rijeka i jezera u Hrvatskoj provodila su se na oko 270 mjernih mjesta u 2000. godini, a 2006. godine na 344. Provedeno je ispitivanje pokazatelja, koji određuju opću ekološku kakvoću voda (režim kisika, hranjive tvari, mikrobiološki i biološki pokazatelji), te dodatnih pokazatelja (metali, organski spojevi, radioaktivnost) prema posebnim programima. Samo na manjem broju mjernih postaja kakvoća voda izrazito je odstupala od planirane vrste. Lošija ocjena prema nekim teškim metalima (živi, olovu i povremeno kadmiju) posljedica je nedovoljno osjetljive analitičke opreme zbog koje kod velikog broja uzoraka nije bilo moguće izmjeriti prirodne koncentracije. Najnepovoljnije vrijednosti analiziranih organskih spojeva bile su najčešće izmjerene za mineralna ulja. Vrijednosti ostalih organskih spojeva uglavnom su bile ispod granica detekcije (Strategija upravljanja vodama, 2009: 16, URL).

Za potrebe ocjene opće ekološke funkcije vode u Hrvatskoj se sustavno prati stanje voda izvorišta. Izvorišta koja se ispituju u okviru nacionalnog monitoringa kakvoće kopnenih voda upućuju i na stanje kakvoće u izvorišnom dijelu rijeke i na stanje kakvoće voda vodonosnika. Prije uključivanja Hrvatske u Europsku uniju, zaštita voda provedena je na temelju Državnog plana za zaštitu voda, koji uključuje aktivne i pasivne mjere u zaštiti voda i mora od onečišćenja s kopna. Neke od mjera su: opće administrativne mjere, mjere za sprječavanje smanjenja onečišćenja voda, mjere za očuvanje kakvoće voda, provedbene mjere, mjere za slučajeve izvanrednih i iznenadnih onečišćenja, plan građenja objekata za zaštitu voda te izvore i načine financiranja (Jerković, 2015: 13).

Pasivne mjere zaštite voda čine sustavi za prikupljanje, pročišćavanje i dispoziciju otpadnih i oborinskih voda koji obuhvaćaju vodne građevine za zaštitu voda, uređaje za prethodno pročišćavanje industrijskih voda, te uređaje za pročišćavanje otpadnih voda stanovništva i industrije. Aktivne mjere obuhvaćaju planiranje iskorištavanja voda i prostora

kao i kontroliranu upotrebu cijelog niza tvari u različitim društvenim granama, posebice poljoprivredi (Državni plan za zaštitu voda, NN 8/99).

Nakon uključivanja Hrvatske u europske, zakonodavne i institucionalne okvire i standarde, predviđeno je poduzimanje niza promjena u skladu sa europskim standardima. To predstavlja uređenje vodnog režima i stavljanje vodnih resursa u funkciju poboljšanja kvalitete života stanovništva i održivog razvoja. Potrebno je razviti vodo-komunalne sustave u Hrvatskoj kako bi se postupno dostigli europski standardi, jer postoji mali broj priključaka stanovništva na javnu odvodnju. Ulaganja su također nužna u izgradnju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, jer se veći dio otpadnih voda ispušta iz sustava prikupljanja i odvodnje bez pročišćavanja u prirodne prijemnike, te se na taj način ugrožava kvaliteta prirodnih vodnih resursa. Mjere zaštite voda će se provoditi smanjenjem i uklanjanjem opasnih tvari u otpadnoj vodi ovisno o njihovoj toksičnosti, razgradivosti i bio-akumulativnosti, posebice industrijskih otpadnih voda, te zbrinjavanje mulja i multidisciplinarno planiranje odlagališta mulja (Ministarstvo mora, prometa i turizma, n.d., URL).

## 2.6.2. Panonske rijeke

Panonske rijeke čine rijeke prostranih ravnica kao što su Drava, Dunav, Mura i Sava te ostale manje rijeke kao što su Bednja, Bosut, Česma, Ilova, Karašica, Krapina, Lonja-Trebež, Odra, Pakra, Sutla i Vuka. To su rijeke koje teku u nizini nekadašnjeg Panonskog mora tvoreći prostrane bazene poput dravskog, savskog i dunavskog. Nizinske rijeke djeluju pomalo neobično jer mogu pomicati svoje korito. Rijeka na jednoj strani erodira obalu, a na drugoj taloži sediment. Prirodna dinamika nizinskih rijeka ključna je za održavanje okolnih staništa. Značajna su poplavna područja nizinskih rijeka pri čemu posebno možemo izdvojiti Lonjsko polje i Kopački rit. Lonjsko polje uz Savu krajolik je poplavnih pašnjaka, šuma i polja, koji se prostire od Siska preko Jasenovca do Gradiške. Kopački rit između Drave i Dunava jedno je od najpoznatijih močvarnih područja u Europi. Oba poplavna područja zaštićena su kao parkovi prirode (Petrić, 2012: 53).

## 2.7. Rijeka Drava

Rijeka Drava teče južnim dijelom Srednje Europe i pritoka je Dunava. Povezuje zemlje i kulture od talijanskih Alpa u Južnom Tirolu, rijeka i velikih jezera u Koruškoj, te

slovenskih Alpa sve do Srednjoeuropske Panonske doline. Duga je 725 kilometara. U neposrednoj blizini Legrada u nju utječe Mura, čineći tako dio hrvatsko-mađarske granice.

Drava izvire u planinskom lancu Sextner Dolomiten između Dobbiaca (Toblach) i San Candida (Innichen) u Italiji, na 1450 metara nadmorske visine, te teče prema istoku kroz austrijske savezne države Tirol i Kärnten. U Tirolu Drava svojim tokom tvori Drautal, najdužu uzdužnu dolinu Alpa. Odatle teče kroz jugoistočni dio Slovenije, zatim ulazi u Hrvatsku i tvori prirodnu granicu s Mađarskom. U Dunav se ulijeva kod Aljmaša, istočno od Osijeka, na 90 metara nadmorske visine, gdje joj širina iznosi 320 metara. Njezin pad u nadmorskoj visini od izvora do utoka je 1360 metara, a dio koji se proteže od Legrada do utoka u Dunav zove se Donja Drava (Anonymous\_2, URL).

Drava je tipična pluvio-glacijalna rijeka, što znači da je njezin najviši vodostaj u srpnju tijekom otapanja ledenjaka, dok većina drugih rijeka već pokazuje znakove ljetne suše. Njezin drugi najviši vodostaj postiže se u studenom, za vrijeme jesenskih kiša na širem alpskom području. Količina padalina koje se slijevaju u rijeku Dravu u Italiji i Austriji su oko 10.964 m<sup>3</sup>, u Sloveniji još 2700 m<sup>3</sup> i 7015 m<sup>3</sup> u Hrvatskoj. Izvorno brzi tok rijeke Drave iskorišten je za hidroelektrane. U Austriji, Sloveniji i Hrvatskoj izgrađene su 22 brane. U Sloveniji postoje dva umjetna bočna kanala, izgrađena u svrhu hidroelektrana. U gornjem toku je plovna za male brodove, a veća plovila mogu ploviti nizvodno od Donjeg Miholjca do njezina ušća u rijeku Dunav kod Aljmaša. Iako su korita većine nizinskih rijeka u Europi glavninom toka regulirana, rijeka Drava očuvala je prirodna staništa duž srednjeg i donjeg toka rijeke i domaćin je jedinstvenim skupina flore i faune i nekoliko endemičnih vrsta (Režek, 2003: 647-653, URL).

Trenutačni propisi u Hrvatskoj dijele površinske vode u pet vrsta kvalitete vode. Vode I vrste su površinske vode koje se mogu koristiti za piće i prehrambenu industriju u prirodnom stanju ili nakon dezinfekcije, kao i za uzgoj pastrva. U prirodnom stanju su posve čiste, bistre i prozirne vode. Vode II vrste su još uvijek čiste, visoke prozirnosti i bez neugodnog mirisa. Mogu se koristiti u prirodnom stanju za kupanje i rekreaciju ili nakon obrade za piće i druge industrijske svrhe. Vode III vrste sadrže povećane koncentracije hranjivih tvari. Onečišćene su, manje bistre i često neugodnog mirisa te se mogu koristiti u industrije bez posebnih zahtjeva kvalitete vode i u poljoprivredi. Vode IV vrste moraju se tretirati prije bilo kakve uporabe, ako nije dostupna druga vodoopskrba. Izrazito su prljave i mutne vode, vrlo neugodnog mirisa i male prozirnosti. Voda V vrste označava potpuno onečišćene vode koje se ne mogu koristiti u bilo koju svrhu. Cilj nacionalne strategije zaštite voda je zadržavanje rijeke Drave unutar granica II kvalitetne grupe, da se nakon postupka pročišćavanja, može



koristiti za piće i u industriji (Uredba o klasifikaciji voda, NN 77/98; Državni plan za zaštitu voda, NN 8/99).

Na kvalitetu vode rijeke Drave utječe njena pritoka rijeka Mura, čija je voda klasificirana kao voda IV vrste. Nekoliko studija bilježi poboljšanja u kvaliteti voda dunavskog drenažnog bazena tijekom posljednja dva desetljeća, Vitale et al. (2002, URL) stoga tvrdi da je trend poboljšanja kvalitete vode započeo krajem 1980-ih i ponovno 1995. godine. Od 1991. godine industrijsko zagađenje značajno se smanjilo na cijelom području Hrvatske, zbog smanjenja industrijske proizvodnje, osobito na području grada Osijeka. Međutim, rijeka Drava je primatelj otpadnih voda mnogih gradova i sela. Kako rastu naselja, tako rastu i količine kućanskih otpadnih voda, koje su obično bogate biorazgradivim organskim tvarima i površinskim otpadnim vodama. Patogeni mikroorganizmi iz tih voda mogu predstavljati rizik za korisnike riječne vode. Vremenska raspodjela koncentracije onečišćivača može se odrediti ili uzorkovanjem vode na niskoj frekvenciji tijekom dužeg vremenskog razdoblja ili pri visokoj frekvenciji tijekom jednog hidrološkog ciklusa, odnosno jedne godine (Vitale et al., 2002, URL).

Rezultati praćenja kakvoće površinskih i podzemnih voda, pohranjeni u bazu podataka Hrvatskih voda, koriste se za različite potrebe izvješćivanja sukladno propisima Republike Hrvatske, međunarodnim zahtjevima i zahtjevima Europske unije. Osim niza izvješća, koja se izrađuju u svrhu provedbe međudržavnih sporazuma i međunarodnih konvencija, posljednjih godina je započelo izvješćivanje prema europskoj razini, koje se odvija kroz komunikaciju s Europskom agencijom za zaštitu okoliša (EEA) (Musić, 2011: 94, URL)

Parametri kvalitete vode rijeke Drave prikazani u radu, dobiveni su iz uzoraka prikupljenih tijekom tri mjeseca 2017. godine, a mjesta uzorkovanja su odabrana prema rizičnosti potencijalno najvećih mjesta zagađenja. Mjesta uzorkovanja su od Donjeg Miholjca do utoka Drave u Dunav kod Aljmaša.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Zadatak

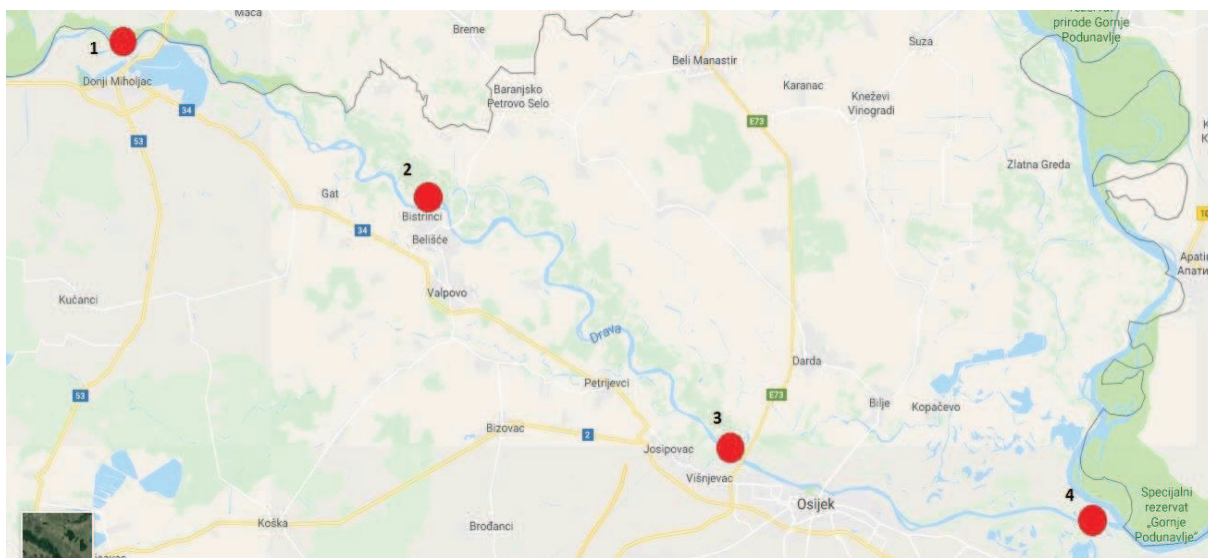
Zadatak rada je bio analizirati kvalitetu vode rijeke Drave tijekom 9., 11. i 12. mjeseca sa četiri lokacije; na području Donjeg Miholjca, Bistrinaca, Višnjevca i na utoku u Dunav kod Aljmaša. Provedena su ispitivanja kojima su određena fizikalno-kemijska ispitivanja, režim kisika te hranjive tvari. Iz dobivenih rezultata napravljena je klasifikacijska tablica kvalitete riječne vode prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98).

Tablica 2. Dopuštene granične vrijednosti pokazatelja za pojedine vrste voda (Uredba o klasifikaciji voda, NN 77/98)

SKUPINE POKAZATELJA	POKAZATELJI mjerna jedinica	I VRSTA	II VRSTA	III VRSTA	IV VRSTA	V VRSTA
FIZIKALNO- KEMIJSKI	pH	8,5-6,5	6,5-6,3 8,5-9,0	6,3-6,0 9,0-9,3	6,0-5,3 9,3-9,5	< 5,3 > 9,5
	Električna vodljivost μS/cm	< 500	500-700	700-1000	1000-2000	> 2000
REŽIM KISIKA	KPK mg O <sub>2</sub> /L	< 4	4-8	8-15	15-30	> 30
	BPK <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /L	< 2	2-4	4-8	8-15	> 15
HRANJIVE TVARI	Ukupni fosfor mg P/L tekućice	< 0,10	0,10-0,25	0,25-0,60	0,60-1,50	> 1,5
	stajaćice	< 0,01	0,01- 0,025	0.025-0,06	0,06-0,15	> 0,15
	Ukupni dušik mg N/L	< 1,0	1,0-3,0	3,0-10,0	10,0-20,0	> 20,0

### 3.2. Mjesta uzorkovanja

Voda je uzorkovana na četiri različite lokacije, na mjestima gdje se pretpostavlja da postoji najveća mogućnost zagađenja, počevši od Donjeg Miholjca pa sve do utoka Drave u Dunav, što je prikazano na Slici 5. Uzorak 1 je uzet kod Donjeg Miholjca, uzorak 2 kod Bistrinaca, uzorak 3 kod Višnjevca i uzorak 4 kod Aljmaša, prije utoka Drave u Dunav.



Slika 5. Mjesta uzorkovanja vode rijeke Drave (Izvor: autor)

### 3.3. Metode određivanja

Tablica 3. Metode određivanja kemijskih parametara otpadnih voda

ISPITIVANI PARAMETAR	METODA ODREĐIVANJA
Biokemijska potrošnja kisika (BPK <sub>5</sub> )	Standard Methods, HRN ENISO 11261:1995
Kemijska potrošnja kisika (KPK)	HRN ISO 15705:2003*
Ukupni dušik	Standard Methods, HRN ENISO 11261:1995
Ukupni fosfor	Standard Methods, HRN ENISO 11261:1995
pH vrijednost	HRN ISO 10523:2012*

#### 3.3.1. Određivanje pH vrijednosti

pH vode se određivalo pH-metrom. pH-metar se najprije kalibrirao puferom poznate pH vrijednosti (4,1; 7 i 10,1). Elektroda se prije mjerenja treba isprati destiliranom vodom, a

nakon toga, uzorkom. Elektroda se tada uroni u čašu s uzorkom, pričekava da se sustav stabilizira i očita pH vrijednost. pH vrijednost se izražava na dvije decimale, uz obavezno navođenje temperature pri kojoj je izvršeno mjerenje. Između dva ili više mjerenja, elektrode se drže uronjene u destiliranu vodu.



Slika 6. pH metar (Anonymous\_3, URL)

### 3.3.2. Određivanje elektroprovodljivosti

Električna provodljivost se mjeri pomoću konduktometra. Provodljivost ovisi o prisutnosti ioniziranih i otopljenih tvari u vodi, njihovoj koncentraciji, pokretljivosti i valenciji. Konduktivitet pomaže u određivanju kvalitete slatke vode za različite namjene i vrlo je česti mjereni pokazatelj. Prije početka mjerenja uređaj je potrebno kalibrirati puferom. Za precizno određivanje mjerenje se provode pri temperaturi od 25 °C sa mogućnošću odstupanja od  $\pm 0,1$  °C.



Slika 7. Konduktometar (Anonymous\_4, URL)

### 3.3.3. Određivanje mutnoće vode

Zamućenje vode je mjera optičkog svojstva vode odnosno gubitak intenziteta svjetlosnog snopa koji prolazi kroz vodu. Propuštena svjetlost je proporcionalna koncentraciji, veličini i površini čestica suspendirane tvari u vodi. Uređaj pomoću kojeg se određuje mutnoća vode je turbidimetar. Princip rada je mjerenje gubitaka intenziteta svjetlosnog snopa koji prolazi kroz otopinu.

Prije početka rada turbidimetar se kalibrira. Uzorak vode se promućka, a zatim ulije u turbidimetrijsku kivetu. Mutnoća se direktno očitava sa skale uređaja. Rezultat je prikazan u nefelometrijskim jedinicama.



Slika 8. Turbidimetar (Izvor: autor)

### 3.3.4. Određivanje kemijske potrošnje kisika

Postupak određivanja kemijske potrošnje kisika temelji se na reakciji oksidacije nerazgradive organske tvari s kalijevim permanganatom ili kalijevim bikromatom, na povišenoj temperaturi u sumporno-kiselom mediju, uz srebro kao katalizator. Analizu uzetih uzoraka treba započeti čim prije nakon uzorkovanja. Ukoliko nije moguće napraviti odmah analizu, uzorak se može konzervirati sumpornom kiselinom, koja se dodaje 2 mL/L. Konzerviranje uzorka se provodi kako bi se snizila pH vrijednost na manje od 2 i takav uzorak se može čuvati na 4 °C, 28 dana. Da bi se reakcija uspješno provela uzorak se stavlja u

zatvorene kivete COD reaktora, a količina utroška kisika mjeri se spektrofotometrom. Ako je rezultat izvan mjernog područja, potrebno je ponoviti analizu u razrijeđenom uzorku. Rezultat se izražava u mg O<sub>2</sub>/L.



Slika 9. COD reaktor za određivanje KPK (Anonymous\_5, URL)

### 3.3.5. Određivanje biokemijske potrošnje kisika

Pokazatelj količine razgradive organske tvari u vodi je “biokemijska potrošnja kisika” (BPK). Biokemijska potrošnja kisika označava količinu kisika potrebnu da se biološki razgradi organska tvari pomoću mikroorganizama. Potpuna razgradnja organske tvari traje dugo. Za praktične pokazatelje uveden je pokazatelj petodnevnog biološkog potrošnja kisika BPK<sub>5</sub>, koja se odvija pri 20 °C, a izražava se u mg O<sub>2</sub>/L. Potrošnju kisika u vodi prije i poslije inkubacije određuje se oksimetrom. Smetnje pri određivanju BPK mogu uzrokovati tvari koje su toksične za mikroorganizme, npr. toksični metali i slobodni klor, jer inhibiraju biokemijsku reakciju. pH uzorka treba biti između 6 i 8.

### 3.3.6. Određivanje ukupnog fosfora

Za određivanje fosfata koristi se volfram-molibdenov reagens, s kojim fosfati daju modro obojenje. Postupak za određivanje ukupnog fosfora provodi se tako da se uzorak najprije spali, postupkom „mokrog“ spaljivanja koncentriranom sulfatnom kiselinom i vodikovim peroksidom. Pri tom postupku svi spojevi fosfora prelaze u ortofosfate. Nakon toga se volfram-molibdenovim reagensom odredi ukupna količina ortofosfata. Naime, fosfati

se mogu razgraditi u vodenom sustavu, ali jako sporim putem. Koncentraciju fosfora u vodi određivalo se spektrofotometrom na valnoj dužini od 690 nm, a rezultat je dobiven u mg P/L.

### 3.3.7. Određivanje ukupnog dušika

Ukupni dušik u vodi se određuje makrospaljivanjem. Analiza se vrši pomoću automatskog Kjeldahovog uređaja na principu vodene pare. Provodi se tako da se u otopinu s uzorkom dodaje bezvodni kalijev sulfat i koncentrirana sulfatna kiselina, smjesa se zagrijava uz katalizator. Tim postupkom dušik se veže u amonijev sulfat koji kuhanjem s natrijevim hidroksidom izdvaja amonijak. Izdvojeni amonijak se odvodi procesom destilacije i skuplja u određenom volumenu standardne kiseline, iz koje se kasnije retitracijom odredi sadržaj dušika.

## 4. REZULTATI

Tablica 4. Vrijednosti pokazatelja kakvoće vode rijeke Drave za rujan, 2017.

rujan, 2017.					
SKUPINE POKAZATELJA	POKAZATELJI	PROFILI			
		DRAVA Donji Miholjac	DRAVA Bistrinci	DRAVA Višnjevac	DRAVA Prije utoka u Dunav (1,4 rkm)
FIZIKALNO- KEMIJSKI	pH	8,2	8,1	8,1	8,5
	Električna vodljivost ( $\mu\text{S/cm}$ )	340	411	422	399
	Mutnoća mg/L SiO <sub>2</sub> NTU	0,5	0,6	1,1	0,9
REŽIM KISIKA	KPK (KMnO <sub>4</sub> ) (mg O <sub>2</sub> /L)	4,5	3,9	5,9	4,1
	BPK <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	2,1	3,5	4,9	2,8
HRANJIVE TVARI	Ukupni fosfor (mg P/L)	0,1231	0,1541	0,2151	0,1813
	Ukupni dušik (mgN/L)	1,7385	1,8185	2,2955	1,9933

Tablica 5. Klasifikacija vode na temelju vrijednosti pokazatelja kakvoće vode iz Tablice 4  
(Uredba o klasifikaciji voda, NN 77/98)

rujan, 2017.									
SKUPINE POKAZATELJA	POKAZATELJI	PROFILI							
		DRAVA Donji Miholjac		DRAVA Bistrinci		DRAVA Višnjevac		DRAVA Prije utoka u Dunav (1,4 rkm)	
FIZIKALNO- KEMIJSKI	pH	I	I	I	I	I	I	I	I
	Električna vodljivost ( $\mu\text{S/cm}$ )	I	I	I	I	I	I	I	I
REŽIM KISIKA	KPK(KMnO <sub>4</sub> ) (mg O <sub>2</sub> /L)	II	II	II	II	II	III	II	II
	BPK <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	II		II		III		II	
HRANJIVE TVARI	Ukupni fosfor (mg P/L)	II		II		II		II	
	Ukupni dušik (mg N/L)	II	II	II	II	II	II	II	II



Tablica 6. Vrijednosti pokazatelja kakvoće vode rijeke Drave za studeni, 2017.

studeni, 2017.					
SKUPINE POKAZATELJA	POKAZATELJI	PROFILI			
		DRAVA Donji Miholjac	DRAVA Bistrinci	DRAVA Višnjevac	DRAVA Prije utoka u Dunav (1,4 rkm)
FIZIKALNO- KEMIJSKI	pH	7,9	8,0	8,2	8,2
	Električna vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	319	343	351	312
	Mutnoća (mg/L $\text{SiO}_2$ ) NTU	1,1	1,0	1,2	1,1
REŽIM KISIKA	KPK( $\text{KMnO}_4$ ) (mg $\text{O}_2/\text{L}$ )	2,9	3,0	3,3	3,8
	BPK <sub>5</sub> (mg $\text{O}_2/\text{L}$ )	1,9	2,6	2,5	2,6
HRANJIVE TVARI	Ukupni fosfor (mg P/L)	0,0932	0,0731	0,0682	0,0981
	Ukupni dušik (mg N/L)	1,2131	1,0531	1,0988	1,4485

Tablica 7. Klasifikacija vode na temelju vrijednosti pokazatelja kakvoće vode iz Tablice 6  
(Uredba o klasifikaciji voda, NN 77/98)

rujan, 2017.									
SKUPINE POKAZATELJA	POKAZATELJI	PROFILI							
		DRAVA Donji Miholjac		DRAVA Bistrinci		DRAVA Višnjevac		DRAVA Prije utoka u Dunav (1,4 rkm)	
FIZIKALNO- KEMIJSKI	pH			I	I	I	I	I	I
	Električna vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	I	I	I	I	I	I	I	I
REŽIM KISIKA	KPK( $\text{KMnO}_4$ ) (mg $\text{O}_2/\text{L}$ )	I	II	I	II	I	II	I	II
	BPK <sub>5</sub> (mg $\text{O}_2/\text{L}$ )	II		II		II		II	
HRANJIVE TVARI	Ukupni fosfor (mg P/L)	I	II	I	II	I	II	I	II
	Ukupni dušik (mg N/L)	II		II		II		II	

Tablica 8. Vrijednosti pokazatelja kakvoće vode rijeke Drave za prosinac, 2017.

prosinač, 2017.					
SKUPINE POKAZATELJA	POKAZATELJI	PROFILI			
		DRAVA Donji Miholjac	DRAVA Bistrinci	DRAVA Višnjevac	DRAVA Prije utoka u Dunav (1,4 rkm)
FIZIKALNO- KEMIJSKI	pH	7,9	8,0	8,0	8,4
	Električna vodljivost ( $\mu\text{S/cm}$ )	301	310	315	307
	Mutnoća (mg/L SiO <sub>2</sub> ) NTU	1,5	1,8	2,1	2,0
REŽIM KISIKA	KPK (KMnO <sub>4</sub> ) (mg O <sub>2</sub> /L)	5,8	3,0	3,1	3,1
	BPK <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	1,8	2,3	2,3	1,9
HRANJIVE TVARI	Ukupni fosfor (mg P/L)	0,0801	0,0708	0,0705	0,0700
	Ukupni dušik (mg N/L)	1,1721	1,1555	1,1154	1,1133

Tablica 9. Klasifikacija vode na temelju vrijednosti pokazatelja kakvoće vode iz Tablice 8  
(Uredba o klasifikaciji voda, NN 77/98)

prosinač, 2017.									
SKUPINE POKAZATELJA	POKAZATELJI	PROFILI							
		DRAVA Donji Miholjac		DRAVA Bistrinci		DRAVA Višnjevac		DRAVA Prije utoka u Dunav (1,4rkm)	
FIZIKALNO- KEMIJSKI	pH	I	I	I	I	I	I	I	I
	Električna vodljivost ( $\mu\text{S/cm}$ )	I	I	I	I	I	I	I	I
REŽIM KISIKA	KPK(KMnO <sub>4</sub> ) (mg O <sub>2</sub> /L)	II	II	I	II	I	II	I	II
	BPK <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	II		II		II		II	
HRANJIVE TVARI	Ukupni fosfor (mg P/L)	I	II	I	II	I	II	I	II
	Ukupni dušik (mg N/L)	II		II		II		II	

## 5. RASPRAVA

U radu su ispitivani parametri kvalitete vode rijeke Drave na četiri različite lokacije tijekom rujna, studenog i prosinca 2017. godine. Na osnovu dobivenih rezultata napravljene su klasifikacijske tablice pokazatelja kakvoće vode prema Uredbi o klasifikaciji voda, NN 77/98.

Iz dobivenih rezultata mjerenja pH vrijednosti, za sva tri mjeseca na svim mjernim mjestima vrijednosti su se kretale između 7,9 i 8,5 pH. Ove vrijednosti su u granicama za vode I vrste, koje se kreću od 6,5 do 8,5 pH.

Najveća električna vodljivost vode izmjerena je u rujnu, te se tijekom studenog i prosinca postepeno smanjivala. Rezultate ovakve vodljivosti može se povezati s količinom oborina, koje razrjeđuju riječnu vodu i smanjenu količinu otopljenih tvari u vodi, osobito anorganskih koje utječu na električnu provodljivost. Izmjerene vrijednosti za sva mjerna mjesta u tijeku sva tri mjeseca, kretale su se od 301 do 422  $\mu\text{S}/\text{cm}$  i nisu prelazile 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , što je vrijednosti za električnu vodljivost voda I vrste.

Iz rezultata određivanja mutnoće na svim lokacijama za sva tri mjeseca, utvrđeno je da se vrijednosti kreću od 0,5 do 2,1 NTU, a dozvoljena mutnoća za pitku vodu je 4 NTU. Najmanja mutnoća je bila tijekom rujna, da bi se tijekom studenog i prosinca povećala, što također možemo povezati s kišnim periodom, kada povećane količine oborina u pravilu izazivaju zamućenja rijeka.

Rezultati određivanja kemijske potrošnje kisika ukazuje na to da je KPK tijekom rujna bila najveća u uzorku kod Višnjevca i iznosila je 5,9 mg  $\text{O}_2/\text{L}$ , a najniža kod Bistrinaca gdje je rezultat bio 3,9 mg  $\text{O}_2/\text{L}$ . Prema ovim rezultatima kvaliteta vode bi bila I i II vrste, gdje se dozvoljene vrijednosti kreću od 4 do 8 mg  $\text{O}_2/\text{L}$ . U studenom najveća kemijska potrošnja kisika je bila kod Aljmaša prije utoka Drave u Dunav, a iznosila je 3,8 mg  $\text{O}_2/\text{L}$  i prema tom rezultatu voda Drave je u I kvalitetnoj grupi, jer dozvoljena koncentracija je  $< 4$  mg  $\text{O}_2/\text{L}$ . U prosincu najveća KPK vrijednost određena je u uzorku kod Donjeg Miholjca 5,8 mg  $\text{O}_2/\text{L}$ , prema kojoj voda spada u II vrstu kvalitete.

Kod određivanja biokemijske potrošnje kisika iz rezultata je vidljivo da je najveća BPK<sub>5</sub> vrijednost određena u rujnu kod Višnjevcu 4,9 mg  $\text{O}_2/\text{L}$  i prema tom rezultatu to je voda III vrste. Sve ostale izmjerene vrijednosti za sva tri mjeseca na svim mjernim mjestima određuju vodu Drave kao vodu I i II vrste, gdje su dozvoljene vrijednosti do 4 mg  $\text{O}_2/\text{L}$ . Ovakvo pojedinačno odstupanje može biti uzrokovano nekontroliranim ispuštanjem otpadne vode nekih od privrednih subjekata na tom području.

Od hranjivih tvari u površinskim vodama najzastupljenije su ukupni fosfor i dušik. Najveća koncentracija ukupnog fosfora izmjerena je kod Višnjevca u rujnu i iznosila je 0,2151 mg P/L, što vodu određuje kao vodu II vrste, gdje su dozvoljene vrijednosti od 0,10 do 0,25 mg P/L. Tijekom rujna i na ostalim mjernim mjestima koncentracija fosfora određivala je vodu kao vodu II vrste. Sve ostale izmjerene koncentracije fosfora u studenom i prosincu bile su < 0,10 mg P/L, što je karakteristično za vode tekućice I vrste.

Koncentracije ukupnog dušika najveće su bile tijekom rujna i kretale su se od 1,7385 do 2,2955 mg N/L, a najveća je izmjerena kod Višnjevca 2,2955 mg N/L. Tijekom studenog i prosinca izmjerene koncentracije su bile niže i kretale su se od 1,0531 do 1,4485 mg N/L. Sve izmjerene koncentracije dušika određuju vodu kao vodu II vrste, gdje su dozvoljene koncentracije dušika od 1,0 do 3,0 mg N/L.

## 6. ZAKLJUČAK

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

- prema fizikalno-kemijskim pokazateljima kakvoće vode; pH, električne provodljivost i mutnoća, kakvoća vode rijeke Drave na mjestima uzorkovanja tijekom ispitivanog perioda, pokazuje da zadovoljava određene parametre za vode I vrste
- prema skupini pokazatelja kakvoće vode vezano za režim kisika; KPK i BPK<sub>5</sub>, kakvoća vode rijeke Drave na mjestima uzorkovanja varira ovisno o godišnjem dobu, od I do III kvalitetne vrste
- prema izmjerenim vrijednostima hranjivih tvari za ukupni fosfor i ukupni dušik, dravska voda pripada u I i II kvalitetnu skupinu
- promatrajući ukupne ispitivane parametre, rijeka Drava od Donjeg Miholjca do utoka u Dunav zadovoljava sve zakonski propisane parametre o kvaliteti površinskih voda
- pojedine povećane koncentracije onečišćujućih tvari treba češće pratiti i utvrditi izvore onečišćenja
- iz dobivenih rezultata je vidljivo da voda rijeke Drave na ispitivanom području uglavnom zadovoljava cilj nacionalne strategije zaštite voda i zadržavanje rijeke Drave unutar granica II vrste voda, da bi se nakon postupka pročišćavanja voda mogla koristiti za piće i u industriji, što je analiziranjem i potvrđeno

## LITERATURA

### Knjige:

1. Crnogorac, Č. (2005) *Geografske osnove zaštite životne sredine*. Banja Luka: PMF
2. Petrić, H. (2012) *Pogranična društva i okoliš: Varaždinski generalat i Križevačka županija u 17. stoljeću*. Zagreb: Društvo za hrvatsku ekonomsku povijest i eko-historiju
3. Tedeschi, S. (1997) *Zaštita voda*. Zagreb: Hrvatsko društvo građevinskih inženjera
4. Veljković, N. (2008) *Indikatori održivog upravljanja sistemima za vodoopskrbu i odvođenje otpadnih voda*. Beograd: Agencija za zaštitu životne sredine
5. Vučijak, B. et al. (2011) *Voda za život: osnove integralnog upravljanja vodnim resursima*. Sarajevo: Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu

### Pravni izvori:

1. Narodne novine, (1999) *Državni plan za zaštitu voda*. Zagreb: Narodne novine d.d. NN 8/99
2. Narodne novine, (2013, 2015) *Zakon o vodi za ljudsku potrošnju*. Zagreb: Narodne novine d.d. NN 56/13,64/15
3. Narodne novine, (1998) *Uredba o klasifikaciji voda*. Zagreb: Narodne novine d.d. NN 77/98

### Mrežne stranice:

1. Anonymous\_1, URL: [http://www.moje-instrukcije.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=894:voda&catid=124&Itemid=146](http://www.moje-instrukcije.com/index.php?option=com_content&view=article&id=894:voda&catid=124&Itemid=146) [pristup: 30.01.2018.]
2. Anonymous\_2, URL: <http://www.drava-life.hr/hr/rijeka-drava/> [pristup: 10.02.2018.]
3. Anonymous\_3, URL: <https://www.moja-djelatnost.hr/ph-metar-zagreb/mettler-toledo-doo/MMxWUHzl>. [pristup: 11.02.2018.]
4. Anonymous\_4, URL: <http://www.instrumentimb.rs/laboratorijska-oprema/elektrohemija/boeco-stoni-konduktometar-model-ct-600/> [pristup: 30.01.2018.]
5. Anonymous\_5, URL: <http://laftech.com.au/product/cod-reactor/> [pristup: 30.01.2018.]

6. Albrecht, A. (2003) Validating riverine transport and speciation models using nuclear reactor-derived radiocobalt. *Journal of Environmental Radioactivity*. Elsevier Science Vol. 66, No. 3, Str. 295-307. URL: [https://www.researchgate.net/publication/10887531\\_Validating\\_riverine\\_transport\\_and\\_speciation\\_models\\_using\\_nuclear\\_reactor-derived\\_radiocobalt?ev=auth\\_pub](https://www.researchgate.net/publication/10887531_Validating_riverine_transport_and_speciation_models_using_nuclear_reactor-derived_radiocobalt?ev=auth_pub) [pristup: 31.01.2018.]
7. Biondić, D. (2009) *Strategija upravljanja vodama*. Zagreb: Hrvatske vode, URL: [http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/strategija\\_upravljanja\\_vodama.pdf](http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/strategija_upravljanja_vodama.pdf) [pristup: 30.01.2018.]
8. Bobić, V. (2005) Onečišćenje tla naftnim ugljikovodicima – bioobnova: mogućnosti, učinkovitost, iskustva. *Goriva i maziva*. Vol. 44, No. 1, Str. 9–34. URL: <https://hrcak.srce.hr/6962> [pristup: 30.01.2018.]
9. Energetske transformacije, URL: [http://www.powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=ENERGETSKE\\_TRANSFORMACIJE](http://www.powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=ENERGETSKE_TRANSFORMACIJE) [pristup: 30.01.2018.]
10. Ivoš, Š. (1953) O vodi njezinom značenju za život zdravlje i produkciju. *Mljekarstvo: časopis za unapređenje proizvodnje i prerade mlijeka*. Vol. 3, No 11. Str. 261-263. URL: <https://hrcak.srce.hr/file/113304> [pristup: 30.01.2018.]
11. Jerković, M. (2015). *Izrada matematičkog modela Rijeke Drave na dionici od 00+543 do 69+118 – kvaliteta vode*. Osijek: Sveučilište Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet u Osijeku, URL: <https://repozitorij.gfos.hr/islandora/object/gfos%3A579/datastream/PDF/view> [pristup: 31.01.2018.]
12. Kraške ponornice u Hrvatskoj. URL: [http://hr.metapedia.org/wiki/Kra%C5%A1ke\\_ponornice\\_u\\_Hrvatskoj](http://hr.metapedia.org/wiki/Kra%C5%A1ke_ponornice_u_Hrvatskoj) [pristup: 30.01.2018.]
13. Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture (n.d.) *Unutarnja plovidba*. URL: <http://www.mppi.hr/default.aspx?id=887> [pristup: 30.01.2018.]
14. Musić, V. et al. (2011) *Hrvatske vode i izvješćivanje o kakvoći voda prema nacionalnim propisima i zahtjevima Europske unije*. Hrvatske vode. No. 76, Str. 94. URL: [http://www.voda.hr/sites/default/files/pdf\\_clanka/hv\\_76\\_2011\\_93-100\\_music-et-al.pdf](http://www.voda.hr/sites/default/files/pdf_clanka/hv_76_2011_93-100_music-et-al.pdf) [pristup: 30.01.2018.]
15. Orešić, D. (2003) *Ima li dovoljno vode za sve?* URL: <http://www.geografija.hr teme/ima-li-dovoljno-vode-za-sve/> [pristup: 31.01.2018.]

16. Pivac, D. (2014) *GIS rijeka Hrvatske*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, URL: [https://bib.irb.hr/datoteka/703156.GIS\\_rijeka\\_Hrvatske.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/703156.GIS_rijeka_Hrvatske.pdf) [pristup: 31.01.2018.]
17. Režek, D. (2003) Hidroelektrane na Dravi. *Građevinar*. Vol. 55, No 11. Str. 647-653. URL: <https://hrcak.srce.hr/file/16644> [pristup: 30.01.2018.]
18. Rijeke Hrvatske (n.d.) *Što je rijeka*. URL: <https://crorivers.com/sto-je-rijeka/> [pristup: 30.01.2018.]
19. Shiklomanov, I. A. (1998) Global renewable water resources. *International hydrological programme*. No. 18, Str. 6. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001121/112192Mb.pdf> [pristup: 30.01.2018.]
20. Vitale, K. et al. (2002) Waters in Croatia between practice and needs: public health challenge. *Croatian Medical Journal*. Vol. 43, No. 4, Str. 85-492.  
URL:  
<https://www.google.hr/search?q=1.%09Waters+in+Croatia+between+practice+and+needs%3A+public+health+challenge.+Croatian+Medical+Journal&sa=Traži&client=pub-3538915572409149&forid=1&channel=2333558776&ie=UTF-8&oe=UTF-8&cof=GALT%3> [pristup: 31.01.2018.]
21. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (2017) *Progress in Drinking-water and Sanitation*. URL: [www.unicef.org](http://www.unicef.org) [pristup: 30.01.2018.]
22. Voda za život (n.d.) *Sveukupna slatka voda na kopnu*. URL: [http://www.os-22lipnja-sk.skole.hr/predmetnastava/inf/voda\\_za\\_ivot](http://www.os-22lipnja-sk.skole.hr/predmetnastava/inf/voda_za_ivot) [pristup: 30.01.2018.]



## **POPIS SLIKA, TABLICA I KRATICA**

### **POPIS SLIKA**

- Slika 1. Sveukupna slatka voda na kopnu
- Slika 2. Što je rijeka
- Slika 3. Veći podotoci i slivovi na području Hrvatske
- Slika 4. Hrvatski plovni putevi
- Slika 5. Mjesta uzorkovanja vode rijeke Drave
- Slika 6. pH metar
- Slika 7. Konduktometar
- Slika 8. Turdibimetar
- Slika 9. COD reaktor za određivanje KPK

### **POPIS TABLICA**

- Tablica 1. Obnovljivi resursi i raspoloživa voda po kontinentima
- Tablica 2. Dopuštene granične vrijednosti pokazatelja za pojedine vrste voda
- Tablica 3. Metode određivanja kemijskih parametara otpadnih voda
- Tablica 4. Vrijednosti pokazatelja kakvoće vode rijeke Drave za rujun 2017
- Tablica 5. Klasifikacija vode na temelju vrijednosti pokazatelja kakvoće vode iz Tablice 4
- Tablica 6. Vrijednosti pokazatelja kakvoće vode rijeke Drave za studeni 2017
- Tablica 7. Klasifikacija vode na temelju vrijednosti pokazatelja kakvoće vode iz Tablice 6
- Tablica 8. Vrijednosti pokazatelja kakvoće vode rijeke Drave za prosinac 2017
- Tablica 9. Klasifikacija vode na temelju vrijednosti pokazatelja kakvoće vode iz Tablice 8

## POPIS KRATICA

WHO/UNICEF - United Nations International Children's Emergency Fund, *fond Ujedinjenih nacija za djecu*

URL - Uniform Resource Locator, *adresa web stranice u online svijetu*

NN - Narodne novine

EDTA - etilendiamintetraacetatna kiselina

KPK - kemijska potrošnja kisika

BPK<sub>5</sub> - biokemijska potrošnja kisika

°C - stupanj Celzijev

npr. - na primjer

g - gram

mg - miligram

ml - mililitar

km<sup>2</sup> – kilometar kvadratni

rkm - riječni kilometar

min. - minimum

max. - maksimum

## IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, **Lea Dravinac**, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog / diplomskog rada pod naslovom **Kvaliteta vode rijeke Drave** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 21.12.2018.

Lea Dravinac