Utjecaj varijacija protoka na raspodjelu koncentracija hranjivih tvari u rijeci Jadro

Jukić, Antonija

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:812334

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split







SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

Antonija Jukić

Split, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Antonija Jukić

Utjecaj varijacija protoka na raspodjelu koncentracija hranjivih tvari u rijeci Jadro

Diplomski rad

Split, 2018.

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE SPLIT
STUDENTI
Primljeno: 20.08.2018.
Org.jed. | Broj | Prilog
02 | 124/23 |

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Antonija Jukić

BROJ INDEKSA: 636

KATEDRA: **Katedra za privrednu hidrotehniku**

PREDMET: Integralno upravljanje vodnim resursima

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Utjecaj varijacija protoka na raspodjelu koncentracija hranjivih tvari u rijeci Jadro

Opis zadatka:

Kandidatkinja je zadužena za prikupljanje svih dostupnih podataka o slivu rijeke Jadro, te mora sudjelovati u osmišljavanju i provođenju analize stanja istog u kontekstu Okvirne direktive o vodama. U ovom diplomskog radu potrebno je napraviti analizu varijacija protoka za različite godine, usporedbu mjerenih podataka koncentracije hranjivih tvari ishođenih od strane Hrvatskih voda s proračunatim krivuljama trajanja protoka i opterećenja za predmetne vremenske periode. Kandidatkinja također treba napraviti procjenu unosa hranjivih tvari (ukupni dušik i ukupni fosfor) na području sliva u skladu s adekvatnom literaturom, te provjeriti jeli vodno tijelo u riziku. Finalno, kandidatkinja mora u skladu s odabranom i testiranom teorijskom funkcijom distribucije koncentracije napraviti niz scenarija za različite raspone potencijalnih opterećenja vodotoka, kako bi procijenila vjerojatnost prekoračenja graničnih koncentracija hranjivih tvari s obzirom na varijacije protoka.

U Splitu, 15.04.2018.

Mentor: Prof.dr.sc. Roko Andričević

Komentor: dr.sc. Morena Galešić

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Veljko Srzić

Utjecaj varijacija protoka na raspodjelu koncentracija hranjivih tvari u rijeci Jadro

Sažetak:

Ovim diplomskim radom analizirana je korelacija protoka u ljetnom periodu godine koji se smatra kritičnim. Za ljetne sezone analiziran je utjecaj potencijalnog opterećenja koje bi izazvalo granična stanja koncentracija nutrijenata (BPK_5, N i P). U razmatranje je uzeto razdoblje od 2010. – 2016. kako bi se prikazale varijacije protoka u uzastopnom nizu godina. Nakon prikupljanja svih dostupnih podataka o slivu rijeke Jadro, osmišljena je i provedena analiza vodnog stanja u kontekstu Okvirne direktive o vodama.

Provedena analiza je obuhvaćala statističku obradu, te određivanje i testiranje teorijske distribucije koncentracije hranjivih tvari. U sklopu analize napravljena je i procjena unosa hranjivih tvari na području sliva, te je provjereno da li je vodno tijelu u riziku. Proračunate su krivulje trajanja opterećenja na kojima su prikazana točkasta opterećenja dobivena iz mjerenih podataka za 2014. i 2015. godinu.

Ključne riječi:

monitoring, rijeka Jadro, analiza rizika,funkcija gustoće vjerojatnosti, kumulativna funkcija gustoće, hidrogram, TMDL, koncentracija, opterećenje, vjerojatnost, prekoračenje

Flow variation impact on the distribution of concentrations nutrients in the river Jadro

Abstract:

This thesis analyzes the correlation of the flow in the summer period of the year which is considered critical. For the summer season, the impact of potential loads that would cause threshold conditions of nutrient concentrations (BPK5, N and P) was analyzed. The period from 2010. to 2016. was taken into account in order to show fluctuations in the successive series of years. After collecting all available data on the Jadro river basin, an analysis of the water status in the context of the Water Framework Directive has been developed and carried out.

The carried out analysis included statistical processing, determination and testing of theoretical distributions of nutrient concentration. As part of the analysis, an estimate of nutrient inputs in the area of the basin was made, and it was checked whether the water body was at risk. Load curves are calculated showing the exact loads obtained from measured data for 2014 and 2015.

Keywords:

monitoring, Jadro river, risk analysis, probability density function, cumulative density function, hydrogram, TMDL (Total Maximum Daly Load), concentracion, load, probability, survival function

Zahvala

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Roku Andričeviću na susretljivosti i stručnoj pomoći.
Veliku zahvalnost dugujem svojoj komentorici dr.sc. Moreni Galešić, koje mi je pomogla svojim savjetima pri izradi ovog diplomskog rada i što je imala strpljenja i vremena za mene.
Također, zahvaljujem se svim svojim prijateljicama i prijateljima, koji su uvijek bili uz mene i koji su mi pomogli pri izradi ovog rada.
Posebnu zahvalnost iskazujem svojoj cijeloj obitelj koja me je uvijek podržavala i upućivala na pravi put.
Najveću zaslugu za moje postignuće pripisujem svojim roditeljima, koji su uvijek bili TU, uz mene i bez kojih sve ovo ne bi bilo moguće.

Veliko HVALA svima!

S a d r ž a j

1. UVOD 1

1.1. Okvirna direktiva o vodama (Water Framework Directive - WFD) 1

1.1.1. Ključna načela EU Direktive 5

1.1.2. Glavne akcije ODV 6

1.2. Upravljanja vodama u RH 7

1.3. Stanje voda 10

1.4. Monitoring (Program usklađenja monitoringa) 13

1.5. Program mjera 16

2. KONCEPT DIPLOMSKOG RADA 18

2.1. Motivacija 18

2.2. Ciljevi rada 19

3. RIJEKA JADRO 20

3.1. Povijesni značaj rijeke Jadro 20

3.2. Općenito o rijeci Jadro 21

3.3. Hidrološke značajke rijeke Jadro 24

3.4. Hidrogeološka svojstva slivnog područja 26

3.4.1. Fliš 27

3.5. Analiza vodnog tijela rijeke Jadro 29

3.5.1. Identifikacija vodnih tijela 29

3.5.2. Zone sanitarne zaštite 30

3.5.3. Klasifikacija voda prema Uredbi o klasifikaciji voda 31

4. METODOLOGIJA 32

4.1. Protok rijeke Jadro 34

4.1.1. Toplinski udar 2003. godine 36

4.2. Hidrogram protoka 38

4.3. Krivulja trajanja protoka 38

4.4. Odabir teorijske funkcije distribucije koncentracije opterećenja 40

4.4.1. Procjena koncentracije za primjerno opterećenje L od 100 kg/dan 40

4.4.2. Definiranje teorijske raspodjele koncentracije 42

4.4.3. Kolmogorov- Smirnovljev test 46

4.5. TMDL pristup 48

4.5.1. Krivulja Trajanja Protoka i Krivulja Trajanja Opterećenja 48

4.5.2. TMDL analiza vodotoka rijeke Jadro za 2014. i 2015. godinu 50

4.5.3. Usporedba mjerenih koncentracija i krivulja trajanja opterećenja 53

4.6. Procjena rizika preko definicije o vodnim tijelima 57

4.6.1. Procjena rizika za potencijalne scenarije (rizik vodnog tijela, krivulje vj. prekoračenja) 58

4.6.2. Kategorizacija rizika 58

4.6.3. Analiza opterećenja 59

4.6.4. Procjena rizika za tromjesečje 2003. i 2016. godine 62

4.6.5. Rezultati procjene rizika 65

4.7. Analize vjerojatnosti prekoračenja graničnog opterećenja za različite raspone opterećenja 70

4.7.1. Rezultat analize vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti pokazatelja za opterećenje L= 100kg/dan, 2003. godina 70

4.7.2. Rezultat analize vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti pokazatelja za opterećenje L= 100kg/dan, 2016. godina 74

4.7.3. Rezultati analize vjerojatnosti prekoračenja graničnih vrijednosti pokazatelja za raspon opterećenja 75

5. ZAKLJUČAK I BUDUĆE SMJERNICE 78

6. LITERATURA 80

7. PRILOZI 83

7.1. Prilozi obrade protoka sa mjerne postaje Majdan 84

7.1.1. Obrada protoka za 2003. godinu 84

7.1.2. Obrada protoka za 2010. godinu 85

7.1.3. Obrada protoka za 2011. godinu 86

7.1.4. Obrada protoka za 2012. godinu 87

7.1.5. Obrada protoka za 2013. godinu 88

7.1.6. Obrada protoka za 2014. godinu 89

7.1.7. Obrada protoka za 2015. godinu 90

7.1.8. Obrada protoka za 2016. godinu 91

7.2. Vodna tijela rijeke Jadro i njihova stanja 92

7.2.1. Vodno tijelo JKRN0067_001, Jadro 92

7.2.2. Vodno tijelo JKRN0302_001, Ozrnski potok 94

7.2.3. Stanje priobalnog vodnog tijela 96

7.2.4. Stanje prijelaznih vodnih tijela 96

7.2.5. Stanje tijela podzemne vode JKGI_11 – CETINA 96

7.3. Kolmogorov – Smirnovljev test 97

7.4. Nadzorni i operativni monitoring prijelaznih i priobalnih voda 2014_2015 98

7.4.1. Tip vode i podaci o postajama 100

7.4.2. Podaci o N_{tot} i P_{tot} korišteni za proračun 101

7.5. Topografske granice dalmatinskih slivova 102

1. UVOD

„Voda nije komercijalni proizvod kao neki drugi, nego je naslijeđe koje treba čuvati, zaštititi i shodno tome postupati."

(DIREKTIVA 2000/60/EC, Izdanja I. sv. 2)

1.1. Okvirna direktiva o vodama (Water Framework Directive - WFD)

Okvirna direktiva o Vodama (WFD 2000/60/EC) Europskog Parlamenta i Vijeća kojom se uspostavlja okvir za djelovanje Europske zajednice na području politike upravljanja voda, ukratko Okvirna Direktiva o vodama EU-a, usvojena je 23. listopada 2000. godine.

Okvirna direktiva o vodama (skraćeno ODV) je najznačajniji dio EU zakona o vodi koji pruža opsežan pregled vodnih ekosustava i upravljanja vodom s krajnjim ciljem da se poboljša i integrira način na koji se upravlja vodnim tijelima, te u konačnici da se postigne *dobar vodni status* [1]svih vodnih tijela u državama članicama EU.

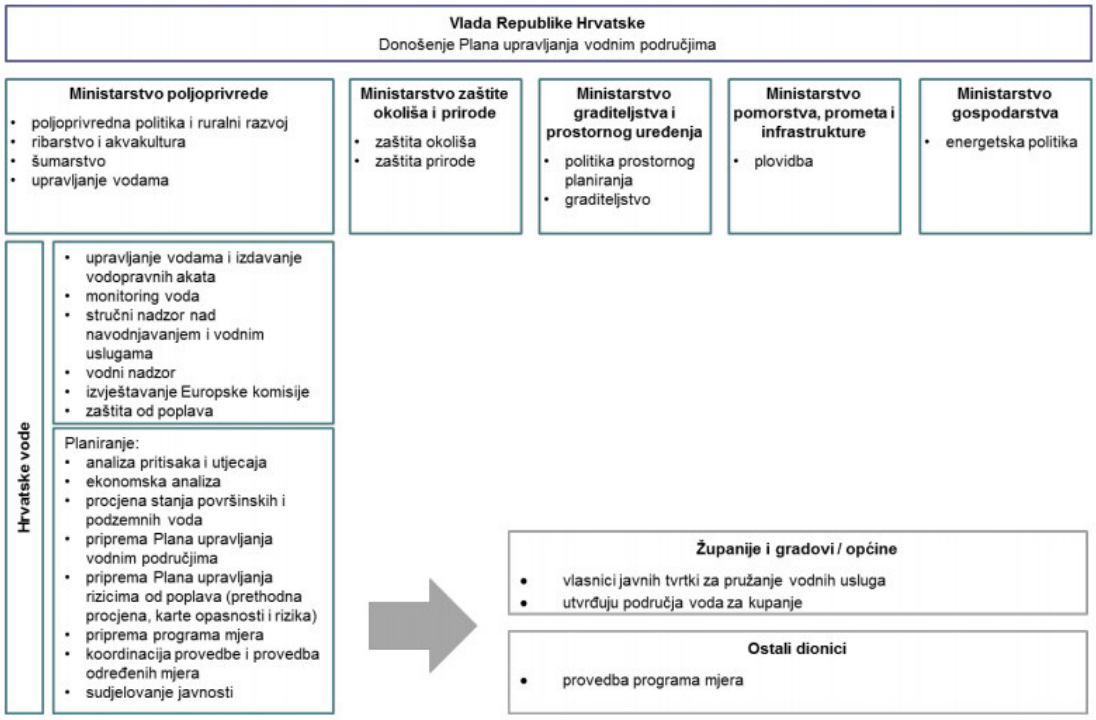
Države članice Europske unije, Norveška i Europska Komisija razvile su zajedničku strategiju za podršku implementacije Direktive 2000/ 60/ EC kojom se uspostavlja okvir za djelovanje Zajednice na području politike voda (Zajednička strategija implementacije (CIS-Common Implementation Strategy) Okvirne direktive o vodama (WFD- Water Framework Directive)). Glavni cilj ove strategije je da se omogući dosljedna i skladna implementacija Okvirne direktive. Naglasak je na metodološkim pitanjima povezanim sa zajedničkim razumijevanjem tehničkih i znanstvenih implikacije Okvirne direktive o vodama.

U kontekstu te zajedničke strategije provedbe (CIS[2]), uspostavljeno je niz radnih skupina i zajedničkih aktivnosti radi izrade i testiranja pravno neobvezujućih Vodiča. Strateška koordinacijska skupina nadgleda rad tih radnih skupina i podnosi izvještaj izravno dužnosnicima odgovornima za vodnu politiku država članica Europske unije i Komisije koji imaju ulogu glavnog tijela nadležnog za donošenje odluka o Zajedničkoj strategiji provedbe.

[1] Dobar vodni status se dodjeljuje vodnom tijelu kada to vodno tijelo ima dobar ekološki i kemijski status za površinske vode, te kemijsko i količinsko stanje za podzemne vode.
[2] CIS, Common Implementation Strategy

Kao rezultat četverogodišnjih rasprava koje su pokrenuli dužnosnici odgovorni za vodnu politiku uz pomoć Skupine za izradu dokumenata, izrađeno je nekoliko dokumenata za identificiranje nekih ključnih pitanja i davanje preporuka vezanih uz ciljeve zaštite okoliša i iznimke. Sav taj rad je objedinjen u jednom konsolidiranom dokumentu koji daje cjelovit pregled pitanja ciljeva zaštite okoliša i iznimaka. Vodiči će biti od posebne koristi stručnjacima ili voditeljima projekta koji rade za državne organizacije u Hrvatskoj.

Hrvatske vode (HV) su tijelo nadležno za upravljanje vodama u Hrvatskoj pod okriljem Ministarstva poljoprivrede s Direkcijom u Zagrebu i šest regionalnih odjela širom zemlje. Hrvatske vode su glavno tijelo odgovorno za provedbu ODV-a u Hrvatskoj, uključujući i izradu Planova upravljanja vodnim područjima za čitavu Hrvatsku. [1]



Slika 1. Organigram ključnih tijela za upravljanje vodama i izradu Plana upravljanja vodnim područjima (Hrvatske vode, travanj 2015.) [2]

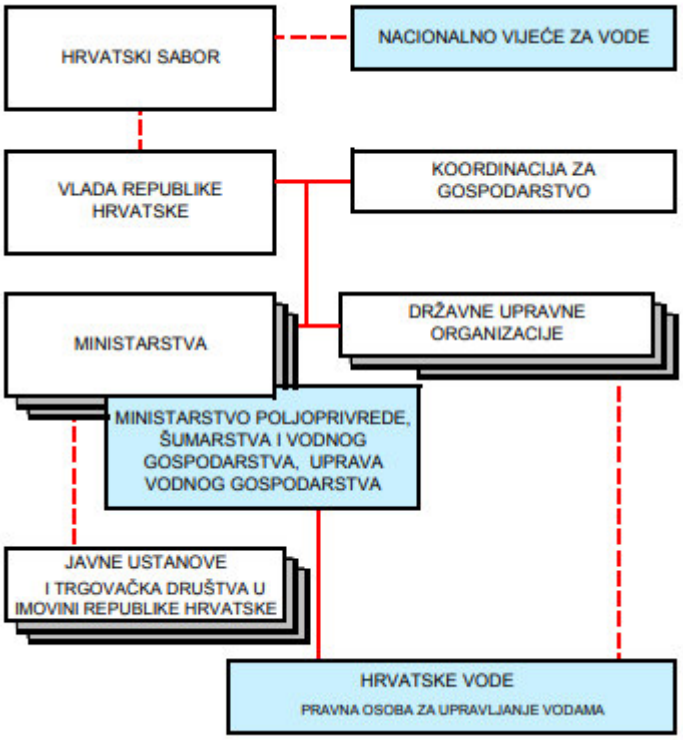
Cilj uvođenja Okvirne direktive je integriranje svih aspekata vodnog okoliša u svrhu djelotvornosti i održivosti istog, a svrha je da uspostavi okvir za zaštitu europskih voda kako bi članice EU-e postigle „dobar vodni status“.

S razvojem integriranog upravljanja vodom u zemalja diljem svijeta raste svijest o korištenju vode i povećanoj svijesti o korelaciji vodenih sistema s ostalim fizičkim i društveno-ekonomskim sustavima, te je na taj način oblikovana sustavna namjera Okvirne direktive.

S obzirom da Direktiva ima naglasak na riječi „okvirna“, služi za uspostavljanje uspješne i učinkovite zaštite vode na lokalnoj razini na način da pruža zajednički pristup i zajedničke ciljeve. Međutim, mehanizmi i specifične mjere potrebne za postizanje „dobrog stanja“ ostavljeni su na odluku i odabir svakoj državi članici EU-e i bit će odgovornost nadležnih vlasti imenovanih na razini države.

Ovlašteni i odgovorni nositelji tih aktivnosti jesu: Hrvatski sabor, Nacionalno vijeće za vode, Vlada Republike Hrvatske, Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva i druga tijela državne uprave, jedinice lokalne i regionalne (područne) samouprave, te Hrvatske vode kao pravna osoba za upravljanje vodama.

Nacionalno vijeće za vode, imenovano od strane Hrvatskog sabora, osnovano je sa zadatkom usklađivanja različitih interesa i razmatranja sustavnih pitanja iz područja upravljanja vodama na najvišoj razini.



Slika 2. Upravljanje vodama u državnom ustroju (Zakona o vodama (»Narodne novine«, br. 107/95. i 150/05.)) [3]

Direktiva nudi integrirani i koordinirani pristup upravljanja vodama u Europi temeljen na konceptu planiranja slivnih područja. Shvaćanje da se slivna područja razlikuju u društveno-političkim i prirodnim aspektima dovelo je do promjene u razmatranju menadžmenta slivnih područja i sistemskog razmišljanja.

Direktiva uključuje istovremeno i površinske i podzemne vode, pri čemu površinske vode uključuju rijeke i jezera (kopnene vode), kao i obalne i prijelazne vode (npr. estuariji). ODV predviđa jasan plan za postizanje dobrog statusa svih *vodnih tijela*[3] (*Slika 3. Prikaz podjele rijeke na vodna tijela*).

Počinje sa karakterizacijom površinskih i podzemnih vodenih sistema i naposljetku rezultira s opsežnim planom za upravljanje riječnim slivom koji se sastoji od detaljnih postupaka za postizanje dobrog vodnog statusa.

Temeljne točke za osiguranje održivog upravljanja riječnim slivom:

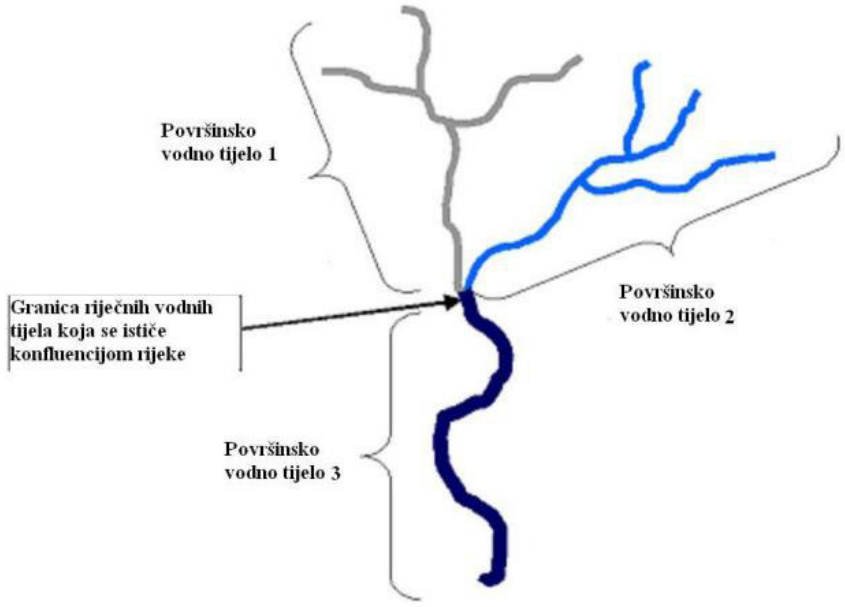
- Prvo, morate znati točno gdje se nalaze problemi
- Drugo, morate slijediti ekonomska načela
- I treće, javnost mora biti uključena [3]

U skladu s teorijom sustava stavljajući naglasak na interakcije i međuovisnost unutar sustava koji čini funkcionalnu cjelinu, potrebno je razumijevanje odnosa između zemlje i vode pod različitim društveno- ekonomskim pokretačima u upravljanju vodnim resursima.

Putem ODV (WFD) zajedno sa Strategijom implementacije (CIS) rekurzivni proces privremenog cilja i revizija na temelju naučenog, ODV je uvela eksperimentalni pristup upravljanja vodom nudeći mnogo više fleksibilnosti nego kod prethodnih direktiva i mogućnosti za kontinuiranu politiku učenja i prilagodbe izbora koji su dostupni državama članicama. Za razliku od bilo koje druge direktive o okolišu koja propisuje specifične ciljeve, ODV nije ciljno utemeljeno zakonodavstvo, a jedini značajni izuzetak je da sadašnja vodna tijela ne dožive pogoršanje statusa iz prvog u drugi razred. Umjesto toga, postavlja specifične operativne i tehničke obveze provedbe za države članice koje bi mogle biti upućene Sudu pravde Europske unije ako te iste obveze nisu ispravno slijedili.

ODV se promatra kao prva Europska Direktiva koja se usredotočila na održivosti okoliša i dijelom zbog toga, njeno uvođenje i inovacije stvorili su revolucionarni prestiž za Direktivu, koji se smatra potencijalom i vodičem za buduće propise o zaštiti okoliša. [4]

[3] Vodno tijelo mora biti jedinstvena pod-jedinica riječnog sliva (vodnog područja) na koju se odnose ekološki ciljevi Direktive. (Vlada, "Identifikacija vodnih tijela," 2003)



Slika 3. Prikaz podjele rijeke na vodna tijela [5]

1.1.1. Ključna načela EU Direktive

ODV se temelji na 5 ključnih načela:

1. **Cjelovitost**: cijeli vodeni sustav je uzet u obzir na koordiniran način, sinergije [4]su identificirane, a dupliciranje izbjegnuto. Vodni sustav uključuje podzemnu vodu, površinsku vodu i morsku vodu.
2. **Integrirani pristup**: povezuje se s drugim sektorima, kao što su agronomija i prostorno uređenje.
3. **Transparentnost**: sudjelovanje javnosti i savjetovanje je središnji predmet.
4. **Ekonomski pristup:** ekonomičnost mjera i učinkovita uporaba vode kroz odgovarajuće politike cijene su ključna pitanja.
5. **Ekološki pristup:** sveukupni cilj je postići dobru kvalitetu vodenog tijela. To uključuje dobar ekološki status koji je ocijenjen kroz opsežan biološki monitoring. (Izvor: Dimas, 2007) [6]

[4] Sinergija označuje simultane akcije pojedinaca koje zajedno imaju veći efekt nego suma njihovih pojedinačnih efekata ili jednostavnije (2+2=5)

1.1.2. Glavne akcije ODV

Glavne akcije koje države članice EU moraju poduzeti su:

- Odrediti pojedinačne slivove za svoj državnoj teritoriji i grupirati ih u pojedinačna vodna područja te imenovati nadležna tijela do 2003. godine (Član 3., Član 24.);
- Okarakterizirati vodna područja u skladu sa pritiscima, utjecajima i ekonomskoj analizi korištenja voda, uključujući registar zaštićenih područja unutar pojedinog vodnog područja do 2004. godine (Član 5., Član 6., Aneks II. i Aneks III.);
- Provesti zajedno s Europskom Komisijom među-kalibraciju klasifikacijskih sistema ekološkog statusa do 2006. godine (Član 2(22), Aneks V.);
- Operacionalizirati monitoring mreže do 2006. godine (Član 8.);
- Na osnovu ispravnog monitoringa i analize karakteristika riječnih slivova, uspostaviti do 2009. godine program mjera za postizanje ekoloških ciljeva Okvirne Direktive o Vodama (Član 11., Aneks III.);
- Izraditi i objaviti *Planove upravljanja riječnim slivovima* za svaki pojedini riječni sliv, uključujući određenje jako izmijenjenih vodnih tijela, do 2009. godine (Član 13., Član 4.3);
- Provesti politike cijena vode u svrhu očuvanja održivosti vodnih resursa do 2010. godine (Član 9.);
- Operacionalizirati programe mjera do 2012. godine (Član 11.);
- Provesti programe mjera i postići ekološke ciljeve do 2015. godine (Član 4.). [7]

Zadani ciljevi ODV-a su:

- Zaštita dobrog statusa i restauraciju svih vodnih tijela;
- Sprječavanje pogoršanja statusa, i
- Učinkovito i održivo korištenje voda.

Kao glavni cilj ODV je da sve vode postignu stanje dobrog ili visokog ekološkog statusa. Praćenje je neophodno za procjenu njihovog trenutnog stanja, kako bi se utvrdilo koliko je daleko neko vodno tijelo od dobrog ili visokog ekološkog statusa, što ukazuje na potrebu za upravljanjem u tom procesu. Zbog ekološke varijabilnosti i priznanja o različitostima vodnih tijela (npr. različite vrste estuarija ili laguna), karakteriziraju se različite definicije kvalitete, te se ekološki status ne može standardizirati apsolutno diljem Europe.

1.2. Upravljanja vodama u RH

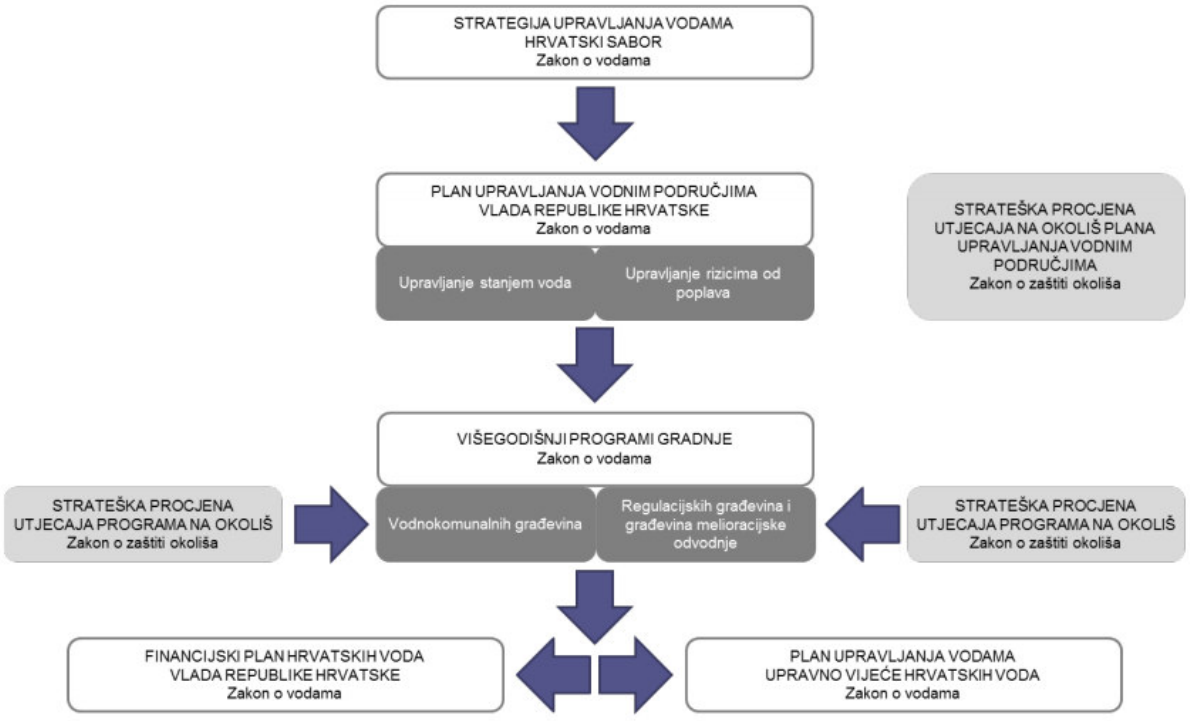
Novi Zakon o vodama na snagu je stupio početkom 1991. godine, a donio je radikalne promjene u organizaciji vodnoga gospodarstva: osnivaju se javna vodoprivredna poduzeća za slivna područja. Prvi Zakon o vodama i Zakon o financiranju vodnog gospodarstva u samostalnoj Republici Hrvatskoj, Hrvatski je sabor donio 1993. godine, a potom 1995. godine.

1996. godine osnivaju se **Hrvatske vode.** Pritom se razdvajaju poslovi upravljanja od djelatnosti građenja, tehničkog i gospodarskog održavanja i slično. Hrvatske vode zadržavaju isključivo poslove javne službe, a za poslove operativnog upravljanja vodama ustrojeni su vodno gospodarski odjeli na svakom od četiri vodna područja te Zagreb.

Usklađivanje vodnog zakonodavstva s pravnom stečevinom Europske unije započelo je donošenjem Zakona o izmjenama i dopunama **Zakona o vodama** i Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva u prosincu 2005. godine.

2008. godine donesen je temeljni strateški dokument vodnoga gospodarstva - **Strategija upravljanja vodama.**

Posljednji planski dokument za upravljanje vodama Vlada je donijela u srpnju 2016. godine, a riječ je o **Planu upravljanja vodnim područjima za razdoblje 2016.-2021.**



Slika 4. Planski dokumenti upravljanja vodama [8]

Odluka o utvrđivanju granica vodnih područja uvažava, osim manjih iznimaka, vododjelnice slivova Save, Drave i Dunava i Jadranskog mora. Kao manje teritorijalne jedinice za upravljanje vodama utvrđena su *slivna područja*[5].

Danas, na području države organizirana su 34 slivna područja kojima upravljaju 32 vodnogospodarske ispostave i Vodnogospodarski odjel za slivno područje Grada Zagreba Hrvatskih voda.



Slika 5. Vodna područja i područja podslivova sa značajnijim vodotocima [8]

Zbog svog položaja, teritorij Republike Hrvatske hidrografski pripada slivu Jadranskog mora i slivu Crnog mora, te prema članku 31. Zakona o vodama podijeljen je na dva vodna područja:

- Vodno područje rijeke Dunav (VPD) i Jadransko vodno područje (JVP).

[5] Slivno područje, u okviru vodnog područja, obuhvaća jedan ili više slivova manjih vodotoka za koje se, zbog povezanosti vodne problematike, izgrađenoga vodnog sustava i gospodarskih uvjeta, osigurava jedinstveno upravljanje vodama.

Granica između vodnih područja na teritoriju Republike Hrvatske prati prirodnu hidrografsko- hidrogeološku vododijelnicu između crnomorskog i jadranskog sliva. Ostale granice vodnog područja su definirane državnom granicom na kopnu, dok je na moru određena crtom razgraničenja priobalnog i otvorenog mora.

Hrvatska je radi svog teritorija dužna regulirati međunarodnu suradnju ugovorima, potpisanim konvencijama i sporazumima iz područja voda koji predstavljaju su dio pravnog okvira za upravljanje vodama u Hrvatskoj. Što se tiče Jadranskog sliva, suradnju regulira Konvencija o zaštiti Sredozemnoga mora od onečišćenja i s njom je vezan Protokol o zaštiti Sredozemnog mora od onečišćenja s kopna.

Vodni sektor je značajan pokretač gospodarstva, osobito kroz pripremu, izgradnju, opremanje, održavanje i pogon vodnih građevina i sustava, što znatno pridonosi društveno-ekonomskom razvoju. [3]

Planiranje upravljanja vodnim područjem je tro stupanjski proces koji uključuje:

- Analizu značajki vodnih područja
- Utvrđivanje značajnih vodnogospodarskih pitanja koja će biti predmet rješavanja u planskom razdoblju 2016. – 2021.
- Određivanje programa mjera za rješavanje utvrđenih vodnogospodarskih pitanja i opravdanje izuzeća za vodna tijela za koja se ne planira dostizanje zadanih ciljeva do kraja planskoga razdoblja

Upravljanje stanjem voda u okviru Plana upravljanja vodnim područjima je strukturirano na način da slijedi logiku i zahtjeve Zakona o vodama, odnosno Okvirne direktive o vodama.

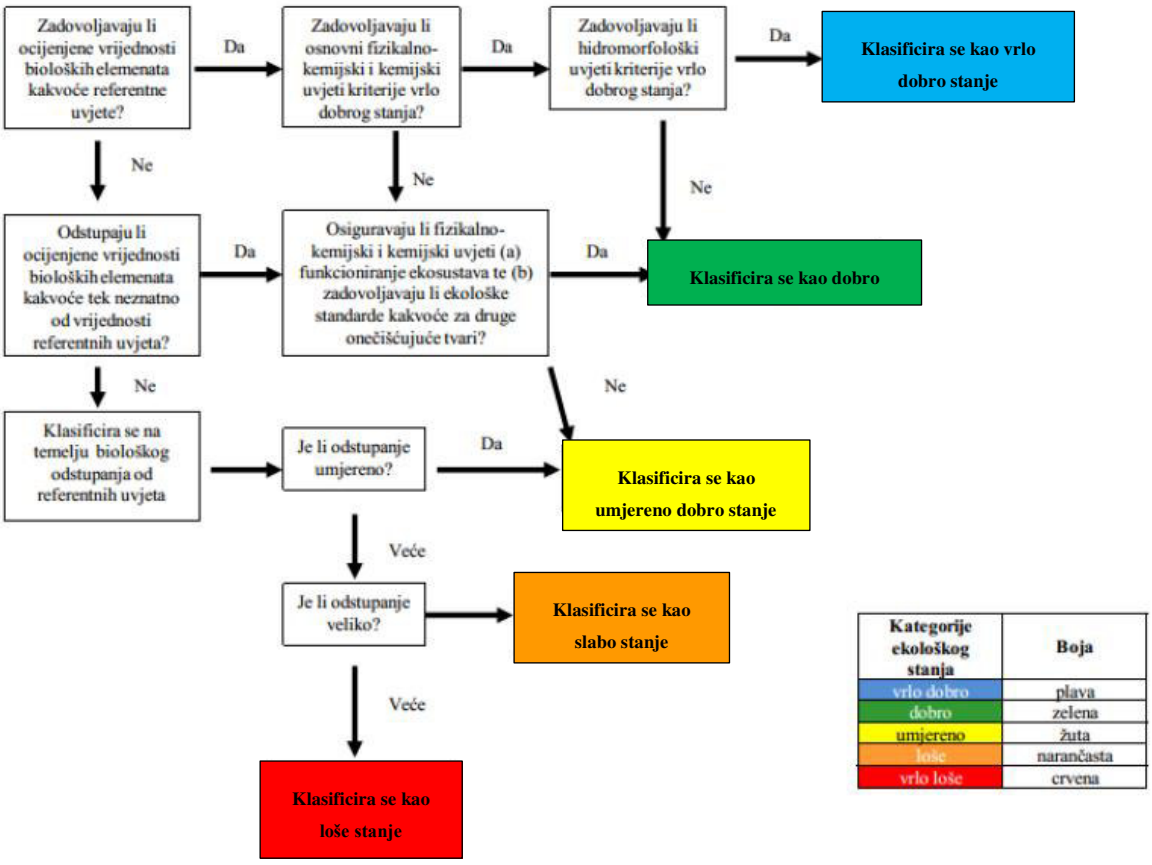
- Za svako vodno područje su prema zahtjevu članka 45. Zakona o vodama posebno provedene analize njegovih značajki i pregled utjecaja ljudskog djelovanja na stanje površinskih voda, uključivo prijelaznih i priobalnih voda, te podzemnih voda.
- Ekonomska analiza korištenja voda provedena je na razini Republike Hrvatske.
- Rezultati analiza značajki vodnih područja, koje uključuju i procjenu stanja površinskih voda, uključivo i prijelaznih i priobalnih voda te podzemnih voda i identifikaciju antropogenih opterećenja i utjecaja na vode analiziraju se na razini vodnih tijela.
- Program investicijskih mjera i program monitoringa razrađeni su po vodnim područjima. Program regulatornih i administrativnih mjera definiran je jedinstveno za čitav državni teritorij. [8]

1.3. Stanje voda

Stanje voda se opisuje na razini vodnih tijela koja predstavljaju osnovne jedinice za analizu značajki i upravljanje kakvoćom voda. Vodna tijela se moraju odrediti na način da se omogući odgovarajući, dovoljno jednoznačan opis ekološkog i kemijskog stanja površinskih voda, odnosno količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda.

Određivanje vodnih tijela počinje analizom prirodnih značajki voda na temelju kojih se, na nekom području, ukupnost voda dijeli na jasno određene, približno prirodno homogene elemente. Glavni element za izdvajanje tijela površinskih voda je njihova tipologija utemeljena na povezanosti biološkim zajednica i abiotičkih značajki površinskih voda. Za izdvajanje tijela podzemnih voda koristi se hidrauličko razgraničenje na temelju prirodnog kemijskog sastava podzemnih voda.

Stanje tijela površinske vode određeno je njegovim ekološkim i kemijskim stanjem, ovisno o tome koja od dviju ocjena je lošija. Ovisno o pojedinačnim ocjenama relevantnih elemenata kakvoće, vodna tijela se klasificiraju u pet klasa ekološkoga stanja: vrlo dobro, dobro, umjereno, loše i vrlo loše.[2]



Slika 6. Relativna uloga bioloških, fizikalno-kemijskih i kemijskih te hidromorfoloških elemenata kakvoće u klasifikaciji ekološkog stanja površinskih voda (prema Uredbi) [9]

Podaci i analize pokazatelja stanja voda ukazuju na činjenicu da su vodni resursi Republike Hrvatske izloženi utjecaju ljudskih aktivnosti. Ljudske djelatnosti opterećuju okoliš i ostavljaju posljedice na kakvoći pojedinih sastavnica okoliša. Na području voda to se opaža u manjem ili većem pogoršanju pojedinih elemenata kakvoće voda, a moguće i trajnom negativnom utjecaju na vode. Utjecajem se smatra ukupna posljedica opterećenja na vodnom okolišu koju nije uvijek lako kvantitativno opisati jer ne postoji jednostavna metoda za iskazivanje kompleksnih utjecaja kao što su nestanak vrsta, fragmentacija staništa i slične dugotrajne promjene u vodnom okolišu.

Monitoring[6] je započeo 2015. godine te je u potpunosti prilagođen potrebama upravljanja vodama čime će se osigurati značajno povećanje pouzdanosti analiza i procjena u narednom planskom razdoblju.

Određene su referentne vrijednosti i granice klasa za odabrane elemente kakvoće za sve tipove rijeka. Neke od vrijednosti su određene na temelju prostornih i povijesnih podataka, ali u velikoj mjeri su određene na temelju ekspertnih procjena.

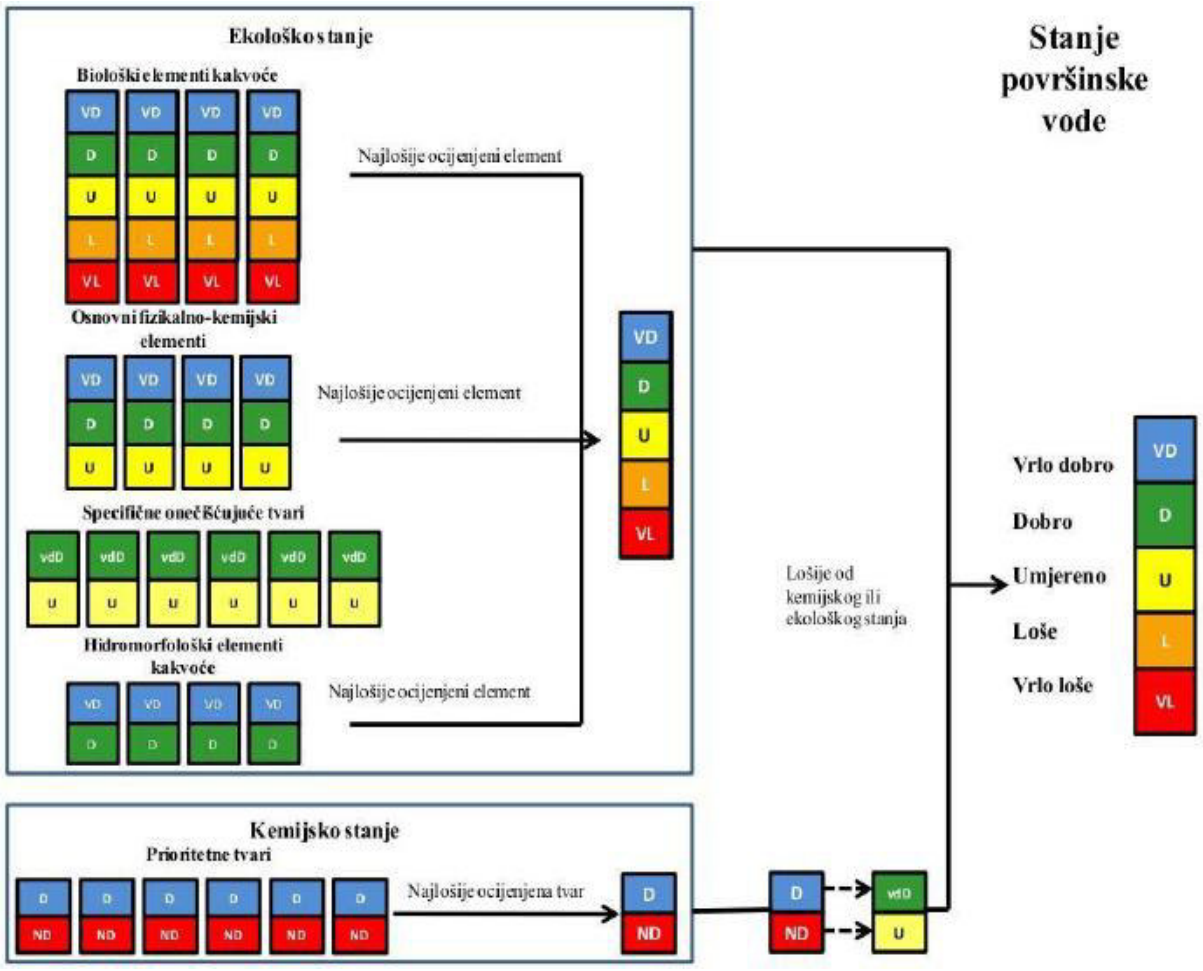
Sustav ocjenjivanja kemijskog i biološkog stanja površinskih voda potpuno je normativno uređen, a odgovarajući monitoring s obzirom na broj mjernih mjesta, pokazatelje i učestalost mjerenja se postupno uspostavlja. Posljedica toga je smanjena pouzdanost klasifikacije kemijskog stanja površinskih voda na pojedinim vodnim tijelima.

Tablica 1. Normirani elementi kakvoće za ocjenu ekološkog stanja površinskih voda [2]

Element kakvoće		Rijeke
Biološki	Fitoplankton	+
	Makroalge	N
	Morske cvjetnice (Angiosperms)	N
	Makrofite	+
	Fitobentos	+
	Makrozoobentos	+
	Ribe	+
Fizikalno-kemijski i kemijski	Prozirnost	N
	Toplinski uvjeti	-
	Režim kisika	+
	Zaslanjenost	-
	Zakiseljenost	+
	Hranjive tvari	+
	Specifične onečišćujuće tvari	+
Hidromorfološki	Hidrološki režim	+
	Uzdužni kontinuitet	+
	Morfološki uvjeti	+
N – element kakvoće nije primjenjiv za tu kategoriju površinske vode		

[6] »Monitoring« je proces opetovanog promatranja jednog ili više pokazatelja kakvoće i količina voda, prema utvrđenom programu.

Površinske vode se klasificiraju u dvije klase kemijskoga stanja prema koncentraciji pojedinih prioritetnih tvari, a to su: dobro stanje i nije postignuto dobro stanje. Površinsko vodno tijelo je u dobrom kemijskom stanju ako prosječna i maksimalna godišnja koncentracija svake prioritetne tvari ne prekoračuje standarde kakvoće. Zbog toga možemo reći da je kemijsko stanje voda izraženo prisutnošću prioritetnih tvari u površinskoj vodi, sedimentu i bioti[7]. Prioritetne tvari prate se dvanaest puta tijekom odgovarajuće godine. Dodatno se uvodi praćenje prioritetnih tvari u bioti jedan puta u tri godine u razdoblju od 2016. do 2018. godine. Tvari koje se predviđaju pratiti u bioti propisane su člankom 22. uredbe o standardu kakvoće voda. [10]



Slika 7. Shematski prikaz postupka klasifikacije stanja vodnih tijela površinskih voda (prema Uredbi) [2]

[7] BIOTA- Bio-tracing Adriatic water masses (Bioindikatori vodenih masa u Jadranu)

1.4. Monitoring (Program usklađenja monitoringa)

Monitoring stanja voda potpuno se usklađuje s odredbama ***Uredbe o standardu kakvoće voda***[8]. Zakon o vodama jednoznačno je odredio Hrvatske vode institucijom nadležnom za provođenje nadzora nad stanjem površinskih kopnenih, prijelaznih i priobalnim voda te podzemnih voda, što uključuje i sustavno praćenje stanja voda (monitoring). Hrvatske vode su nadležne za tumačenje rezultata monitoringa stanja o čemu izrađuju godišnje izvješće koje se dostavlja ministarstvu nadležnom za vodno gospodarstvo i Agenciji za zaštitu okoliša. [10]

Monitoring stanja voda je ključna komponenta u upravljanju vodama. Institucija nadležna za uzimanje uzoraka i izradu analiza u okviru monitoringa je Glavni vodnogospodarski laboratorij Hrvatskih voda. Za dio monitoringa koji se ne može obaviti u Glavnom vodnogospodarskom laboratoriju, zbog bilo kakvih razloga (npr. nedostatka opreme, manjak zaposlenika ili stručne osposobljenosti) sklapaju se ugovori s ovlaštenim laboratorijima o uslugama na temelju provedenih otvorenih postupaka javne nabave.

Glavni vodnogospodarski laboratorij Hrvatskih voda, angažiranjem dodatnih kadrova, zadovoljio bi potrebe provedbe monitoringa bioloških elemenata kakvoće i prioritetnih tvari, kao jedini u Republici Hrvatskoj koji može odgovoriti nacionalnim i europskim zakonskim zahtjevima, a manji dio monitoringa bi i dalje provodili „vanjski“ ovlašteni.

Monitoring stanja voda sistematiziran je u tri osnovna dijela sukladno cilju monitoringa:

1. *nadzorni monitoring* koji ima za cilj utvrđivanje dugoročnih promjena,

2. *operativni monitoring* na osnovi kojeg se utvrđuje promjene nastale provedbom programa mjera na vodama za koja je utvrđeno da ne zadovoljavaju ciljeve zaštite voda,

3. *istraživački monitoring* za utvrđivanje nejasnih i nepoznatih odnosa u okviru DPSIR12[9] ciklusa.

Kriteriji za oblikovanje programa monitoringa ovise o vrsti monitoringa i kategoriji voda na koju se monitoring odnosi.

[8] Uredba o standardu kakvoće voda (Narodne novine, br. 73/13, 78/15) propisuje standard kakvoće voda za površinske vode, uključivo i priobalne vode i vode teritorijalnog mora te podzemne vode, posebni ciljevi zaštite voda, kriteriji za utvrđivanje ciljeva, zaštite voda, uvjeti za produženje rokova za postizanje ciljeva zaštite voda, elementi za ocjenjivanje stanja voda, monitoring stanja voda i izvještavanje o stanju voda.

[9] DPSIR ciklus (eng. Driver- Pressure-Status- Impact- Response) su Pokretač-Opterećenje-Stanje-Utjecaj-Odgovor

Monitoring stanja obuhvaća pokazatelje potrebne da se utvrdi:

(i) zapremnina, razina, protok, brzina i hidromorfološke značajke u mjeri odgovarajućoj za ekološko ili kemijsko stanje i ekološki potencijal, ekološko i kemijsko stanje i ekološki potencijal za površinske kopnene vode,

(ii) ekološko i kemijsko stanje i ekološki potencijal za prijelazne i priobalne vode,

(iii) kemijsko stanje za vode teritorijalnoga mora,

(iv) količinsko i kemijsko stanje za podzemne vode.

Uz navedeno, monitoring će obuhvatiti i druge pokazatelje sukladno odredbama posebnih propisa po kojima su određena zaštićena područja (područja posebne zaštite voda). Programom monitoringa potrebno je predvidjeti mjerna mjesta, pokazatelje i učestalost mjerenja.

Zbog ograničene baze podataka za referentnu 2012. godinu, za ocjenu ekološkog i kemijskog stanja svih kategorija površinskih voda, nisu mogli biti korišteni svi relevantni elementi i pokazatelji kakvoće. Monitoring stanja površinskih voda se još usklađuje s odredbama Uredbe o standardu kakvoće voda.

Ocjena ekološkog stanja bila je moguća samo na dio vodnih tijela na kojima je ocijenjeno biološko stanje. To su vodna tijela na kojima je proveden monitoring bioloških elemenata kakvoće i uzvodna vodna tijela na koja je rezultate bioloških ispitivanja bio moguće ekstrapolirati (vodna tijela koja se nalaze u istom tipu i koja su isto ocijenjena).

Ostala vodna tijela ocijenjena su samo prema pratećim elementima kakvoće. To je učinjeno na način da svi prateći elementi, osnovni i specifični fizikalno - kemijski i hidromorfološki, imaju istu težinu, a mjerodavan je najlošije ocijenjeni prateći element.

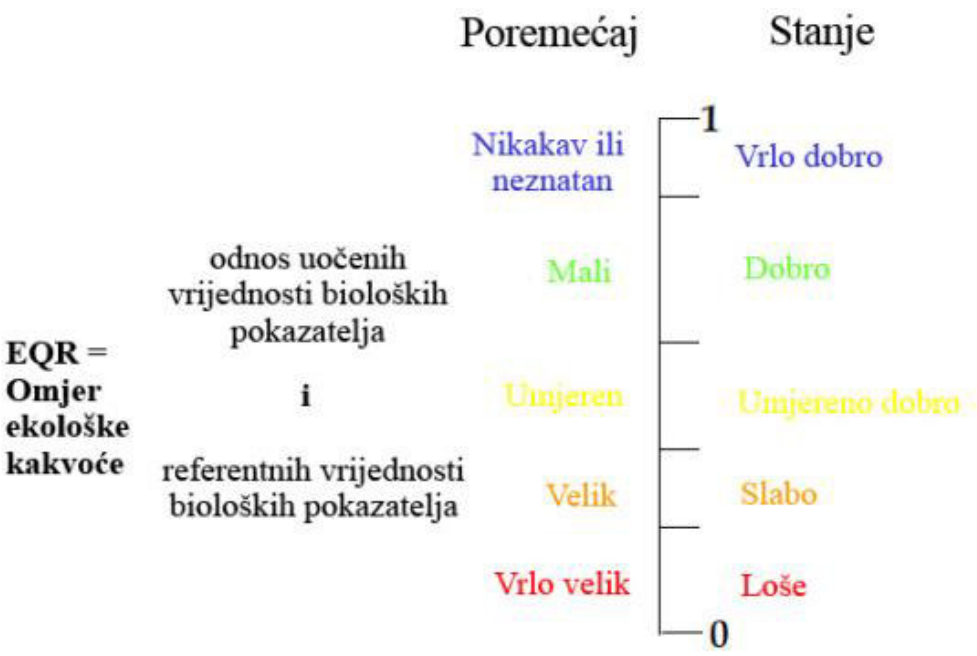
Izrađuje se višegodišnji program usklađenog monitoringa i odgovarajući godišnji planovi monitoringa koji će za naredni plansko razdoblje osigurati potpuniju i pouzdaniju bazu podataka za ocjenu stanja vode, te bolje poznavanje uzoraka i prirode pojedinih problema na vodama. Na taj način će se dobiti pouzdanija procjena učinka mjera na pojedine elemente kakvoće voda.

Ocjena stanja voda temelji se na podacima koji su uglavnom prikupljeni do 2012. godine, s tim da su svi podaci reinterpretirani u skladu s novousvojenom tipologijom i standardima kakvoće voda. Ta okolnost, uz druge čimbenike nesigurnosti u rezultatima monitoringa, umanjuje pouzdanost ocjene stanja površinskih voda, jer dopušta mogućnost da utjecaj dijela postojećih opterećenja nije obuhvaćen ili je tek djelomično obuhvaćen ocjenom.

Tablica 2. Kriteriji za procjenu pouzdanosti ocjene stanja površinskih vodnih tijela [2]

Razina pouzdanosti	Ekološko stanje	Kemijsko stanje
Niska	Nema podataka monitoringa na vodnom tijelu i na 2 njemu susjedna vodna tijela.	Nema podataka monitoringa
Srednja	Dobri podaci o pratećim elementima kakvoće i/ili ograničeni podaci za barem jedan biološki element kakvoće	Ograničeni podaci za neke ili sve prioritetne tvari koje se ispuštaju na vodnom području
Visoka	Dobri podaci za barem jedan biološki element kakvoće i najrelevantnije podržavajuće elemente	Dobri podaci za sve prioritetne tvari koje se ispuštaju na vodnom području

U svrhu osiguranja kompatibilnosti sustava monitoringa, rezultati sustava izražavaju se kao omjeri ekološke kakvoće za potrebe klasifikacije ekološkog stanja. Ti omjeri predstavljaju odnos između vrijednosti bioloških pokazatelja uočenih za određeno tijelo površinske vode i vrijednosti za te pokazatelje u referentnim uvjetima važećima za to tijelo. Omjer se iskazuje brojčanom vrijednošću između nula i jedan, s time da vrlo dobro ekološko stanje predstavlja vrijednosti blizu jedan, a loše ekološko stanje prikazuju vrijednosti blizu nule. [9]



Slika 8. Predloženi omjer ekološke kakvoće Okvirnom direktivom [9]

1.5. Program mjera

Program mjera se primjenjuje na sve vodotoke, bez obzira na njihovu veličinu, odnosno primjenjuju se i na vodnim tijelima slivne površine manje od 10km^2 rijeka. Osnova za utvrđivanje programa mjera sastoji se od procijenjenog stanja vode i propisanih ciljeva zaštite voda sa rokovima do kojih ciljevi trebaju biti postignuti.

S obzirom na ulogu monitoringa vezanu uz praćenje i kontrolu efikasnosti provedbe aktivnosti i mjera administrativnog i tehničkog odnosno planskog i operativnog upravljanja vodama, učestalost mjerenja se planira, organizira i odvija u:

- šestogodišnjim ciklusima (prema Okvirnoj direktivi o vodama – Planski ciklusi),
- trogodišnjim ciklusima (prema Okvirnoj direktivi o vodama),
- godišnjim ciklusima (prema Okvirnoj direktivi o vodama, Zakonu o vodama – za potrebe operativnog upravljanja).

U razdoblju 2016. - 2021. godina planirano je provesti niz različitih mjera u cilju postizanja najmanje dobrog stanja voda. Detaljan popis mjera sadržan je u poglavlju C.5. Sažetak programa mjera, a sistematizirane su prema Pravilniku o sadržaju Plana upravljanja vodnim područjima (Narodne novine, br. 74/13 i 53/16)[10].

U definiranju programa mjera za upravljanje stanjem voda u razdobljima 2016. - 2021. godina i 2022. - 2027. godina polazi se od pretpostavke da će se preostale mjere, predviđene postojećim provedbenim planovima i programima za zaštitu voda, osobito mjere za kontrolu onečišćenja iz točkastih i raspršenih izvora proizašle iz propisa Europske realizirati u zadanim rokovima

Potpuno usklađenje godišnjeg plana praćenja stanja površinskih i podzemnih voda planira se provesti postupno do kraja 2015. godine čime se plan praćenja stanja voda terminski usklađuje i s drugim ciklusom plana upravljanja vodnim područjima koji počinje 2016. godine. [8]

Tablica 3. prikazana u nastavku prikazuje usklađenje ciklusa provedbe monitoringa s planskim ciklusima. Do kraja 2021. godine je potrebno ispuniti uvjete dane drugim ciklusom plana upravljanja vodnim područjima, koji je startao u 2016. godini.

[10] Članak 13. i dodatak VII. Okvirne direktive o vodama

Tablica 3. Usklađenje ciklusa provedbe monitoringa s planskim ciklusima [10]

Godina	Ciklusi nadzornog monitoringa	Ciklusi operativnog monitoringa	Ciklusi pripreme Plana	Ciklusi Plana	Godina
2007.					2007.
2008.					2008.
2009.	Nadzorni monitoring za II. ciklus plana				2009.
2010.		Operativni monitoring I. ciklusa prema stanju 2010. (da ustanovi ili potvrdi status rizičnog / ne-dobrog vodnog tijela)		I. CIKLUS PLANA UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2010. - 2015.	2010.
2011.					2011.
2012.					2012.
2013.	Nadzorni monitoring za III. ciklus plana	Operativni monitoring I. ciklusa prema stanju 2010. (za ocjenu učinka mjera provedenih do 2012., te za ocjenu statusa)	Razdoblje pripreme II. PLANA UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2016. - 2021.		2013.
2014.					2014.
2015.					2015.
2016.		Operativni monitoring II. ciklusa prema stanju voda 2016. (da ustanovi ili potvrdi status		II. CIKLUS PLANA UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2016. - 2021.	2016.
2017.					2017.
2018.		rizičnog / ne-dobrog vodnog tijela)			2018.
2019.	Nadzorni monitoring za IV. ciklus plana	Operativni monitoring II. ciklusa prema stanju voda 2016. (za ocjenu učinka mjera provedenih do 2018., te za ocjenu statusa)	Razdoblje pripreme III. PLANA UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2022. - 2027.		2019.
2020.					2020.
2021.					2021.
2022.		Operativni monitoring III. ciklusa prema stanju voda 2022. (da ustanovi ili potvrdi status rizičnog / ne-dobrog vodnog tijela)		III. CIKLUS PLANA UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2022. - 2027.	2022.
2023.					2023.
2024.					2024.
2025.	Nadzorni monitoring za V. ciklus plana	Operativni monitoring III. ciklusa prema stanju voda 2022. (za ocjenu učinka mjera provedenih do 2024., te za ocjenu statusa)	Razdoblje pripreme IV. PLANA UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2028. - 2033.		2025.
2026.					2026.
2027.					2027.
2028.		Operativni monitoring IV. ciklusa prema stanju 2028. (da ustanovi ili potvrdi status rizičnog / ne-dobrog vodnog tijela)		IV. CIKLUS PLANA UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2028. - 2033.	2028.
2029.					2029.
2030.					2030.
2031.	Nadzorni monitoring za VI. ciklus plana	Operativni monitoring IV. ciklusa prema stanju voda 2028. (za ocjenu učinka mjera provedenih do 2030., te za ocjenu statusa) ...	Razdoblje pripreme V. PLANA UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2034. - 2039.		2031.
2032.					2032.
2033.					2033.

Legenda:

- Ciklusi za ocjenu stanja voda za II. ciklus Plana upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021.
- Ciklusi za ocjenu stanja voda za III. ciklus Plana upravljanja vodnim područjima 2022. - 2027.
- Ciklusi za ocjenu stanja voda za IV. ciklus Plana upravljanja vodnim područjima 2028. - 2033.
- Ciklusi za ocjenu stanja voda za V. ciklus Plana upravljanja vodnim područjima 2034. - 2039.

2. KONCEPT DIPLOMSKOG RADA

2.1. Motivacija

Osiguravanje dovoljne količine pitke vode zadovoljavajuće kvalitete postaje glavni problem današnjice kao i osnova budućeg razvoja. Gotovo polovica državnog teritorija Republike Hrvatske izgrađuju okršene karbonatne stijene, a one predstavljaju spremnik velikih količina podzemne vode izrazite kakvoće. Zbog toga je potrebno mnogo pažnje posvetiti njihovoj zaštiti. U svijetu se koriste metode procjene prirodne ranjivosti[11] kao jedan od alata u definiranju odgovarajuće zaštite vodnih tijela. [11]

Činjenica je da je kvaliteta vode na izvoru rijeke Jadro na visokoj razini, ali je potrebno osigurati uvjete očuvanja takvog stanja s obzirom na intenzitet urbanizacije i sličnih procesa ljudske djelatnosti u Dalmatinskoj zagori (npr. Dugopolje) što može izravno utjecati na kvalitetu vode obzirom na slivnu povezanost sa rijekom Cetinom te Žrnovnicom.

Klimatske promjene imaju veliki utjecaj na ljudske i prirodne sustave, te nastavak emisije stakleničkih plinova, za uzrok će imati nastavak zagrijavanja zemljine površine što će utjecati na kvalitetu života na njoj. Posljedice promjena hidrološkog režima rijeka, ali i drugih vodnih tijela, teško je dati bez cjelovite analize.

Hrvatska je država koja je pokazala ranjivost na klimatske promjene, te se već sada s njima suočava. Rizik porasta razine mora, promjene ponašanja i migracijskih obrazaca morskih riba zbog zagrijavanja morske vode, ima određeni utjecaj na hidrologiju i vodne resurse. Veće temperature zraka za posljedicu imaju veću potrebu za vodom.

Na području cijele Hrvatske bilježi se porast srednje godišnje temperature zraka, a trendovi godišnjih i sezonskih količina oborina daju podatak o smanjenju oborina na pojedinim područjima RH (južno priobalje, područje Gorskog Kotara, Istra,…)

Pod vrlo vjerojatnim utjecajem klimatskih promjena su sve češće i sve intenzivnije poplave. Sve potrebne mjere i aktivnosti za ostvarenje postavljenih ciljeva, uglavnom su predviđene zakonskim strateškim, programskim i planskim dokumentima Hrvatskih voda i RH.

Direktiva 2007/60/EZ Europskog parlamenta i vijeća od 23. listopada 2007. godine dala je dokument o procjeni i upravljanju rizicima od poplava. [12]

[11] *Metode procjene prirodne ranjivosti* temelje se na pretpostavci da prirodna fizička, kemijska i biološka obilježja vodonosnog sustava mogu pružiti određeni stupanj zaštite podzemne vode od onečišćenja.

2.2. Ciljevi rada

Prvobitni cilj je bio prikupiti sve moguće podatke te na osnovu tih podataka provesti adekvatne analize koje će dati ocjenu postojećeg stanja sliva rijeke Jadro, te potencijalne scenarije u budućim upravljanjima. U tom kontekstu, cilj je vidjeti postojeće stanje te kako će se to stanje ponašati s obzirom na različite vrijednosti protoka i opterećenja.

Na osnovu prikupljenih podataka, koji su rezultat sastanaka s predstavnicima institucija kao što su Hrvatske vode, Institut za oceanografiju i ribarstvo i različitih tvrtki iz područja hidrotehnike, izvršena je analiza ovisnosti opterećenja i varijacija protoka u kontekstu Okvirne direktive o vodama.

Idući cilj je bio napraviti analizu varijacija protoka za različite godine, usporediti mjerene podatke koncentracija hranjivih tvari ishođenih od navedenih institucija s proračunatim krivuljama trajanja protoka i opterećenja za predmetne vremenske periode. U skladu s tim također treba napraviti procjenu unosa hranjivih tvari na područje sliva, te provjeriti dali je vodno tijelo u riziku.

Finalno, u skladu s odabranom i testiranom teorijskom funkcijom distribucije koncentracije potrebno je napraviti niz scenarija za različite raspone potencijalnih opterećenja vodotoka, kako bi se procijenila vjerojatnost prekoračenja graničnih koncentracija hranjivih tvari s obzirom na varijacije protoka.

3. RIJEKA JADRO

3.1. Povijesni značaj rijeke Jadro

Za vrijednosti rijeke Jadro znali su i davni narodi. Povoljni klimatski uvjeti, plodno tlo i vodom bogato tlo pogodovali su da se na ušću rijeke Jadro razvije velegrad Salona. cca 60.000 stanovnika živjelo je u visoko urbaniziranim uvjetima s riješenom vodoopskrbom i kanalizacijom.

Vode rijeke Jadro razlijevale su se vodovodima i fontanama, a privukle su i velikog rimskog cara Dioklecijana koji je blizini sagradio svoju palaču i pio vodu iz te rijeke.

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, a otpadne vode izvan zidina otjecale su prirodnim potocima. Dijelove vodovoda i kanalizacije i danas pronalazimo prilikom radova u Palači. Prodorom Avara i dolaskom Slavena uništen je Dioklecijanov vodovod te je bila prekinuta opskrba grada vodom. Otpadne vode, zbog sve veće količine, uvjetovane rastom stanovništva, počele su zagađivati podzemne vode i dolazilo je do obolijevanja ljudi. Nastala situacija naglasila je važnost zbrinjavanja otpadnih voda, kao i rješavanje pitanja vodoopskrbe. Tadašnja gradska vlast, 1878. godine, odlučila je obnoviti stari Dioklecijanov vodovod i ponovno dovesti vodu s izvora Jadra u Grad. 1880. godine, završena je obnova vodovoda, te tu godinu uzimamo kao početak organizirane vodoopskrbe i odvodnje, što predstavlja prekretnicu daljnjeg razvoja Grada i cijelog područja. [13]

Tu je grob kraljice Jelene koja se umivala u bistroj vodi rijeke Jadro. Ona ju je nadahnula da se na otočiću koji tvore njezine vode sagrade crkve u kojima će se kruniti i pokapati hrvatski kraljevi. Iako je potok Sveti Ilija, koji nedaleko utječe u Jadro, gotovo potopio njezine ostatke, Šuplja crkva i danas govori o krunidbi kralja Zvonimira koja se u njoj dogodila 1075. godine. Zato je mala rijeka Jadro veliki simbol hrvatskoga naroda. [14]



Slika 9. Izvor rijeke Jadro [15]

3.2. Općenito o rijeci Jadro

Rijeka Jadro teče od svog izvora na zapadnom obronku Mosora kroz aluvijalnu dolinu i grad Solin te se ulijeva u Kaštelanski zaljev formirajući korito dužine 4.3 km (*Slika 11.*) s ukupnim padom od oko 30 %. Kroz urbano područje grada Solina tok rijeke se račva u više rukavaca, čije se vode opet vraćaju u glavno korito rijeke. Topografski sliv rijeke Jadro je relativno malen, a obuhvaća oko 22 km^2. Stvarni hidrološki sliv je znatno veći.

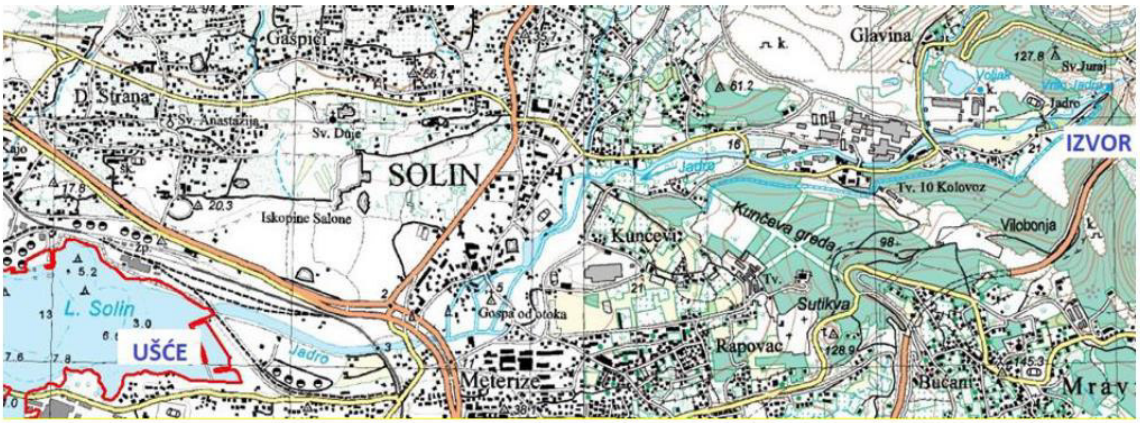
Granice kao i površina sliva krškog izvora Jadra nije do sada određena unatoč brojnim pokušajima (Bonacci, 1987.; 2011.; Denić-Jukić i Jukić, 2003.; Jukić i Denić-Jukić. 2008.; 2009.; Kapelj i sur., 2008.; 2009.). Prema novijim istraživanjima ona je veća od 400 km^2, što znači da se dijelom prihranjuje iz krškog vodonosnika koji vjerojatno dijeli sa susjednim vodotocima. Slivno područje izvora Jadra uglavnom se promatra kao cjelina sa slijevnim područjem izvora Žrnovnice, a graniči sa slivovima rijeke Panta na zapadu, rijeke Čikole na sjeveru te rijeke Cetine na istoku.



Slika 10. Sliv rijeke Jadro

Složenost podzemnih tokova i veličina sliva osiguravaju kontinuitet ovog izvora tijekom cijele godine. Izvor je na koti 34.2 m n. m., a prihranjuje se podzemnim vodama iz daljeg karbonatnog zaleđa. Na samom izvoru zahvaćaju se vode za vodoopskrbu Splita već 1700 godina, a danas i za susjedne gradove - Solin, Kaštela i Trogir. Danas su za tu svrhu u upotrebi dva cjevovoda (Dioklecijanov kanal propusne moći 550-880 l/s i Novi betonski kanal kapaciteta 2000 l/s u gornjem i 1350 l/s u donjem dijelu.).

Dio voda s izvora usmjeren je na malu hidroelektranu, koja više nije u funkciji, čije se vode ulijevaju u glavno korito oko 300 m nizvodno od izvora. Preostale količine vode koje se ne zahvaćaju na samome izvoru otječu preko preljeva u glavno korito. Količine vode zahvaćene za vodoopskrbu kontinuirano se mjere pomoću limnigrafa postavljenih 1994. na samome početku Dioklecijanovog i Novog kanala. Za praćenje protoka koji ostaju u koritu rijeke Jadro, nakon zahvaćanja voda za vodoopskrbu, koriste se podatci s vodokazne postaje Vidovića most (1949.-1983.) i Majdan (od 1984.). Stanica Vidovića most bila je smještena na istoimenom mostu (km 2+650). Nešto uzvodnije od mosta nalazi se stanica Majdan koja je danas u funkciji (km 3+150) (*Slika 11.*).



Slika 11. Tok rijeke Jadro od izvora do ušća. [16]

Rijeka Jadro prihvaća nekoliko manjih i dva veća pritoka – Poklinovac i Rupotina. Na svom uzvodnom dijelu toka na stacionaži 3+550 rijeka Jadro prima desni pritok Poklinovac. To je bujični tok s povremenim tečenjem. Ušće bujice uzvodno je od mjernog profila Majdan pa su ovi bujični dotoci uključeni u mjerenja na limnigrafu.

Drugi značajan pritok rijeke Jadro je bujica Rupotina koja se ulijeva na čvorištu Šljukica (km 2+000), oko 1150 m nizvodno od hidrološkog profila Majdan. Potrebno je naglasiti da se radi o bujičnom vodotoku koji povremeno prihranjuje tok rijeke Jadro i to u kišnom dijelu godine, donoseći značajne količine nanosa. U ljetnom razdoblju korito bujice Rupotina je uglavnom suho, bez dotoka u korito rijeke. [17]

Obala oko korita same rijeke je uređena na gotovo cijelog dionici. Samo najuzvodniji dio riječne obale i korita (uzvodno od mosta kod pogona Voljak) ostao je u prirodnom stanju. Taj je dio radi zaštite endemske pastrve solinke godine 1984. proglašen posebnim ihtiološkim rezervatom. Nizvodno rijeka vodom opskrbljuje i ribogojilište Ritterman.

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

Prema pokazateljima kakvoće, rijeka Jadro pripada prvoj kategoriji voda na cijelom toku, od izvora do vodnih pragova nizvodno od središnjeg dijela grada Solina. Nizvodni dio rijeke, koji je pod utjecajem mora, i ušće pripadaju drugoj kategoriji voda. [18]

Suma protoka kroz dva spomenuta kanala predstavlja količine vode koje su izravno i bespovratno odvedene rijeci Jadro, dok protoci definirani na profilu Majdan nizvodni predstavljaju preostale vodne količine iz samog izvora koje se upuštaju u korito rijeke Jadra. Kako do profila Majdan nizvodni, udaljenog 1186 m od izvora Jadro, nema nikakvih pritoka (a sliv se neznačajno povećava) može se s visokom pouzdanošću pretpostaviti da suma protoka kroz dva kanala s protocima na tom profilu predstavlja prirodni protok iz izvora Jadra ili njegovu ukupnu izdašnost.

Ekološki prihvatljivi protok je onaj minimalni protok koji u danim uvjetima (klime, tla, okoliša, postojeće flore i faune) treba osigurati očuvanje biološko-ekološke ravnoteže analiziranog vodotoka i njegovog sliva. [19]

Biološki minimum rijeke Jadro je definiran na osnovi obrađenih proračuna i podataka stručnjaka Građevinskog fakulteta u Splitu koji su izradili studiju o biološkom minimumu, gdje je usvojeno da minimalni protok Jadra u koritu mora biti 1,8 m^3/s. [16]

Što se tiče samog upravljanja kakvoćom vode izvora rijeke Jadro, u svom radu autorica Fistanić ističe kako je potrebna veća angažiranost vlasti i struke oko preciznijeg određivanja uzroka zagađenja vode sliva Cetinskog područja Trilja, jer isti ima utjecaj na sliv rijeke Jadro.

Izdvaja i niz faktora koji narušavaju kvalitetu vode sliva Cetine i Jadra. Neki od njih su nesavjesnost lokalnog stanovništva pri poljoprivrednim aktivnostima u vidu prekomjernog zagađenja tla, dužina prometnica koje prate tok rijeke Cetine, brojni divlji deponiji smeća i neadekvatnosti sanitarnog okruženja u vidu slabo razgranate ili uopće ne postojeće kanalizacijske mreže u velikom dijelu Dalmatinske zagore. (Fistanić (2004:48-57)) [20]

3.3. Hidrološke značajke rijeke Jadro

Izvor rijeke Jadro zasigurno je najdragocjenija hidrološka pojava splitske regije. Specifičnost izvora rijeke Jadro je upravo u njegovoj gospodarsko - socijalnoj funkciji. Jadro je iznimno važan izvor pitke vode, unatoč tome što mu je sliv mnogo manji od rijeke Cetine i kao takav zaslužuje poseban i kvalitetan monitoring. [21]

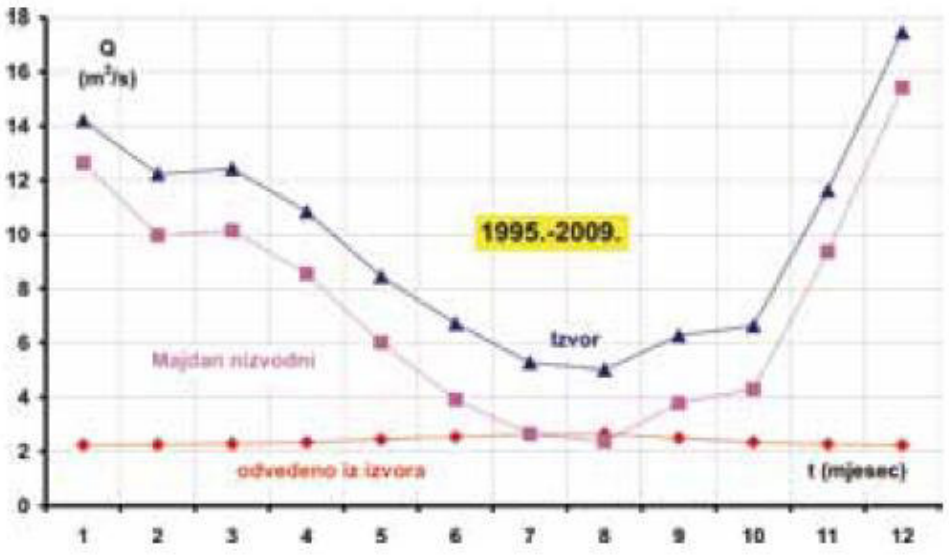
Pregledom znanstvenog članka (Hidrološka analiza odvođenja vode iz krškog izvora rijeke Jadro, Bonacci) u kojem je napravljena analiza hidroloških podataka prikupljenih u razdoblju od 1. siječnja 1995. do 31. prosinca 2009., vidljivo je da su kritična razdoblja tijekom ljetnog perioda. Osobito srpanj i kolovoz, kada su prirodni protoci izvora rijeke Jadro niski, temperature vode i zraka visoke, a potreba za vodom sve veća. U tim mjesecima, a ponekad i u rujnu, iz izvora se odvodi više ok 50% prirodnog protoka, što je sa staništa održivog gospodarenja ovim vodnim resursom neodrživo. Ta činjenica indicira povećanu ekološku opasnost za srednji i donji tok Jadra.

Ovaj članak tretirao je prvenstveno problematiku odvođenja vode iz izvora Jadra za potrebe vodoopskrbe. Ukazano je na zabrinjavajuće trendove povećavanja potrošnje vode posebno u kritičnom sušnom i vrućem dijelu godine. Naglašava se da je vodoopskrba vjerojatno glavni, ali nikako ne i jedini korisnik. Za očekivati je da će se pritisak na korištenje voda Jadra povećavati, što će uzrokovati brojne probleme u bliskoj budućnosti, a osobito one vezane s već danas nedovoljno štićenim i osjetljivim krškim okolišem (Bonacci, 2009.). [19]

Isto tako, utvrdio je visoki koeficijent korelacije između vrlo visokih ljetnih temperatura i najnižih količina protoka (mjerenih na mjernoj stanici Majdan u razdoblju između 1995. i 2009. godine).

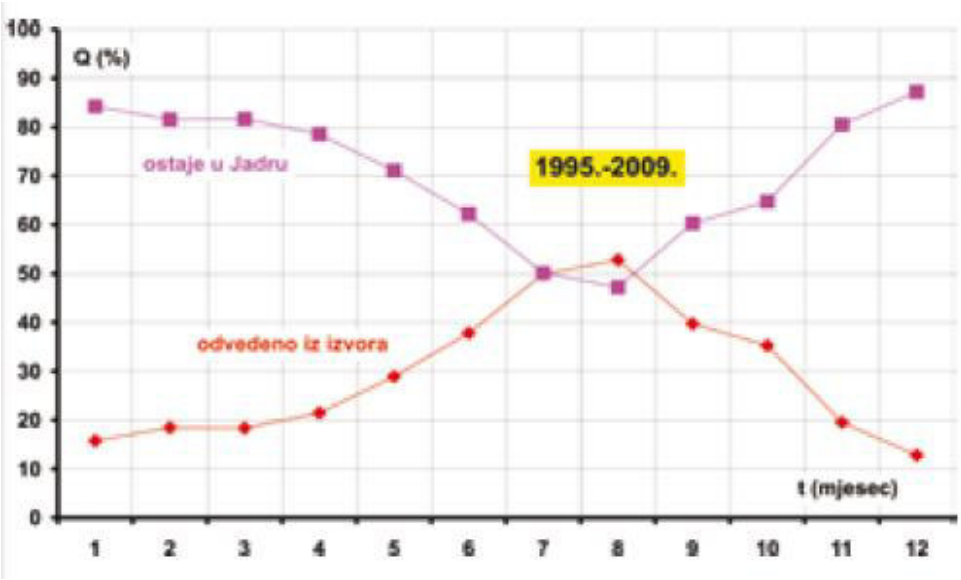
Na slikama danim u nastavku grafički je prikazan niz od 180 podataka srednjih mjesečnih protoka odvedenih iz izvora Jadra za potrebe vodoopskrbe (crvena boja), ukupne izdašnosti Jadra na izvoru (modra boja) i Jadra na vodomjernom profilu Majdan nizvodni (ljubičasta boja) u razdoblju od siječnja 1995. do prosinca 2009. Ovaj grafički prikaz jasno ukazuje da se problemi s održivim upravljanjem vodnim resursima rijeke Jadro javljaju tijekom sušnog razdoblja, prvenstveno u srpnju i kolovozu, a nerijetko se produžuju i u mjesec rujan.

U spomenutim mjesecima odvode se više vode iz izvora nego što ostane u samoj rijeci što može imati (i najvjerojatnije ima iako se to nedovoljno prati) vrlo negativne posljedice za sve ostale korisnike, a prije svega na okoliš. [19]



Slika 12. Grafički prikaz srednjih mjesečnih količina u razdoblju 1995.-2009., izraženih u m3/s, odvedenih iz izvora Jadra (crvena boja) te srednjih mjesečnih količina na izvoru Jadra (modra boja) i vodomjernom profilu Majdan nizvodni (ljubičasta boja) [19]

Isti zaključak moguće je donijeti i na osnovi grafičkog prikaza danog na *Slika 12*. Na njemu su ucrtani srednji mjesečni protoci, izraženi u m^3/s, u razdoblju 1995.-2009. odvedeni iz izvora Jadra za potrebe vodoopskrbe (crvena boja), srednji mjesečni protoci izvoru Jadra (modra boja) i srednji mjesečne protoci izmjereni na vodomjernom profilu Majdan nizvodni (ljubičasta boja).



Slika 13. Grafički prikaz srednjih mjesečnih količina u razdoblju 1995.-2009., izraženih u %, odvedenih iz izvora Jadra (crvena boja) te srednjih mjesečnih količina koje ostaju u vodotoku (ljubičasta boja) [19]

Na *Slika 13.* grafički su prikazane srednje mjesečne količine, izražene u %, u razdoblju 1995.-2009. odvedene iz izvora Jadra (crvena boja) te srednje mjesečne količine koje ostaju u vodotoku (ljubičasta boja). Iz ovog se prikaza jasno vidi da se tijekom kritičnih mjeseci (srpanj i kolovoz) iz izvora Jadra uzima od 50 % ili više od njegove ukupne prirodne izdašnosti.

3.4. Hidrogeološka svojstva slivnog područja

Osnovne spoznaje o hidrogeološkim obilježjima pojedinih slivova obično su dobivene klasičnim geološkim, strukturnim, hidrogeološkim i hidrološkim istraživanjima. [22]

Jadro je pouzdan izvor vode dobre kakvoće zahvaljujući specifičnim hidrogeološkim i drugim prirodnim značajkama slijevnog područja. Izvor danas ima uže, direktno, i šire, indirektno, slijevno područje. Uže slijevno područje jest ono prirodno, koje je postojalo i u antičko doba. Vanjsko ili prošireno slijevno područje odnosi se i na dio slijeva rijeke Cetine.

Reljef slijevnog područja vertikalno je dobro razveden, a karakteriziraju ga tipični krški fenomeni: vapnenački grebeni, zaravni, škrape, jame, uske i suhe udoline, uvale, ponikve i manja plodna polja.

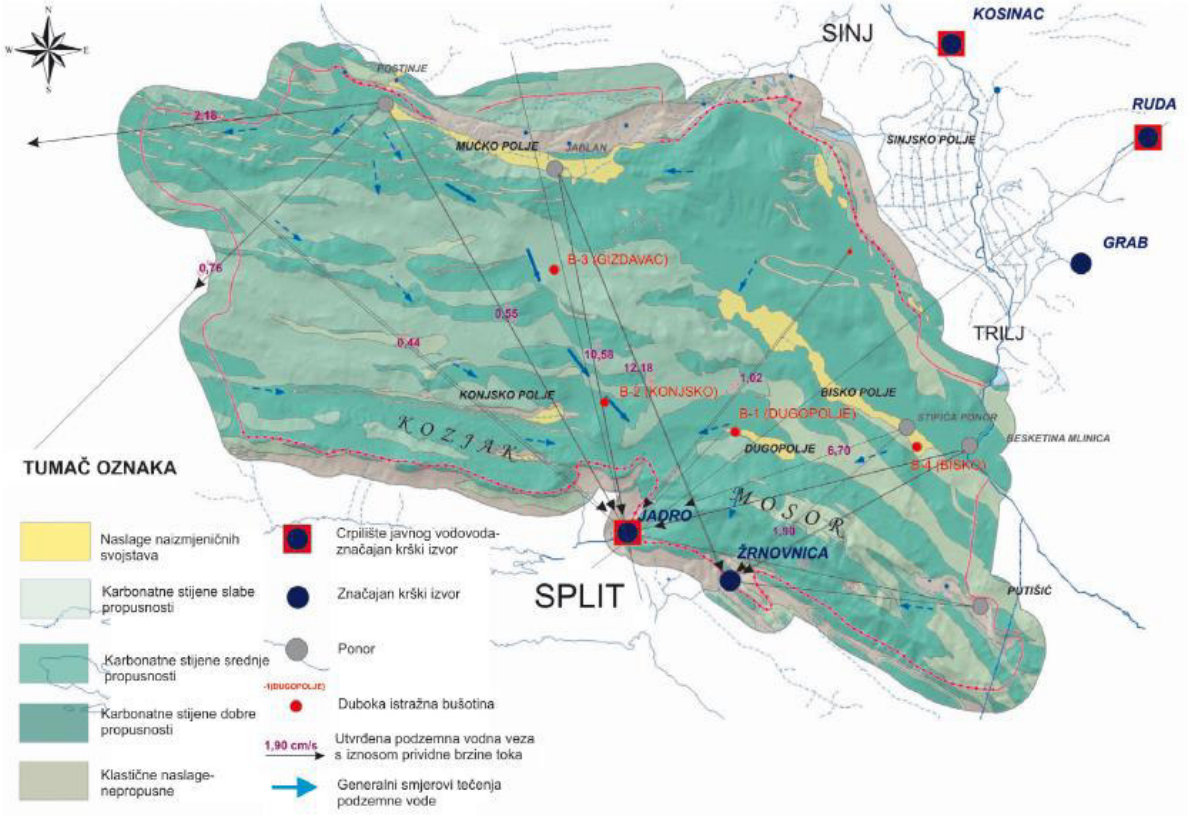
Krš je veoma heterogeno područje koje se u hidrološkom smislu sastoji od karbonatne stijenske mase sa sistemom provodnika i akumulacionih prostora *(Gjetvaj, 2006.)*.

Na području sliva nalazi se više od 100 prirodnih ponora i jama. Slijevno područje izvora Jadro pripada vanjskim Dinaridima, a karakterizira ga prevlast karbonatnih stijena i visok stupanj tektonske poremećenosti. Tvore ga sedimentne stijene trijasa, jure, krede, tercijara i kvartara. To je kamenjar sa siromašnim vegetacijskim pokrivačem. [23]

Područje sliva rijeke Jadro odlikuje se naglašenom razlomljenošću i prisutnom tektonskom aktivnošću. Tektonska aktivnost rezultira i promjenama strukturnih odnosa osobito sustava rasjeda i pukotina.

Sami površinski dio sliva rijeke Jadro, površinski je siromašan vodom zbog izraženog krškog reljefa. Međutim, sve podzemne vode Dalmatinske zagore izbijaju na površinu povremeno u malim krškim poljima, karakterizirani povremenim flišnim[12] naslagama. Zatim ponovno poniru u podzemlje te izviru na površinu na mjestima dodira nepropusnog flišnog tla i karbonatnih uzvisina Mosora i okolnih gora i planina.

[12] **Fliš** je serija sedimentnih stijena u kojima se najčešće smjenjuju lapori, pješčenjaci, glineni škriljci i vapnenci. Nastao je djelovanjem turbiditnih struja, koje prate snažno djelovanje tektonike. U našim primorskim krajevima pretežno je eocenske starosti i privredno vrlo značajan



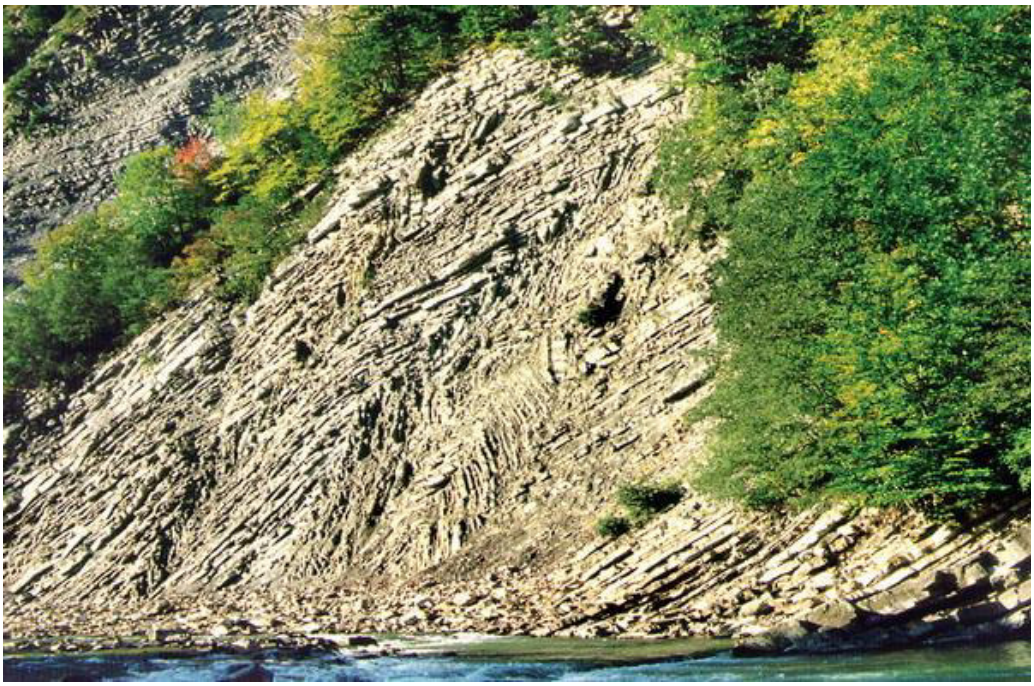
Slika 14. Shematska hidrogeološka karta preljevnoga područja izvora Jadra i Žrnovnice bez strukturnih elemenata (S. Kapelj – J. Kapelj – D. Jukić – V. Denić-Jukić 2008.) [22]

3.4.1. Fliš

Tok rijeke Jadro se smjestio upravo na dodiru flišnih naslaga sa propusnim karbonatima Mosora, te na flišnim naslagama koritom teče stalnim površinskim tokom do ušća u Jadransko more, odnosno Kaštelanski zaljev. Karakteristike fliša su intenzivna boranja, rasjedanja i formiranja brojnih pukotinskih sustava i razlomljenih zona. Intenzivna tektonika uzrokuje nastanak polegnutih i prebačenih bora, te ljuskavu strukturu.

Već sama morfologija područja nameće diferenciranje naslaga fliša na barem dvije jedinice s različitim potencijalom trošenja:

- „tvrdi fliš“ je čvršći, otporniji na fizikalno trošenje i dominantno sadrži krupnozrnatije klastite i/ili uglavnom karbonatne sedimente: karbonatne breče, kalkarenite, vapnence i kalcitične lapore
- „mekani fliš“ je podložan fizikalnom trošenju, a u njemu dominiraju inženjerska svojstva pelitnih i glinovitih sedimenata; predstavljen je laporima, glinovitim laporima s mjestimičnim tankim proslojcima krupnozrnastijih sedimenata, uglavnom kalkarenita.



Slika 15. Fliš [24]

Sedimenti „tvrdog fliša“ nisu toliko podložni fizikalnom trošenju što se lako može uočiti proučavanjem morfologije područja. Međutim i u tim materijalima tijekom geološkog vremena nastaju zone trošenja. Za razliku od tvrdog fliša, za mekani je fliš karakteristično da se trošenje manifestira degradiranjem fizikalnih i mehaničkih značajki materijala stijene.

„Mekani fliš“ je gotovo uvijek prekriven slojem eluvijalnog tla. Tlo se gotovo redovito sastoji od dviju zona: donja je zona mješavina glinovitog i laporovitog materijal s trošnim kršjem matične stijene, a u gornjoj zoni izostaje kršje matične stijene a udio gline znatno je veći.

3.5. Analiza vodnog tijela rijeke Jadro

Stanje voda opisuje se na razini vodnih tijela koja predstavljaju osnovne jedinice za analizu značajki upravljanja kakvoćom voda. Da bi ispunila svoju svrhu, vodna tijela moraju biti određena tako da omoguće odgovarajući, dovoljno jednoznačan opis ekološkog i kemijskog stanja površinskih voda.

3.5.1. Identifikacija vodnih tijela

Za potrebe Planova upravljanja vodnim područjima, provodi se načelno delineacija i proglašavanje zasebnih vodnih tijela površinskih voda na:

- tekućicama s površinom sliva većom od 10 km^2,
- stajaćicama površine veće od 0.5 km^2,
- prijelaznim i priobalnim vodama bez obzira na veličinu.

Vodna tijela predstavljaju klasifikacijsku i upravljačku jedinicu u sklopu Direktive. Neka od njih utvrdit će se prema zahtjevima iz Direktive, a druga u skladu s praktičnim pitanjima vodnog upravljanja.

Za vrlo mala vodna tijela (do 10 km^2) koja se zbog veličine, a prema Zakonu o vodama odnosno Okvirnoj direktivi o vodama, ne proglašavaju zasebnim vodnim tijelom primjenjuju se uvjeti zaštite kako slijedi:

- Sve manje vode koje su povezane s vodnim tijelom koje je proglašeno Planom upravljanja vodnim područjima, smatraju se njegovim dijelom i za njih važe isti uvjeti kao za to veće vodno tijelo.
- Za manja vodna tijela koja nisu proglašena Planom upravljanja vodnim područjima i nisu sastavni dio većeg vodnog tijela, važe uvjeti kao za vodno tijelo iste kategorije (tekućica, stajaćica, prijelazna voda ili priobalna voda) najosjetljivijeg ekotipa iz pripadajuće ekoregije.

Prijelazne vode su tijela površinske vode u blizini ušća rijeka, koja su po svojoj naravi boćata uslijed blizine priobalnih voda, ali su pod znatnim utjecajem slatkovodnih dotoka.

Priobalna voda znači površinsku vodu s one strane crte koja gleda prema kopnu a čija je svaka točka na udaljenosti od jedne nautičke milje na strani okrenutoj prema pučini od najbliže točke osnovne crte od koje se mjeri širina teritorijalnih voda, te se gdje je to moguće proteže do vanjske granice prijelaznih voda.

3.5.2. Zone sanitarne zaštite

Institut za geološka istraživanja 1988. god. (*Fritz F. , 1988* - Izvori Jadro i Žrnovnica, Dio hidrogeoloških istražnih radova potrebnih za prijedlog zona sanitarne zaštite izvora) provodi hidrogeološke istražne radove kojima su određene zone sanitarne zaštite izvorišta Jadro i Žrnovnica. [25]

Prema Pravilniku o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN br. 66/2011 članak 17.) na temelju članka 90. Zakona o vodama (NN br. 153/09) :

Zone sanitarne zaštite izvorišta sa zahvaćanjem iz vodonosnika s pukotinskom i pukotinsko- kaveronoznom poroznosti su:

- zona ograničenja - IV zona

- zona ograničenja i nadzora - III zona

- zona strogog ograničenja i nadzora - II zona

- zona strogog režima zaštite i nadzora - I. zona [26]

Lokacija sliva rijeke Jadro sa prikazom zona sanitarnih zaštita nalazi se na području koje prostorno–planski reguliraju sljedeći dokumenti:

- Prostorni plan Splitsko-dalmatinske županije (Službeni glasnik Splitsko-dalmatinske županije, broj 1/03, 8/04, 5/05 (usklađenjem s Uredbom o ZOP-u), 5/06 (ispravak usklađenja s Uredbom o ZOP-u) 13/07, 9/13 i 147/15 (rješenja o ispravcima grešaka)) (u daljnjem tekstu: PPSDŽ). [27]
- Prostorni plan uređenja Općine Klis "Službeni vjesnik Općine Klis", broj 4/00, 2/09, 5/17, 8/17 (pročišćeni tekst) (u daljnjem tekstu PPUOK). [28]
- Prostorni plan uređenja grada Solina ("Službeni glasnik Grada Solina", broj 4/06, 4/08- uskl. (izvan snage), 6/10, 5/14, 6/15,5/17, 12/17 (pročišćeni tekst)) [29]
- Prostorni plan uređenja općine Dugopolje ("Službeni vjesnik Općine Dugopolje", broj 6/04, 6/07, 3/14, 4/14 (pročišćeni tekst),3/17, 7/17 (pročišćeni tekst)) [30]

3.5.3. Klasifikacija voda prema Uredbi o klasifikaciji voda

Prema uredbi o klasifikaciji voda, rijeka Jadro pripada I kategoriji voda na cijelom toku od izvora do vodnih pragova nizvodno od centra grada. Nizvodni dio rijeke koji je pod utjecajem mora i samo ušće pripadaju II kategoriji voda (Kapelj et al., 2006).

Dopuštene granične vrijednosti pokazatelja za vrste voda prikazane su u *Tablica 4.* :

Tablica 4. Dopuštene granične vrijednosti pokazatelja za pojedine vrste voda [31]

TABLICA 1

SKUPINE POKAZATELJA	POKAZATELJI mjerna jedinica		I VRSTA	II VRSTA	III VRSTA	IV VRSTA	V VRSTA
FIZIKALNO-KEMIJSKI A	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
	Alkalitet *	mg $CaCO_3$/l	>200	200-100	100-20	20-10	<10
	Električna vodljivost	μScm^{-1}	<500	500-700	700-1000	1000-2000	>2000
REŽIM KISIKA B	Otopljeni kisik **	mgO_2/l	>7	7-6	6-4	4-3	<3
	Zasićenje kisikom **	%					
		tekućice:	80-110	70-80 110-120	50-70 120-140	20-50 140-150	<20 >150
		stajaćice:					
		-epilimnij	90-110	70-90 110-120	50-70 120-130	30-50 130-150	<30 >150
		-hipolimnij	90-70	70-50	50-30	30-10	<10
	KPK -Mn	mgO_2/l	<4	4-8	8-15	15-30	>30
	BPK_5	mgO_2/l	<2	2-4	4-8	8-15	>15
HRANJIVE TVARI C	Amonij	mgN/l	<0,10	0,10-0,25	0,25-0,60	0,60-1,50	>1,50
	Nitriti	mgN/l	<0,01	0,01-0,03	0,03-0,10	0,10-0,20	>0,20
	Nitrati **	mgN/l	< 0,5	05-1,5	1,5-4,0	4,0-10,0	>10,0
	Ukupni dušik	mgN/l	<1,0	1,0-3,0	3,0-10,0	10,0-20,0	>20,0
	Ukupni fosfor	mgP/l					
		tekućice:	<0,10	0,10-0,25	0,25-0,60	0,60-1,5	>1,5
		stajaćice:	<0,01	0,01-0,025	0,025-0,06	0,06-0,15	>0,15
MIKROBIOLOŠKI D	Broj koliformnih bakt	UK/l	$<5x10^2$	$5x10^2$-$5x10^3$	$5x10^3$-10^5	10^5-10^6	$>10^6$
	Broj fekalnih koliforma	FK/l	$<2x10^2$	$2x10^2$-10^3	10^3-10^4	10^4-10^5	$> 10^5$
	Broj aerobnih bakterija	BK/ml	$< 10^3$	10^3-10^4	10^4-10^5	10^5-$7,5x10^5$	$> 7,5x10^5$
BIOLOŠKI E	P-B indeks saprobnosti (S) **		1,0-1,8	1,8-2,3	2,3-2,7	2,7-3,2	3,2-4,0
	Biotički indeks **		< 10	8 - 9	6 - 7	4 - 5	< 4
	Stupanj trofije **		oligotrofan	mezotrofan	umjereno eutrofan	eutrofan	hipertrofan

Opaska: Mjerodavna vrijednost pokazatelja koja je na granici dopuštene vrijednosti za određenu vrstu vode pripisuje se lošijoj vrsti vode.
* Ne odnosi se na krške vode.
** Ne odnosi se na podzemne vode.
Pokazatelji u zatamnjenim redovima će se obvezno ispitivati nakon 2000. godine.

4. METODOLOGIJA

Prikupljanjem i obradom dobivenih podataka određeni su elementi analize stanja sliva. Obradom protoka, te testiranjem teorijske distribucije koncentracije hranjivih tvari, procijenjeno je opterećenje u skladu s literaturom i određeno je stanje vodnog tijela Jadro nizvodno od mjerne postaje Majdan.

Kao primjer najkritičnije godine, promatrat će se 2003. godinu za koji je utvrđeno da je bila jedna od najtoplijih i najsušniji godina u Europi. Najduži niz uzastopnih vrućih dana u Splitu je zabilježen 2003. godine. Trajao je 47 dana, od 10. srpnja do 25. kolovoza 2003. godine. Te je godine u kolovozu bilo ukupno 30 vrućih dana. [32]

Primjer za usporedbu sa najkritičnijom godinom će biti 2016.godina, jer su to najnoviji podaci izmjerenih protoka na hidrometeorološkoj postaji Majdan, na nizvodnom dijelu rijeke Jadro.

Diplomskim radom su analizirani fizikalno- kemijski pokazatelji onečišćenja BPK_5, N i P. Kapacitet potrošnje kisika za razgradnju organskih i bioloških tvari u otpadnim vodama, uz djelovanje bakterija naziva se biokemijska potrošnja kisika (BPK). BPK_5 vrijednost zapravo označava razliku između koncentracije kisika na početku i nakon pet dana inkubacije. Tijekom inkubacije prvo dolazi do razgradnje organskog i biljnog materijala (biooksidacija), a zatim se preostali kisik troši na razgradnju amonijaka i amonijevih iona u otpadnim vodama. Taj postupak naziva se nitrifikacija i za određivanje BPK5 vrijednosti je nepovoljan.

Općenito se dušik i fosfor nazivaju hranjivima u vodi. Povećanjem njihove koncentracije dolazi do eutrofikacije, a time i pojave „cvjetanja algi“. Eutrofikacija je proces prihranjivanja nekog vodenog sustava, čime se pospješuje rast i razvoj autotrofnih organizama. Plivajuće čestice kao što su ulja i suspendirane čestice utječu na izgled vode, bistroću te otapanje kisika u vodi. Otpadne vode s povećanim udjelom plivajućih čestica su mutne te imaju izrazito niske koncentracije otopljenog kisika. [33]

Analiza počinje statističkom obradom podataka procijenjenog opterećenja L=100kg/dan i pripadajućih protoka sa mjerne postaje Majdan za ljetna razdoblja 2003. i 2016. godine

Nakon statističke obrade i dobivenih grafičkih prikaza učestalosti, slijedi odabir teorijskih distribucija koje će se najbolje prilagođavati empirijskoj, te neparametarski KS test koji za rezultat ima prihvaćanje ili odbijanje pojedinih teorijskih raspodjela.

S obzirom na ustupljene podatke od Hrvatskih voda o nadzornom i operativnom monitoringu rijeke Jadro, prikazana je usporedba mjerenih koncentracija i dobivenih krivulja opterećenja za dušik i fosfor.

Napravljena je i analiza procjene rizika preko definicije o vodnim tijelima, te su dani rezultati procijene prekoračenja graničnog opterećenja za dušik i fosfor s pripadajućim vjerojatnostima o prelaženju praga rizika.

Zadnjim poglavljem izvršena je analiza vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti pokazatelja (BPK_5, N i P) za opterećenje od 100kg/dan.

Finalno, u skladu s odabranom i testiranom teorijskom funkcijom distribucije koncentracije potrebno je napraviti niz scenarija za različite raspone potencijalnih opterećenja vodotoka, kako bi se izvršila procjena vjerojatnosti prekoračenja graničnih koncentracija hranjivih tvari s obzirom na varijacije protoka.

4.1. Protok rijeke Jadro

Protok vode je jedan od najosnovnijih i najvažnijih hidrauličkih i hidroloških elemenata vodnog toka. Pomoću njega se određuju i ostali parametri vodotoka.

Protok predstavlja količinu nekog fluida (tekućina ili plin) koji protječe promatranim presjekom u vremenskom intervalu. U hidrološkoj praksi se pod pojmom "količina" redovito podrazumijeva volumen vode koji se najčešće iskazuje u kubnim metrima u sekundi (m^3/s). Ako su iznosi protoka maleni, protok se može iskazati i u litrama u sekundi (l/s).

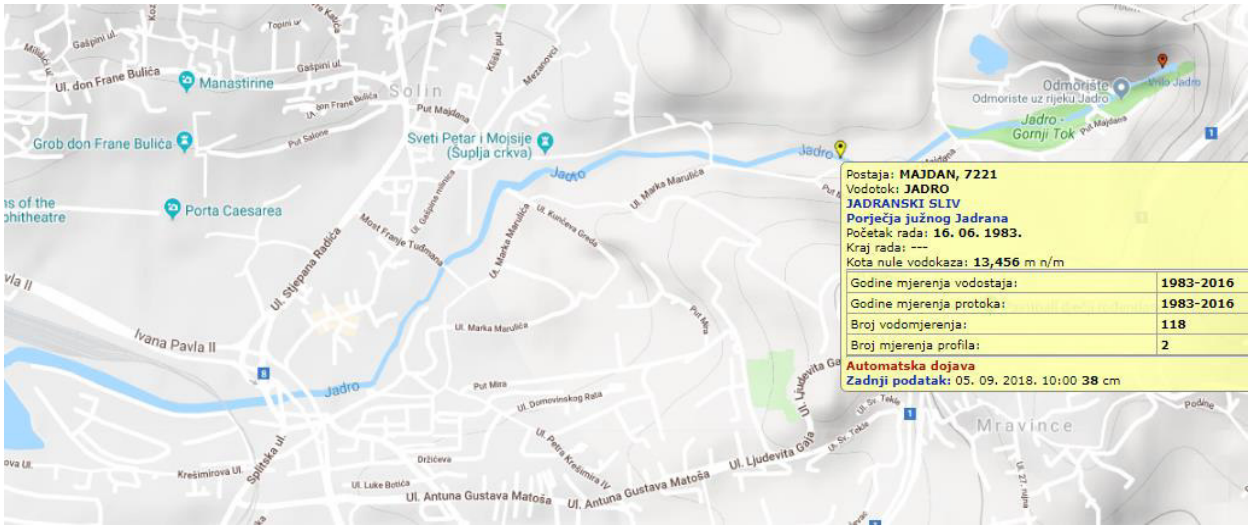
Podaci mogu biti dostupni u različitoj rezoluciji (satni, dnevni, …). U slučaju raspoloživih satnih protoka, standardna praksa je osrednjavanje satnih protoka po danu, a to znači da se zbroje svi dnevni izmjeni protoci i podjele sa brojem mjerenja da bi se dobili srednji dnevni protoci.

Sa službene stranice Državnog hidrometeorološkog zavoda, DHMZ- Sektor za hidrologiju, preuzeti su podaci o srednjim dnevnim protocima za 2003., 2010.-2016. godinu. Obrada istih uz osrednjavanje u svrhu dobivanja srednjih dnevnih protoka s izračunatim minimalnim mjesečnim, srednjim i maksimalnim mjesečnim vrijednostima protoka prikazana je u skupnoj tablici u poglavlju *7.1. Prilozi obrade protoka sa mjerne postaje Majdan.*

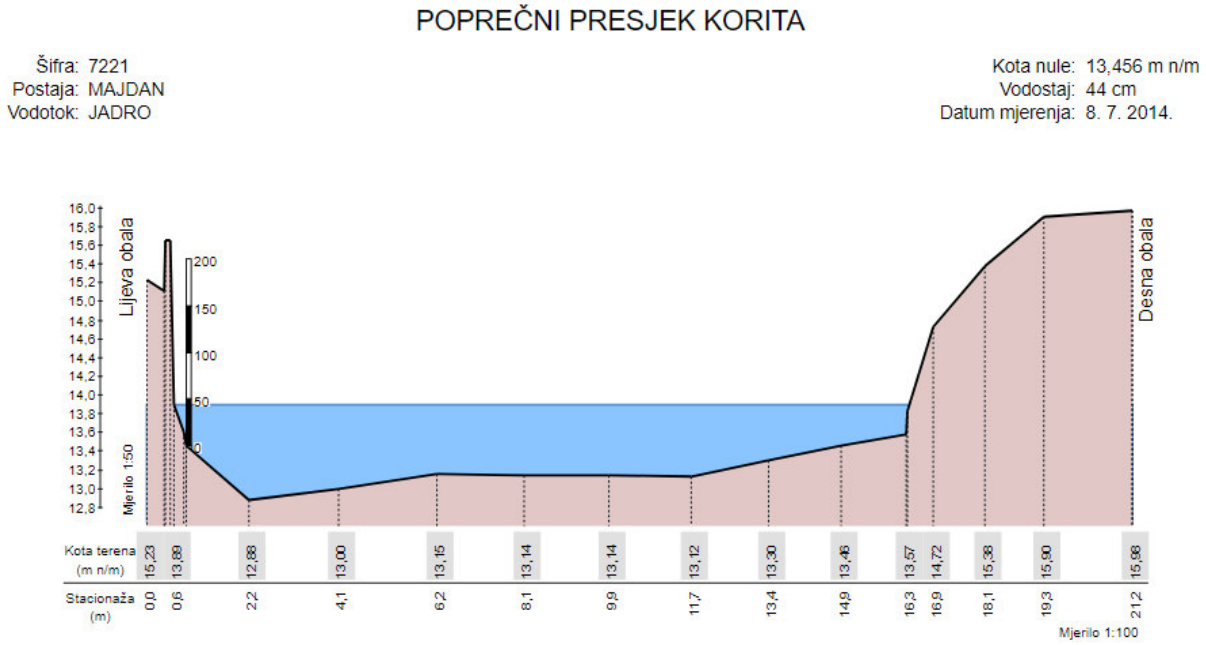
Promatrana lokacija vodomjerne postaje sa njenim podacima dana je na *Slika 16*.

Za dobivanje srednjih mjesečnih protoka, obrada se izvršila na način da se zbroje svi srednji dnevni protoci tog mjeseca, te podjele sa brojem dana tog istog mjeseca.

Uz srednje mjesečne protoke, izračunati su minimalni i maksimalni mjesečni protok. Minimalni mjesečni protok određen je na temelju najmanjeg srednjeg dnevnog protoka tog mjeseca, a maksimalni na temelju najvećeg srednjeg dnevnog protoka.



Slika 16. Prikaz mjerne postaje Majdan sa njenim podacima [34]



Slika 17. Poprečni presjek korita rijeke Jadro [34]

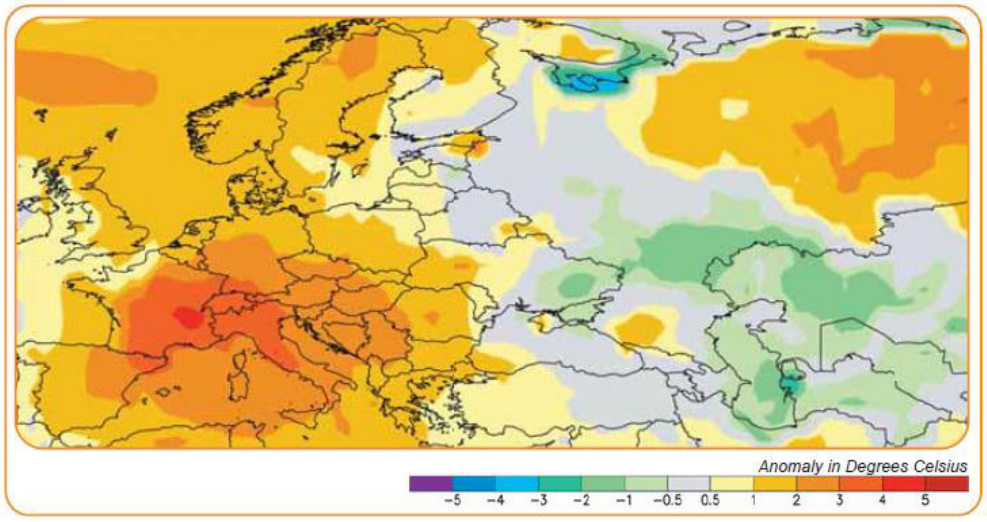
4.1.1. Toplinski udar 2003. godine

Od 1950. godine do danas, na velikom području Europe, pojavilo se mnogo intenzivnih i vremenski dugih toplinskih valova. Imali su značajan učinak na stopu smrtnosti populacije, regionalnu ekonomiju zahvaćenog područja i prirodne ekosustave. Najsnažniji toplinski val zabilježen je 2010. godine na području Euroazije, a drugi najsnažniji zabilježen je 2003. godine na području centralne Europe.

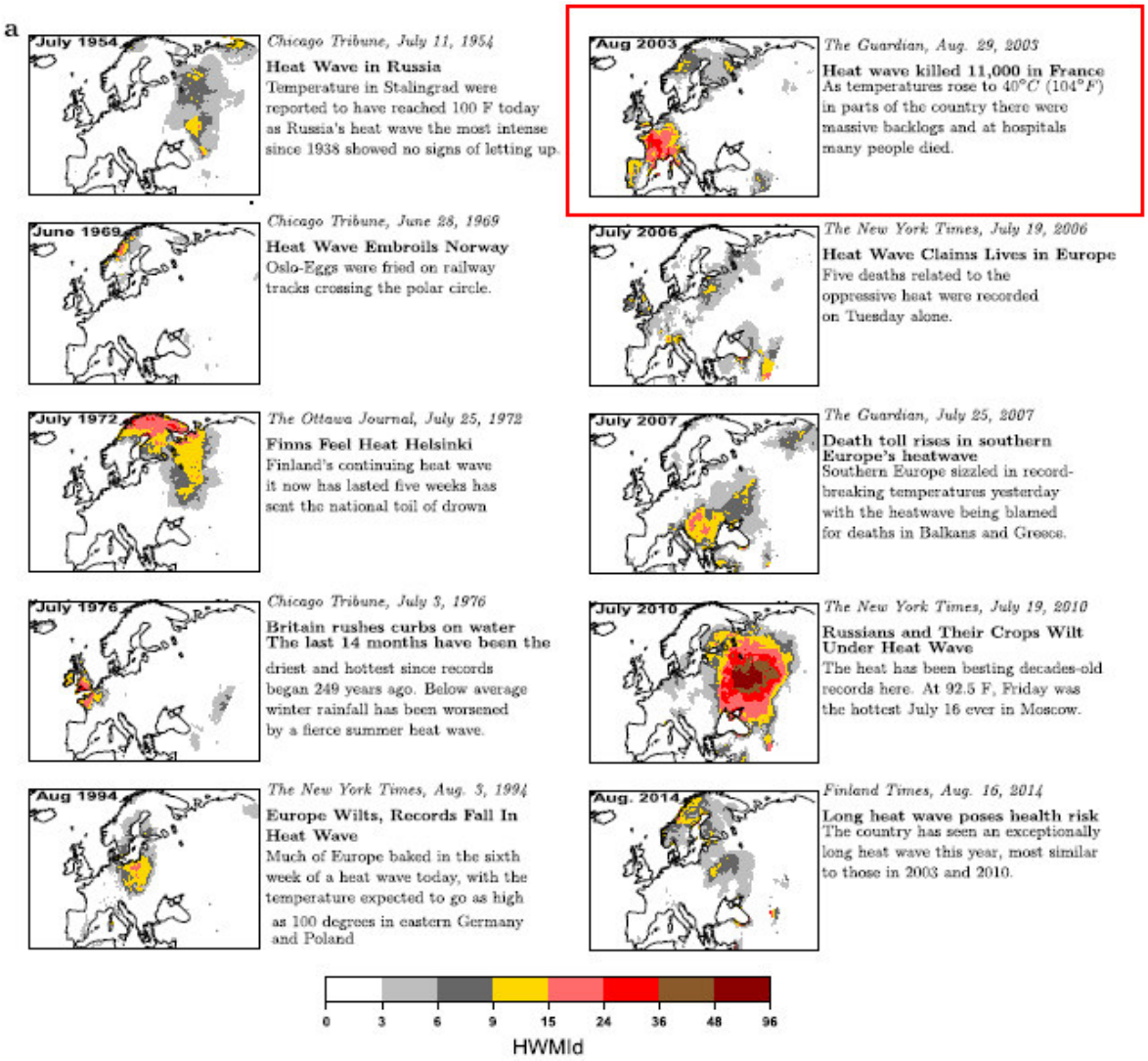
Prema najnovijim istraživanjima, toplinski valovi su klasificirani univerzalnim indeksom intenziteta toplinskog vala (HWMI – novel heat wave magnitude index) koji sumira nekoliko pokazatelja kao što su temperature koje prelaze normaliziranu graničnu vrijednost temperaturne anomalije intenzivnih toplinskih događaja u jedinstveni broj. Međutim u studiji (*Slika 19.*) pokazano je da taj indeks ima određene granice kod klasifikacije iznimno vrućih toplinskih događaja. Zbog toga je uveden novi modificirani dnevni indeks intenziteta toplinskog vala (HWMId – heat wave magnitude index daily).[35]

U ljetnom razdoblju 2003., kao direktna posljedica toplinskog vala, procijenjeno je da je poginulo ukupno između 20 000 i 70 000 ljudi. Na nekim dijelovima Europe, posebno u Francuskoj, zabilježeno je opadanje vodostaja u rijekama što je posebno narušilo režime rada nuklearnih elektrana koje za hlađenje reaktora koriste vodu iz rijeka. [36]

Utjecaji toplinskog vala zabilježeni su i za sezonsku morsku struju koja se javlja u Mediteranskom moru (Atlantic Ionian Stream), te na stratifikaciju mora. [35]



Slika 18. Prikaz ekstremnih devijacija od prosječne temperature za vrijeme toplinskog vala 2003. god [36]

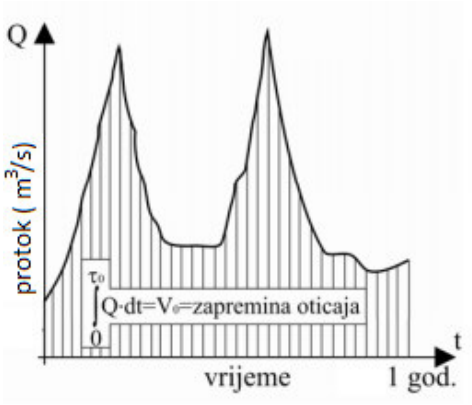


Slika 19. Prostorna raspodjela HWMId vrijednosti da 10 najsnažnijih toplinskih valova u razdoblju 1950 – 2015. [35].

Na slici 21. prikazana je prostorna raspodjela vrijednosti modificiranog dnevnog indeksa intenziteta toplinskog vala (HWMId). Vidi se da HWMId na području centralne Europe poprima najveće vrijednosti 2003. godine (označeno crvenim kvadratom).

4.2. Hidrogram protoka

Hidrogram protoka je grafički prikaz protoka Q u funkciji vremena t, $Q = f(t)$.



Slika 20. Općeniti prikaz hidrograma otjecanja [37]

Na hidrogramima su direktno vidljive varijacije protoka tokom promatranog vremena, u ovom slučaju tokom cijele godine. Preko njih se najlakše odredi bezoborinsko vrijeme, ali i druge karakteristike promatranog vodotoka. Analiza opadajućeg dijela hidrograma otjecanja koji odgovara bezoborinskom razdoblju zove se analiza recesije.

Prikazom svih srednjih dnevnih protoka u odnosu na vrijeme dobije se hidrogram protoka za svaku od promatranih godina.

Svi hidrogrami dobiveni analizom protoka promatranih godina, prikazani su u poglavlju Prilozi *7.1. Prilozi obrade protoka sa mjerne postaje Majdan*.

4.3. Krivulja trajanja protoka

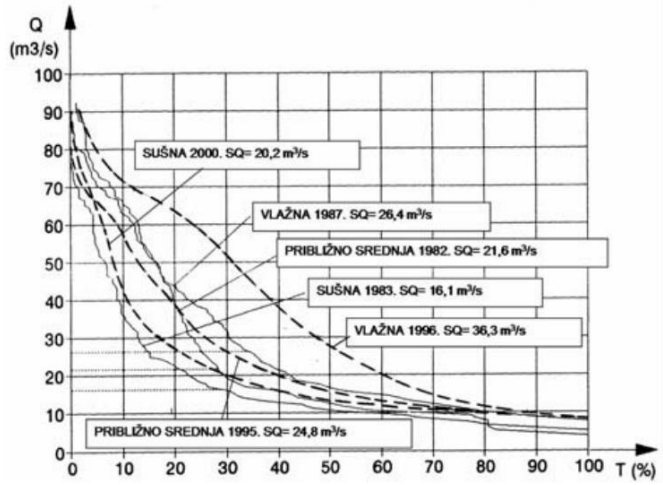
Krivulja trajanja protoka je krivulja koja pokazuje postotak vremena ili broj dana u godini, tijekom kojih je vodostaj ili protok jednak danim količinama ili veći od njih bez obzira na kronološki slijed.

Konstrukcija krivulje trajanja temelji se na krivulji učestalosti promatrane hidrološke varijable (vodostaj ili protoka). Krivulje trajanja pokazuju hidrološke karakteristike protoka za neki riječni profil unutar riječnog sliva i mogu poslužiti za usporedbu medu slivovima.

Krivulja trajanja protoka, zajedno s hijetogramom, nivogramom, hidrogramom, krivuljom trajanja vodostaja i krivuljama učestalosti vodostaja i protoka, pripada osnovnim grafičkim prikazima u hidrologiji.

Nagib krivulje trajanja ovisi o vrsti ulaznih podataka – jesu li protoci srednji dnevni, srednji mjesečni ili srednji godišnji.

Uobičajeno je, a i najispravnije, primjenjivati krivulje trajanja određene na osnovi srednjih dnevnih protoka. Krivulje trajanja srednjih dnevnih protoka za prosječnu godinu, konstruirane na osnovi podataka iz višegodišnjega razdoblja, redovito su zaglađene. Ovo se svojstvo može iskoristiti na teorijskoj osnovi upotrebom teorijskih raspodjela. Prema tome, krivulje trajanja definirane na osnovi podataka iz dugih vremenskih nizova moguće je dobro aproksimirati teorijskim krivuljama raspodjela s najviše tri parametra. Preporučaju se log-normalna raspodjela $X \sim LN\ (\mu, \sigma^2)$, jer ona najbolje opisuje prirodne pojave kod kojih slučajna varijabla ne može poprimiti negativne vrijednosti.



Slika 21. Primjer krivulja trajanja protoka za različite karakteristične godine (vlažnu, približno srednju i sušnu)[38]

Konstrukcija krivulje trajanja protoka temelji se na osnovi razmatrane hidrološke varijable, srednjih dnevnih protoka, koji su rangirani od najveće vrijednosti protoka do najmanje. Brojčano se rangira svaki podatak počevši s 1 za najveću vrijednost do n za najmanju, od n ukupnih podataka. [38]

Postotak vremena kada je promatrana hidrološka vrijednost bila premašena računa se prema izrazu:

$$postotak = \frac{rang}{ukupni\ broj\ podatka} \cdot 100 \qquad (1)$$

Konstruirane krivulje trajanja za godine 2003., 2010.- 2016. prikazane su u poglavlju *7.1. Prilozi obrade protoka sa mjerne postaje Majdan.*

4.4. Odabir teorijske funkcije distribucije koncentracije opterećenja

4.4.1. Procjena koncentracije za primjerno opterećenje L od 100 kg/dan

Za početnu analizu ovisnosti najnižih vrijednosti protoka za kritično razdoblje uzeto je potencijalno opterećenje od 100 kg/dan. Zbog analiziranja najsušnijeg perioda godine (lipanj, srpanj i kolovoz), zanemaren je utjecaj bujičnog toka Rupotina, koji ne prihranjuje tok rijeke Jadro tokom tog perioda. Promatranje samo ljetnog perioda je iz razloga što su tada protoci u rijeci najmanji, a to nam rezultira većim koncentracijama. Te ukoliko zadovoljimo granične koncentracije pokazatelja sa najmanjim protocima, u ostalom dijelu godine će sigurno zadovoljiti.

Tablica 5. Prikaz protoka za godine korištene za izradu analize

	Protoci m3/s za 2003. god.			Protoci m3/s za 2016. god.		
Dan / mjesec	**lipanj**	**srpanj**	**kolovoz**	**lipanj**	**srpanj**	**kolovoz**
1	2.378	2.139	1.887	3.424	2.868	2.389
2	2.378	2.045	1.887	3.584	2.805	2.489
3	2.378	2.043	1.887	4.665	2.830	2.458
4	2.378	2.207	1.850	4.774	2.677	2.436
5	2.378	2.207	1.856	3.819	2.661	2.344
6	2.378	2.207	1.837	3.626	2.742	2.390
7	2.378	2.091	1.810	3.445	2.653	2.536
8	2.378	2.070	1.792	3.388	2.653	2.460
9	2.378	2.111	1.765	3.388	2.605	2.352
10	2.378	2.100	1.745	3.538	2.742	2.376
11	2.378	2.079	1.755	3.632	2.645	2.299
12	2.230	2.043	1.770	3.692	2.718	2.345
13	2.200	2.050	1.782	4.143	2.718	2.292
14	2.200	2.043	1.758	4.411	2.734	2.345
15	2.207	2.043	1.662	4.026	2.669	2.314
16	2.111	2.043	1.384	3.793	2.799	2.322
17	2.104	2.043	1.323	3.582	2.745	2.246
18	2.056	2.043	1.310	3.412	2.694	2.335
19	2.043	2.043	1.274	3.388	2.719	2.345
20	2.353	2.018	1.259	3.388	2.678	2.299
21	2.453	2.013	1.284	3.280	2.629	2.307
22	2.453	1.992	1.300	3.217	2.629	2.307
23	2.378	1.945	1.338	3.173	2.671	2.328
24	2.378	1.933	1.338	3.144	2.678	2.337
25	2.378	1.942	1.338	3.074	2.629	2.291
26	2.179	1.946	1.338	3.030	2.591	2.353
27	2.118	1.887	1.338	2.978	2.606	2.294
28	2.173	1.887	1.338	2.995	2.517	2.291
29	2.152	1.887	1.338	2.978	2.501	2.331
30	2.207	1.887	1.338	2.986	2.450	2.348
31	-	-	1.338	-	-	2.375

Iz podataka o protocima prethodno prikazani u *Tablica 5.* dobivena je izlazna koncentracija za vodno tijelo prema izrazu:

$$C = \frac{L}{Q} \cdot 0{,}011574 \qquad (2)$$

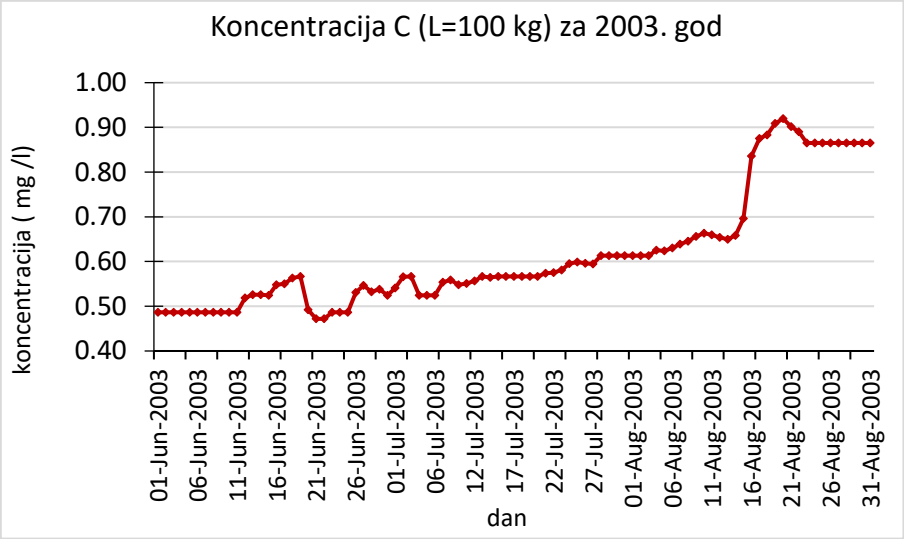
gdje je:

L (kg/ dan) opterećenje vodnog tijela (uzrokovano N i P)

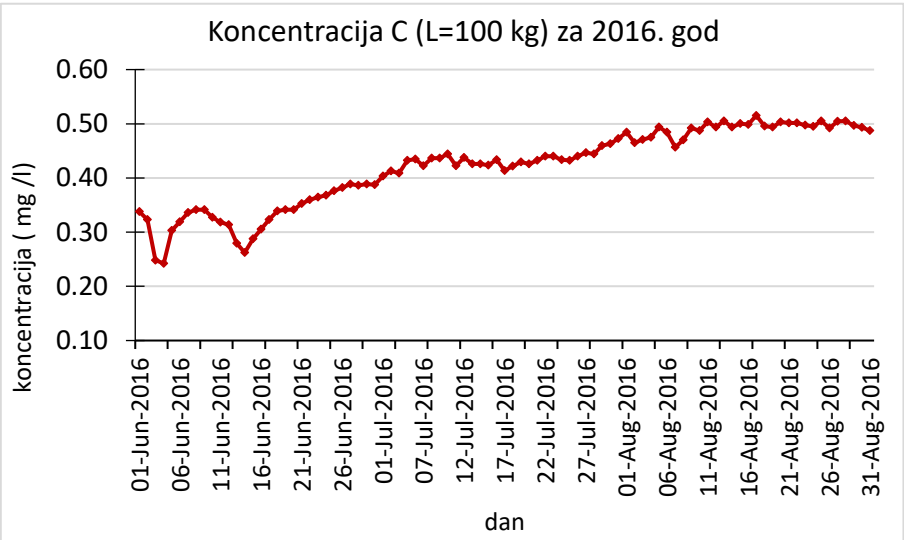
Q (m3/ s) protok (tromjesečje 2003. i 2016. godine)

C (mg/ l) je koncentracija na izlaznom profilu vodnog tijela.

Dobivena koncentracija vrijedi za bilo koji pokazatelj, jer je dobivena iz potencijalnog opterećenja.



Graf 1. Vremenski slijed koncentracije za tromjesečje 2003. godine



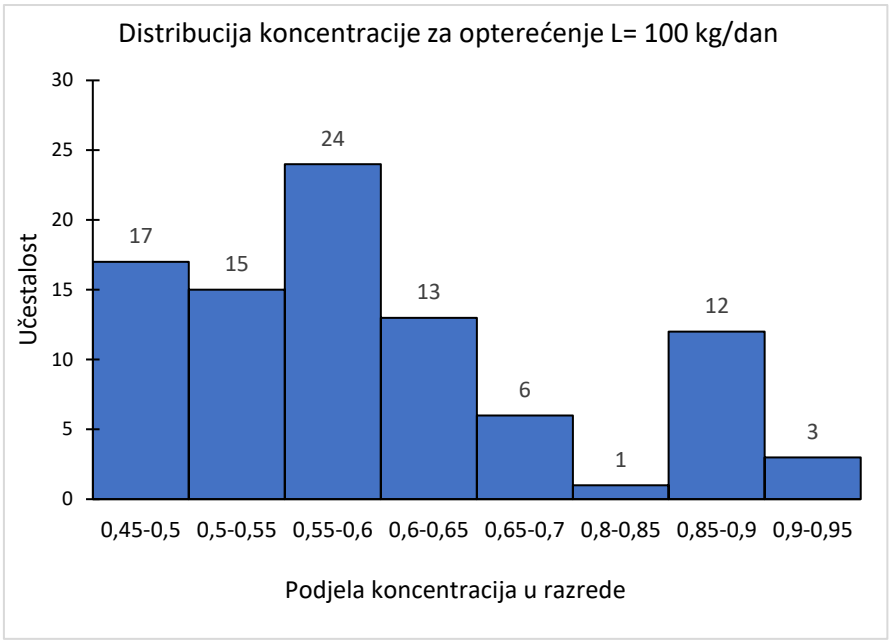
Graf 2. Vremenski slijed koncentracije za tromjesečje 2016. godine

4.4.2. Definiranje teorijske raspodjele koncentracije

Za definiranje empirijske raspodjele, potrebno je dobivene podatke o koncentraciji svrstati u razrede. Na taj način dobijemo prikaz učestalosti pojedine koncentracije.

Obrada podataka za 2003. godinu:

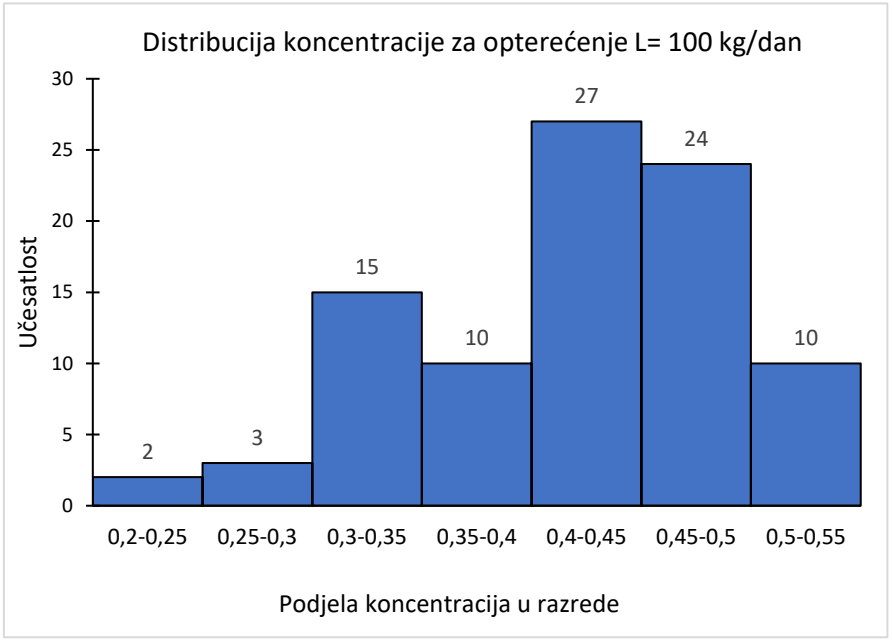
Koncentracija C (mg/l)	Učestalost
0,45-0,5	17
0,5-0,55	15
0,55-0,6	24
0,6-0,65	13
0,65-0,7	6
0,8-0,85	1
0,85-0,9	12
0,9-0,95	3
SUMA	**91**



Graf 3. Grafički prikaz učestalosti za tromjesečje 2003. god.

Obrada podataka za 2016. godinu:

Koncentracija C (mg/l)	Učestalost
0,2-0,25	2
0,25-0,3	3
0,3-0,35	15
0,35-0,4	10
0,4-0,45	27
0,45-0,5	24
0,5-0,55	10
SUMA	**91**



Graf 4. Grafički prikaz učestalosti za tromjesečje 2016. god.

Za procjenu parametara teorijske distribucije potrebno je analizirati uzorak koncentracije.

Teorijske distribucije korištene za opisivanje empirijske distribucije su Normalna $X \sim N\ (\mu,\ \sigma^2)$ i Log normalna $X \sim LN\ (\mu,\ \sigma^2)$ razdioba. Odabrane su upravo njih dvije jer one najbolje opisuju prirodne pojave.

Srednja vrijednost i standardna devijacija teorijskih distribucija dobivene su na temelju uzoraka dobivenih koncentracija.

Teorijska distribucija je definirana na temelju parametara distribucije i generiranih vrijednosti slučajne varijable.

Normalna razdioba $X \sim N\ (\mu,\ \sigma^2)$

Slučajna varijabla X ima normalnu raspodjelu ako je njena funkcija gustoće vjerojatnosti:

$$f(x) = \frac{1}{\left(\sigma\sqrt{2\pi}\right)} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \tag{3}$$

Gdje x može biti ($-\infty, \infty$).

Funkcija normalne distribucije je:

$$F(x) = \frac{1}{\left(\sigma\sqrt{2\pi}\right)} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}\, dt \tag{4}$$

Normalna distribucija je izuzetno važna u statistici i često se koristi u prirodnim i društvenim naukama, a za procjenu slučajnosti proučavanih varijabli, čije distribucije nisu poznate.

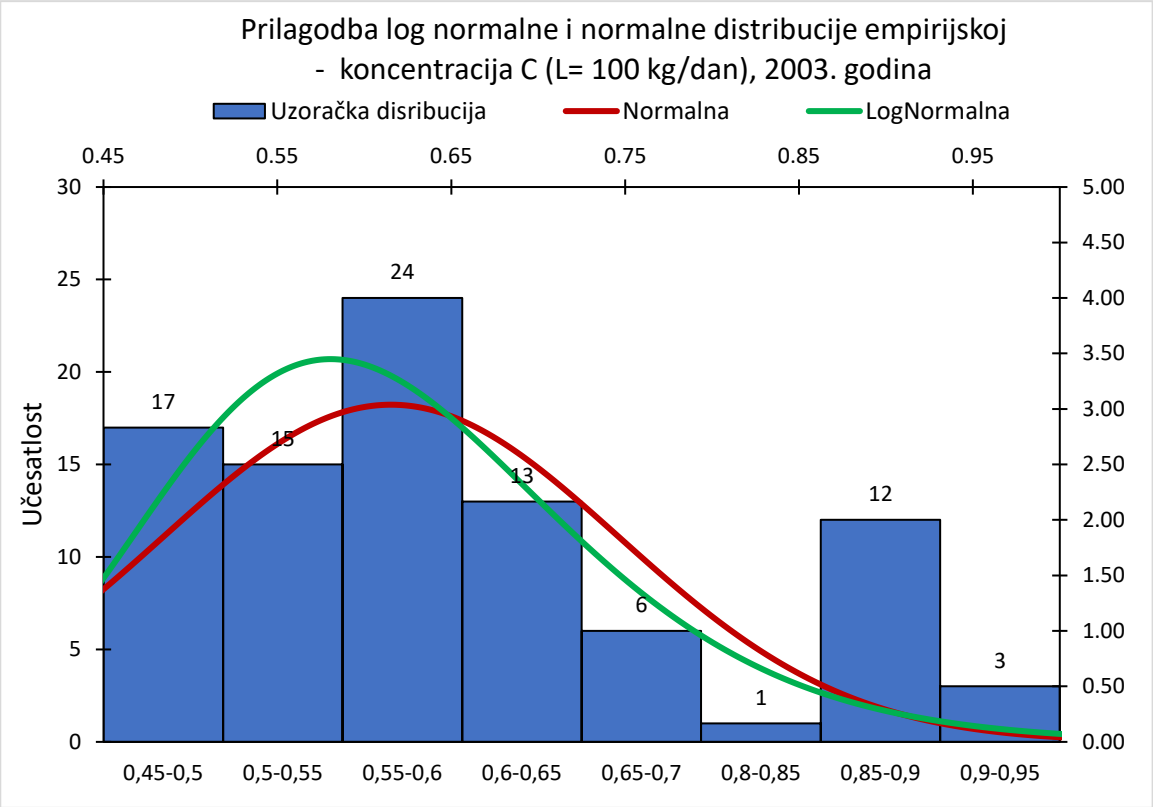
Log normalna razdioba $X \sim LN\ (\mu,\ \sigma^2)$

Slučajna varijabla X ima log normalnu raspodjelu ako slučajna varijabla Y = ln (X) ima normalnu razdiobu $Y \sim N\ (\mu,\ \sigma^2\ )$.

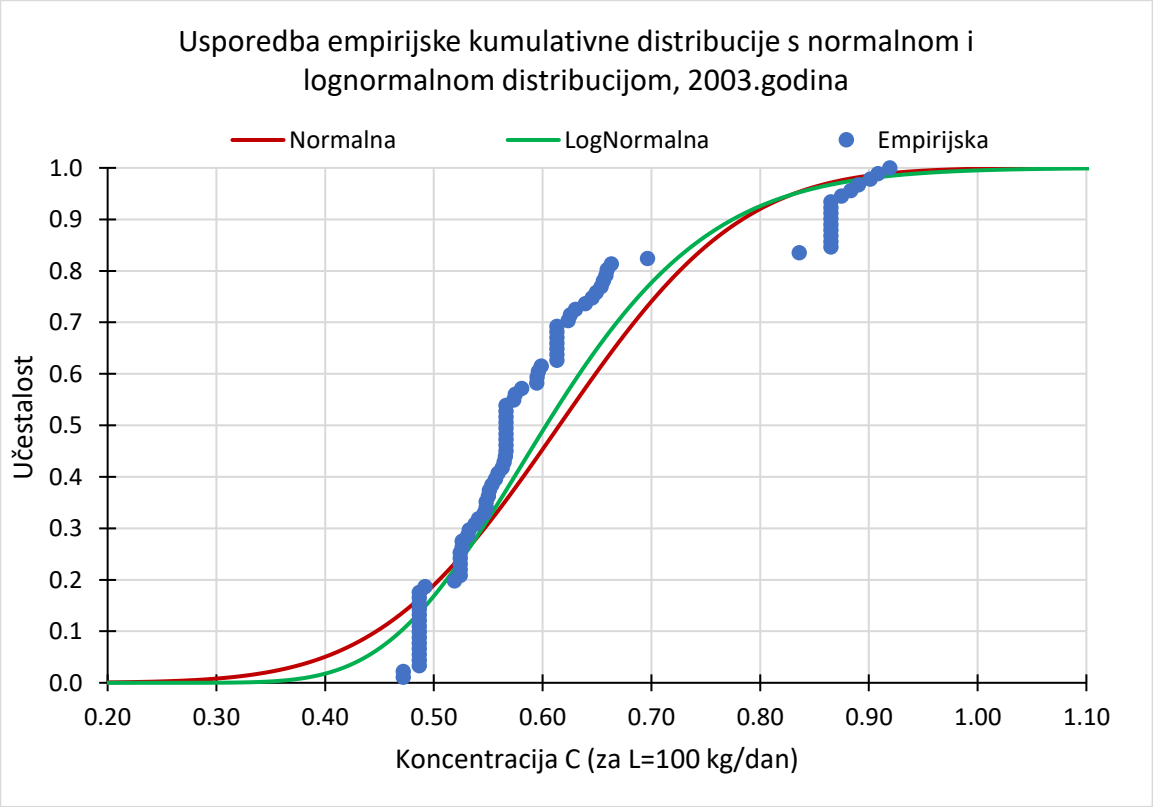
$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \le 0 \\ \dfrac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(\frac{\ln x-\mu}{\sigma})^2}, & x > 0 \end{cases} \tag{5}$$

Kumulativna funkcija log normalne distribucije dana je izrazom:

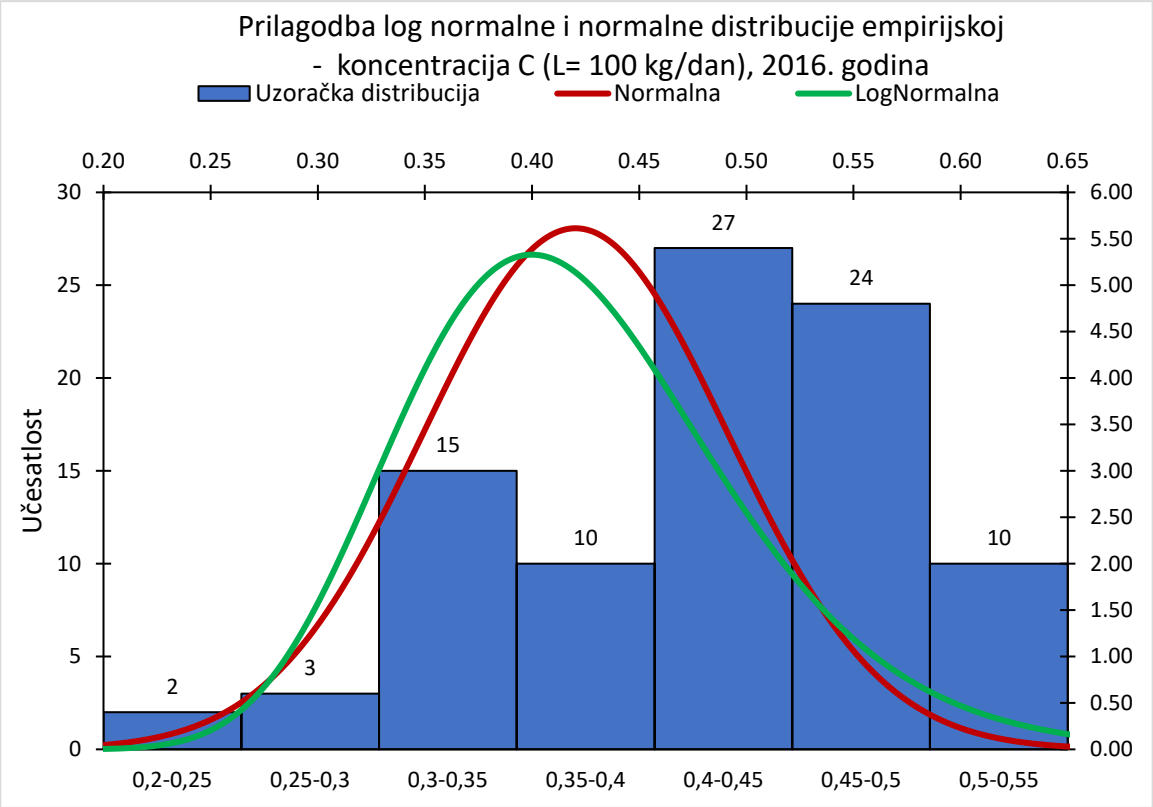
$$F(x) = 0{,}5 + \Phi\left(\frac{lnx - \mu}{\sigma}\right), \qquad x > 0 \tag{6}$$



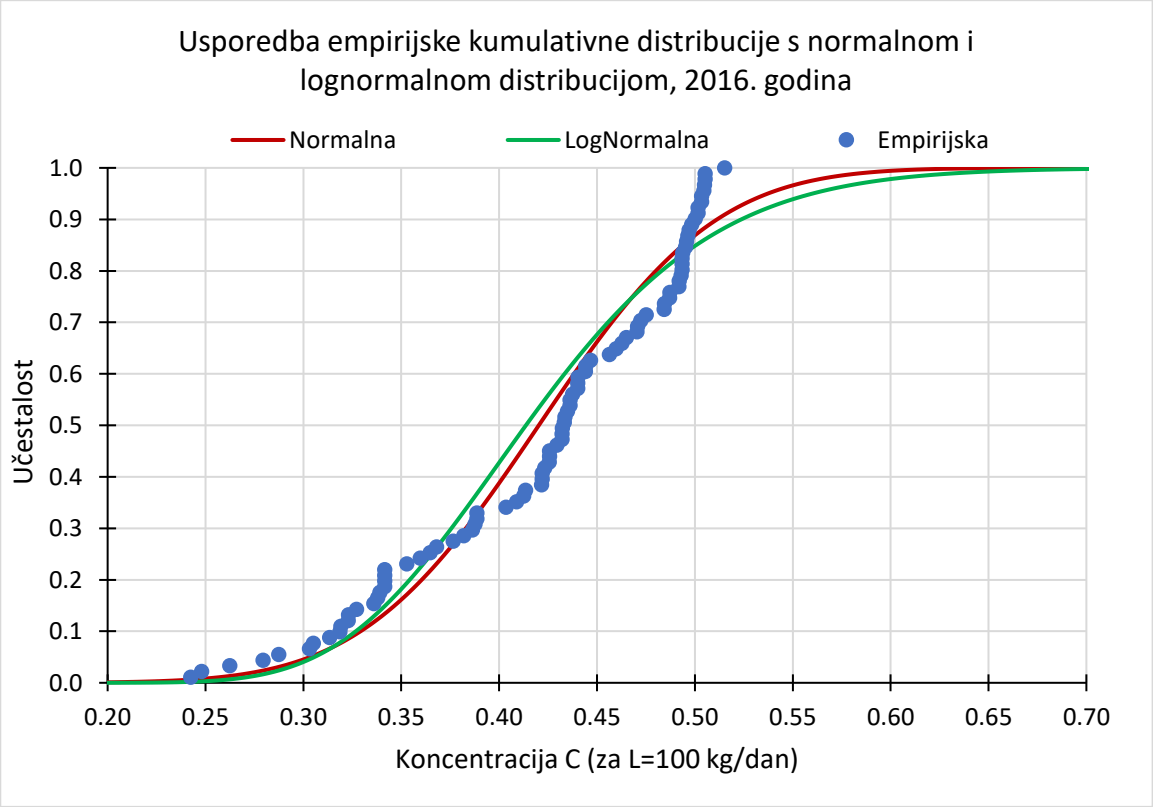
Graf 5. Grafički prikaz usporedbe PDF empirijske distribucije sa PDF teorijskih distribucija



Graf 6. Grafički prikaz usporedbe CDF empirijske distribucije sa CDF teorijskih distribucija



Graf 7. Grafički prikaz usporedbe PDF empirijske distribucije sa PDF teorijskih distribucija



Graf 8. Grafički prikaz usporedbe CDF empirijske distribucije sa CDF teorijskih distribucija

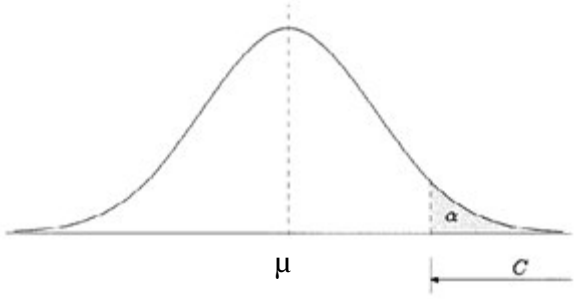
4.4.3. Kolmogorov- Smirnovljev test

Kolmogorov- Smirnovljev test (KS- test) je neparametarski test značajnosti, a primjenjiv je samo u slučaju kada obilježje X ima kontinuiranu funkciju distribucije vjerojatnosti F (x). Ovaj test se zasniva na uspoređivanju funkcije distribucije vjerojatnosti F (x) s empirijskom ili uzoračkom funkcijom distribucije F_n (x).

Empirijska distribucija F_n (x)aproksimira funkciju distribucije F (x) = P (X ≤ x) slučajne varijable X i aproksimacija je to bolja što je dimenzija uzorka n veća.

Funkcija F_n (x) ovisi o slučajnom uzorku (X1, X2, …, X_n) i može se shvatiti kao vrijednost pripadne statistike:

$$\widehat{F_n}(x) = \frac{broj\ X_i - ova\ koji\ su \leq x}{n} \ ,\ x \in \mathbb{R} \qquad (7)$$



Slika 22. Prikaz kritičnog skupa i razine značajnosti testirane hipoteze

C predstavlja kritični skup za test, te ako vrijednost iz uzetog uzorka upadne u taj kritični skup, hipoteza se odbacuje, vjerojatnost α se naziva razina značajnosti [39]

Formalni zapis glasi:

$$P\left(D_n \geq D_{n,\alpha}\right) = \alpha \qquad (8)$$

Vrijednost D_n predstavlja razliku vrijednosti empirijske funkcije gustoće i teorijske funkcije gustoće. Odredit ćemo broj $D_{n,\alpha}$ tako da je vjerojatnost P odstupanja ne manja od broja $D_{n,\alpha}$ jednaka α, gdje je α „mali broj“.

Broj $D_{n,\alpha}$ predstavlja kritičnu vrijednost, a ovisi o veličini uzorka n i α, a očitan je iz tablice u prilogu broj *7.3.*

Ako je $D_n \geq D_{n,\alpha}$ hipoteza se odbacuje, a ako je $D_n < D_{n,\alpha}$, nema razloga da se na temelju ostvarenog uzorka odbaci hipoteza.

Rezultat KS testa prikazani su redom za 2003. godinu. te za 2016. godinu.

Tablica 6. Prikaz rezultata KS testa za 2003. godinu

2003. godina	D_n (Normalna)	D_n(Log Normalna)
D_n	0.19846	0.16432
$D_{n,\alpha}$ (α=0,01 i n=91)	0.16820	0.16820
	ne prihvaća se	prihvaća se

Tablica 7. Prikaz rezultata KS testa za 2016. godinu

2016. godina	D_n (Normalna)	D_n(Log Normalna)
D_n	0.12318	0.15669
$D_{n,\alpha}$ (α=0,01 i n=91)	0.16820	0.16820
	prihvaća se	prihvaća se

Za razinu značajnosti $\alpha = 0{,}01$ test se ne prihvaća za Normalnu razdiobu, a prihvaća se za Log normalnu razdiobu. Zbog toga je u daljnjoj analizi korištena samo Log normalna razdioba.

4.5. TMDL pristup

TMDL (Total maximum daily load) predstavlja procjenu ukupnog maksimalnog dnevnog opterećenja promatranog ekološkog ili kemijskog pokazatelja onečišćenja koje vodno tijelo može prihvatiti bez prekoračenja standarda kvalitete vodnog tijela. Pristup je primjenjiv za točkasta i difuzna opterećenja.

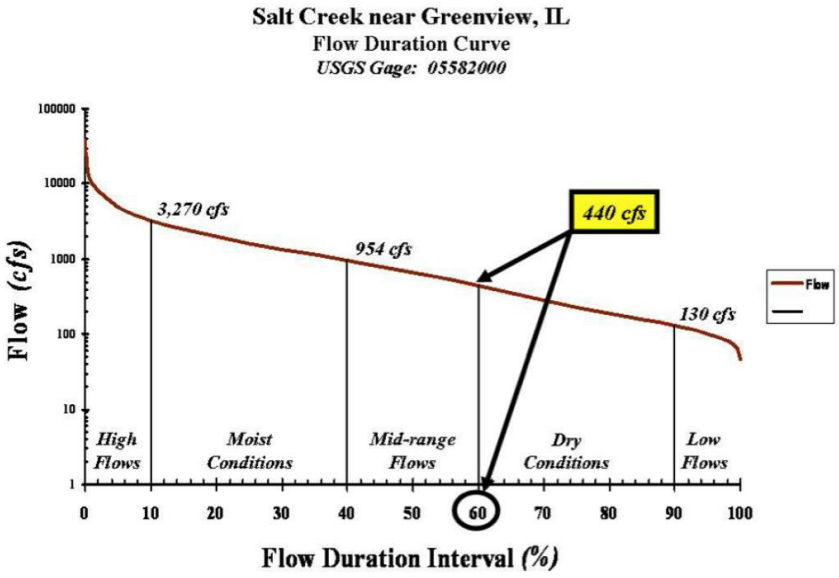
Ukupno maksimalno dnevno opterećenje je zapravo rezultat analize trenutne kvalitete u vodnom tijelu za određeni onečišćivač, te analize trenutnih i eventualnih opterećenja na vodno tijelo. Uz pomoć graničnih vrijednosti koje TMDL daje mogu se izraditi planovi i programi mjera koji će stanje vodnog tijela približiti ciljanom stanju koje je propisano Okvirnom direktivom o vodama. [40]

4.5.1. Krivulja Trajanja Protoka i Krivulja Trajanja Opterećenja

TMDL pristup koristi krivulje trajanja, kojima karakterizira varijabilnost koncentracija za različite režime tečenja. Koristeći krivulje trajanja možemo bolje razumjeti učestalost i intenzitet prekoračenja standarda kvalitete vodnog tijela.

Krivulja trajanja je grafički prikaz koji predstavlja postotak vremena tijekom kojeg je vrijednost promatranog parametra jednaka ili prekoračena. Analogno krivulja trajanja opterećenja može prikazivati kumulativnu učestalost srednjih dnevnih protoka, koncentracija ili dnevno opterećenje, te predstavlja postotak vremena tijekom kojeg je vrijednost opterećenja jednaka ili prekoračena.

Krivulje trajanja protoka (KTP) mogu se podijeliti u nekoliko sekcija koje opisuju veličine protoka u vodotoku. Najčešće se dijele na zone koje predstavljaju velike protoke (0-10% trajanja protoka), vlažne uvjete (10-40% trajanja protoka), srednje protoke (40-60%), suhe uvijete (60-90%) i male protoke (90-100%). [40]



Slika 23. Primjer krivlje trajanja protoka s podjelom na zone [40]

Krivulje trajanja protoka (KTP) su temelji za izrade krivulja trajanja opterećenja (KTO), a krivulje trajanja opterećenja su temelj TMDL analiza. Krivulja trajanja opterećenja se određuje za svaki biološki ili fizikalno- kemijski element kvalitete.

Prvi korak u izradi krivulje trajanja opterećenja je konstrukcija krivulje trajanja protoka pri čemu se najčešće koriste srednji dnevni protoci. Krivulju trajanja opterećenja izrađujemo iz krivulje trajanja protoka koristeći sljedeći izraz:

$$KT(L) = KT(Q) \cdot C_{gr} \tag{9}$$

Gdje:

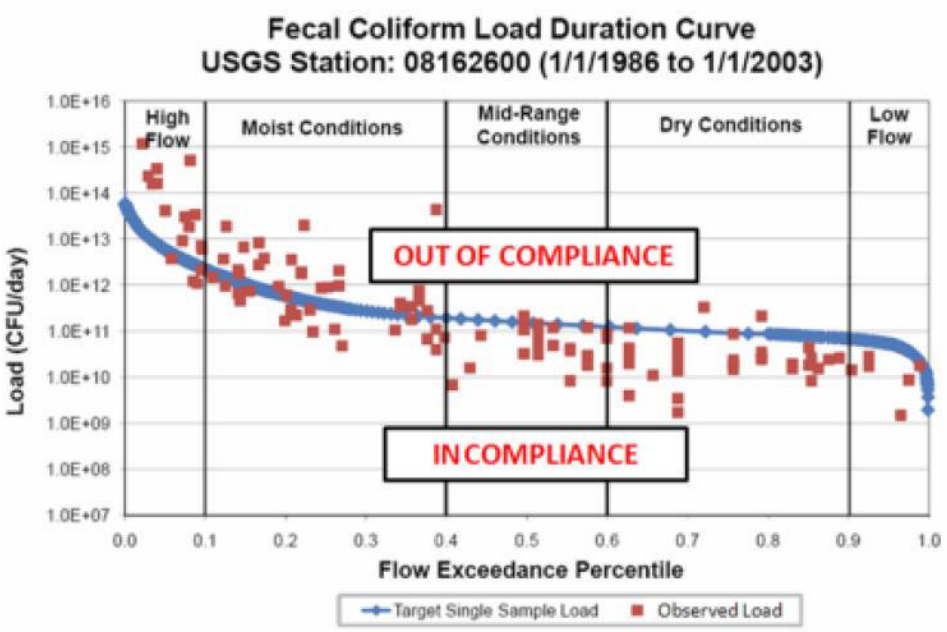
KT (L) predstavlja krivulju trajanja opterećenja,

KT(Q) krivulju trajanja protoka za određeni profil u rijeci,

C_{gr} graničnu koncentraciju promatranog elementa kvalitete koja je najčešće konstantna za sve protoke.

Tako izrađena krivulja trajanja opterećenja predstavlja dozvoljeno opterećenje u vodnom tijelu za različite režime tečenja i daje nam uvid u postotak dana u promatranom periodu za koje je vrijednost maksimalnog opterećenja jednaka ili prekoračena.

Također nam daje mogućnost da mjerene vrijednosti na terenu usporedimo s graničnom krivuljom opterećenja i vidimo da li je maksimalno opterećenje prekoračeno samo za velike protoke, male protoke ili za cijeli raspon režima tečenja. Upravo iz tog razloga važno je u trenutku mjerenja koncentracije u vodotoku također izmjeriti i protok.



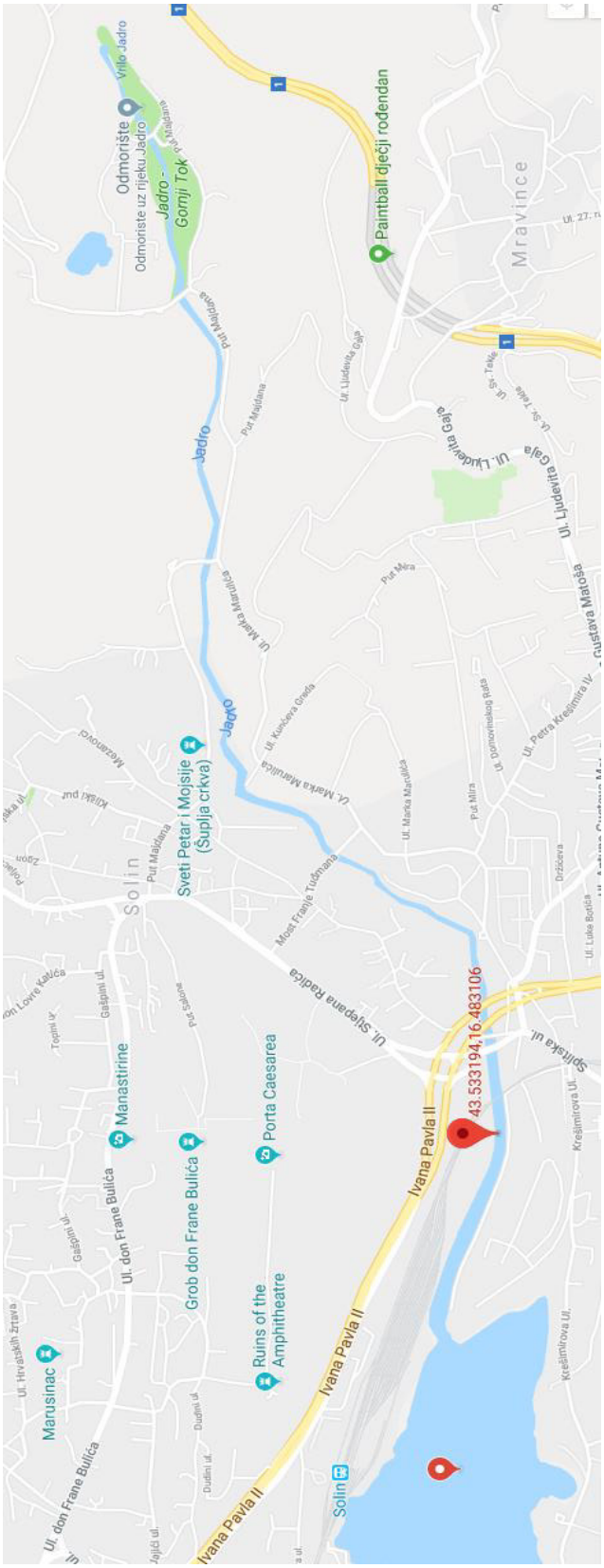
Slika 24. Primjer usporedbe mjerenih vrijednosti koncentracija s krivuljom trajanja opterećenja [41]

Na *Slika 24.* koja prikazuje primjer usporedbe mjerenja uzetih u programu monitoringa s krivuljom trajanja opterećenja koja predstavlja maksimalno dozvoljeno dnevno opterećenje, vidi se da mjerene vrijednosti koncentracija koje se nalaze iznad KTO prekoračuju maksimalno dozvoljeno opterećenje za određeni protok, dok su mjerene koncentracije čije su vrijednosti ispod KTO u skladu s zahtjevima kvalitete vodnog tijela.

4.5.2. TMDL analiza vodotoka rijeke Jadro za 2014. i 2015. godinu

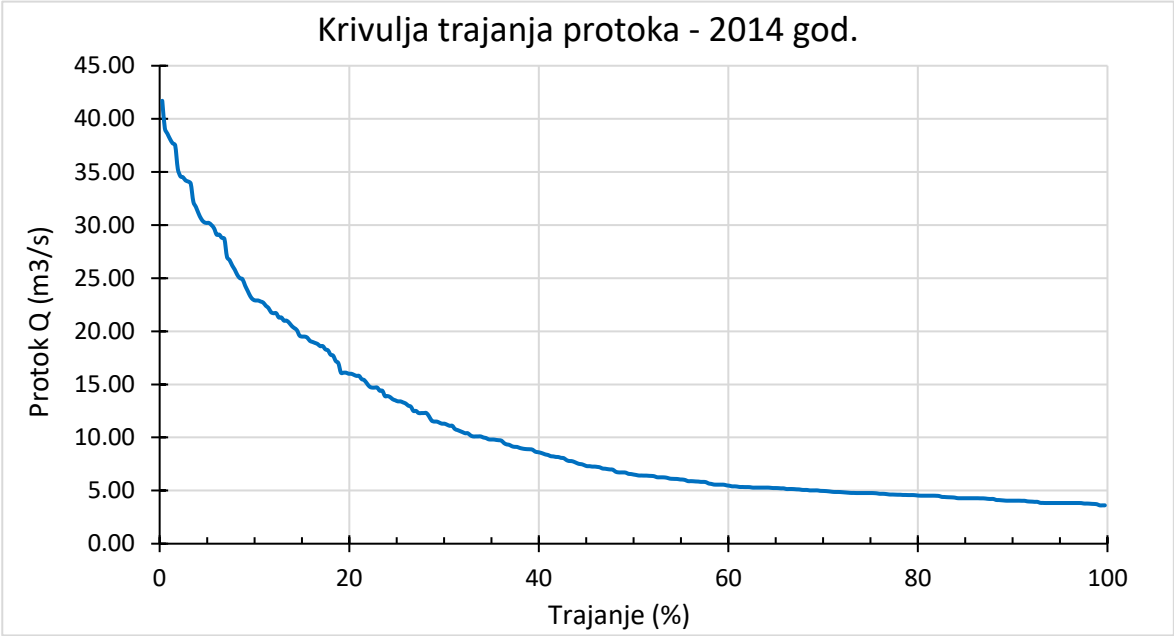
TMDL pristupom analizirana su opterećenja nutrijenata N i P. Iako su na raspolaganju bili podatci o srednjim dnevnim protocima na mjernoj postaji Majdan za 2003., 2010. – 2016. god. za analizu su odabrane 2014. i 2015. god jer su samo za te dvije godine bili na raspolaganju mjereni podatci o koncentracijama N i P.

Podatke o mjerenim koncentracijama N i P, ali i drugih fizikalno-kemijskih i bioloških pokazatelja, ustupile su Hrvatske vode koje su provele mjerenja u sklopu programa „Nadzorni i operativni monitoring prijelaznih i priobalnih voda 2014_2015“. Podaci iz programa monitoringa dati su u poglavlju *7.4*. Treba napomenuti da iako mjerenja nisu izvršena točno na profilu Majdan nego na mjestu nizvodno od mjerne postaje (*Slika 25*), za potrebe ove analize pretpostavljeno je da su te koncentracije mjerodavne za profil Majdan.

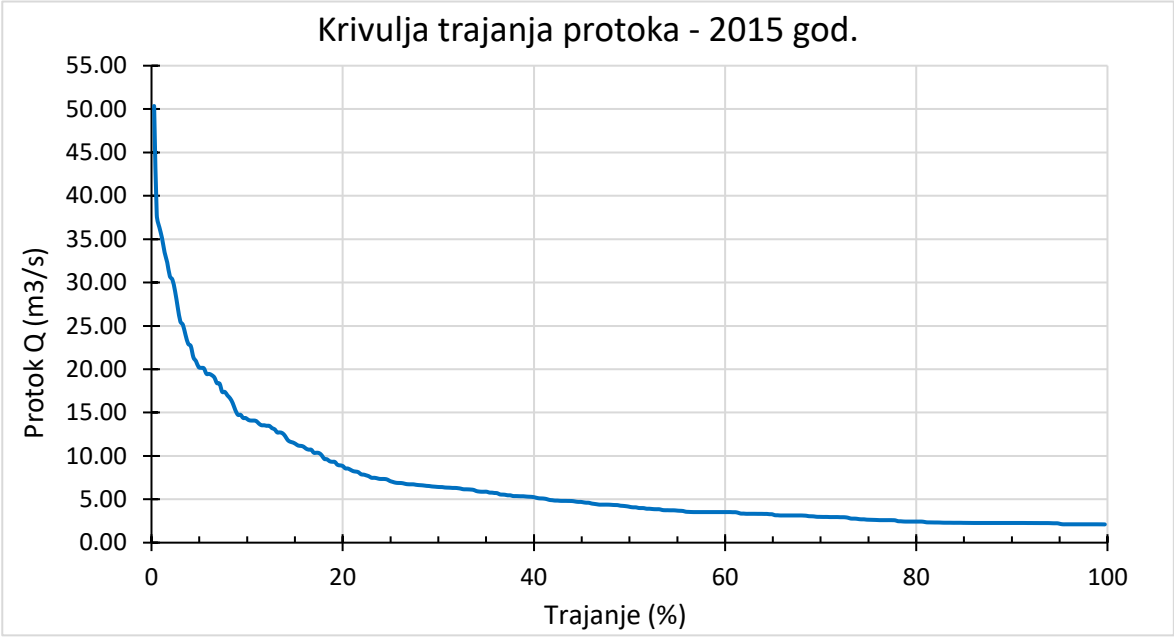


Slika 25. Slika s prikazom mjerne postaje s koordinatama

Prvi korak je konstrukcija krivulja trajanja protoka na temelju podataka o srednjim dnevnim protocima za 2014. i 2015. god. koji su dati u sklopu poglavlja *7.1.6.* i *7.1.7.*



Graf 9 Krivulja trajanja protoka (KTP) za 2014. god

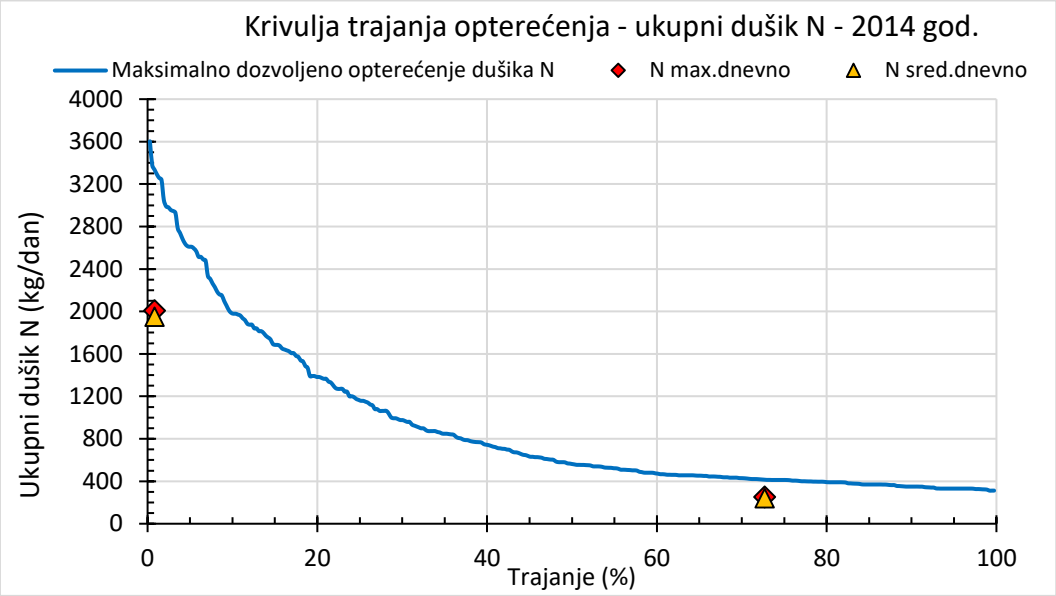


Graf 10 Krivulja trajanja protoka (KTP) za 2015. god

Koristeći izraz $KT(L) = KT(Q) \cdot C_{gr}$ iz prikazanih krivulja trajanja protoka napravljene su krivulje trajanja opterećenja za N i za P. Granične vrijednosti koncentracija C_{Ngr} i C_{Pgr} definirane su u *Tablica 4*.

4.5.3. Usporedba mjerenih koncentracija i krivulja trajanja opterećenja

Na izrađenim krivuljama trajanja opterećenja za nutrijente N i P prikazana su opterećenja dobivena iz mjerenih koncentracija danih programom „Nadzorni i operativni monitoring prijelaznih i priobalnih voda 2014_2015“ (*Prilog 7.4.2.*). Navedeni postupak omogućuje detekciju prekoračenja dozvoljene vrijednosti dnevnog opterećenja te ukazuje u kojem režimu protoka se ista događa.



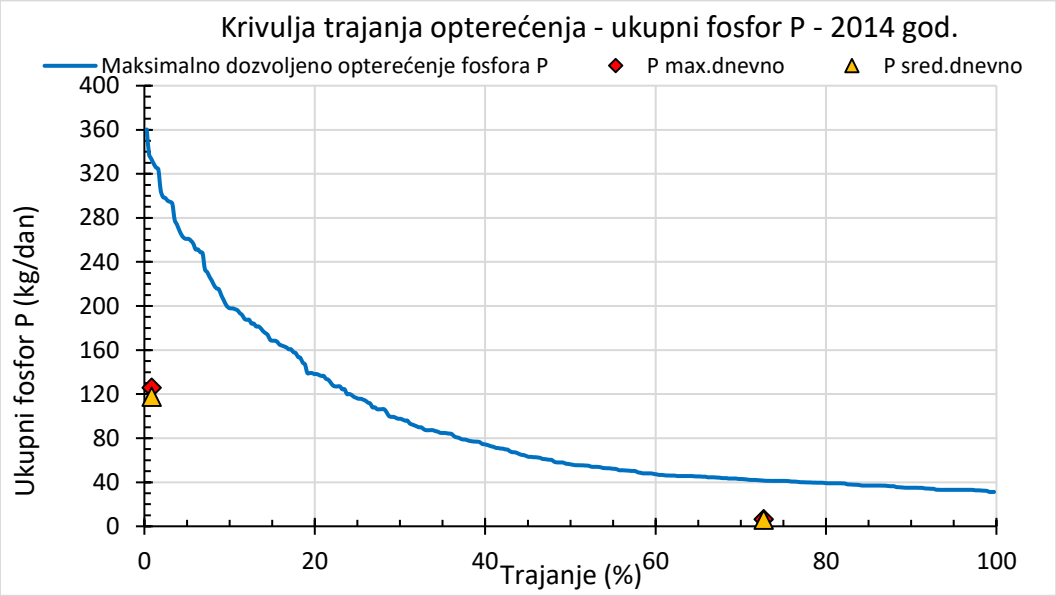
Graf 11. Krivulja trajanja maksimalno dozvoljenog dnevnog opterećenja s mjerenim koncentracijama N za 2014. god

Graf 11. prikazuje krivulju trajanja maksimalnog dozvoljenog dnevnog opterećenja dušikom (N_{gran}=1,0 mg/l) koja predstavlja dozvoljeno opterećenje u promatranom vodnom tijelu za različite režime tečenja. Na taj način se dobije uvid u postotak dana u periodu 2014. godine za koje je vrijednost maksimalnog opterećenja jednaka ili prekoračena od dozvoljene.

Crveni i žuti markeri predstavljaju opterećenja dobivena od stvarnih mjerenja dušika. Crveni označava maksimalno dnevno opterećenje, a žuti srednje dnevno opterećenje.

Markeri koji se nalaze u zoni od 0 – 10% trajanja su u zoni visokih protoka, a to znači da se monitoring odvijao upravo u vrijeme visokih protoka. Opterećenje dobiveno iz izmjerene koncentracije ukupnog dušika, za vrijeme velikih protoka, ne prelazi maksimalno dozvoljeno opterećenje za pripadajući režim. Maksimalna vrijednost opterećenja ukupnog dušika je 2006,78 kg/dan, a srednja vrijednost je 1950,03 kg/dan.

U zoni suhih uvjeta, od 60 – 90% trajanja, opterećenje ukupnog dušika također ne prelazi maksimalno dozvoljeno opterećenje za male protoke. Maksimalno opterećenje dušika je 251,93 kg/dan, a srednja vrijednost je 240,69 kg/dan.



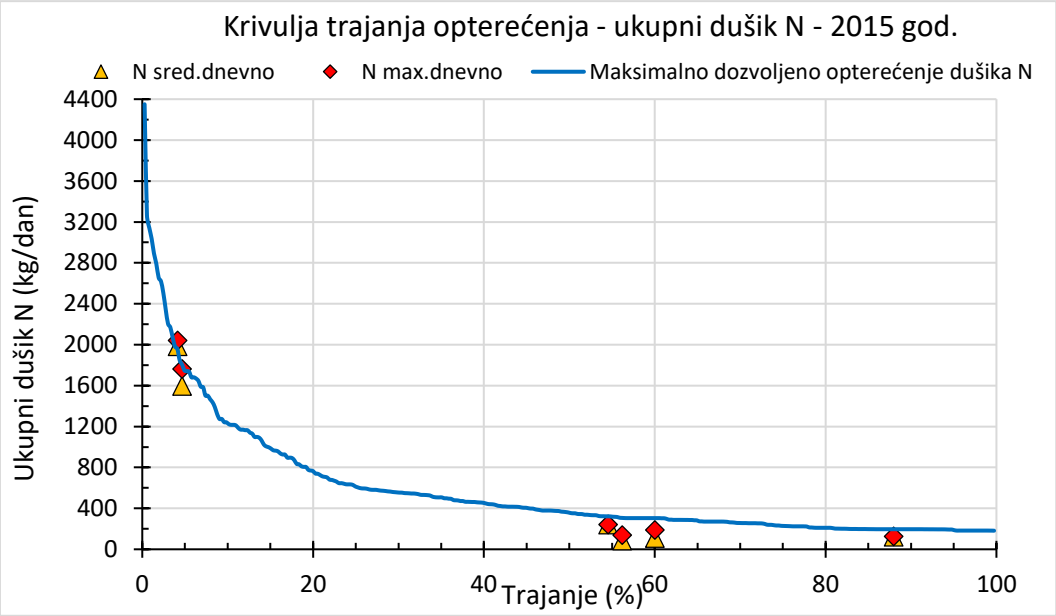
Graf 12 Krivulja trajanja maksimalno dozvoljenog dnevnog opterećenja s mjerenim koncentracijama P za 2014. god

Graf 12. prikazuje krivulju trajanja maksimalnog dozvoljenog dnevnog opterećenja fosforom (P_{gra}=0,1 mg/l) koja predstavlja dozvoljeno opterećenje u promatranom vodnom tijelu za različite režime tečenja. Na taj način se dobije uvid u postotak dana u periodu 2014. godine za koje je vrijednost maksimalnog opterećenja jednaka ili prekoračena od dozvoljene.

Crveni i žuti markeri predstavljaju opterećenja dobivena od stvarnih mjerenja fosfora. Crveni označava maksimalno dnevno opterećenje, a žuti srednje dnevno opterećenje.

Markeri koji se nalaze u zoni od 0 – 10% trajanja su u zoni visokih protoka, a to znači da se monitoring odvijao upravo u vrijeme visokih protoka. Opterećenje dobiveno iz izmjerene koncentracije ukupnog fosfora, za vrijeme velikih protoka, ne prelazi maksimalno dozvoljeno opterećenje za pripadajući režim. Maksimalna vrijednost opterećenja ukupnog fosfora je 126,02 g/dan, a srednja vrijednost je 117,91 kg/dan.

U zoni suhih uvjeta, od 60 – 90% trajanja, opterećenje ukupnog fosfora također ne prelazi maksimalno dozvoljeno opterećenje za male protoke. Maksimalno opterećenje fosfora je 6,48 kg/dan, a srednja vrijednost je 6,04 kg/dan.



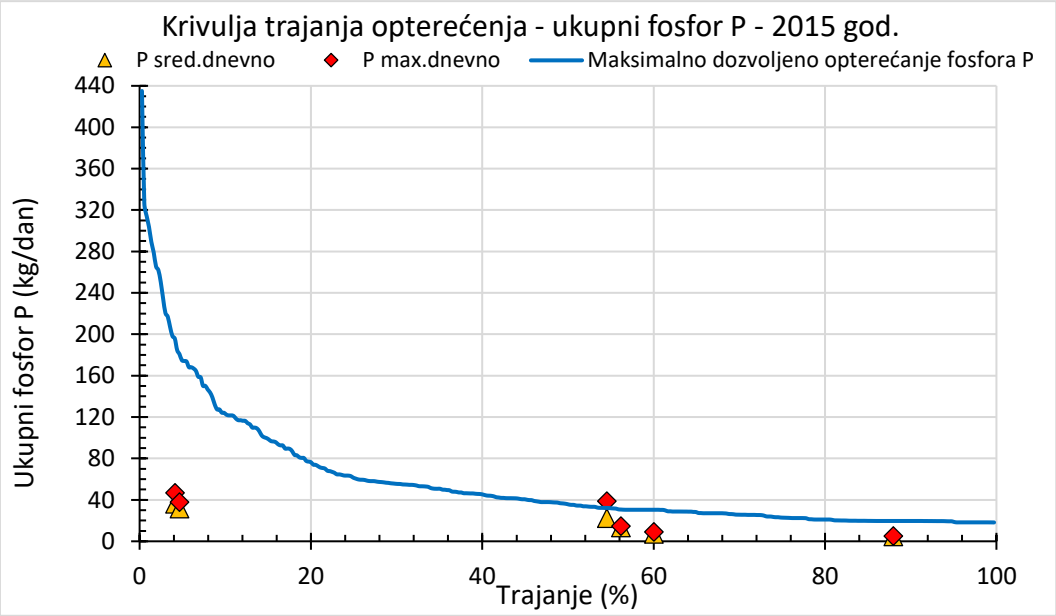
Graf 13. Krivulja trajanja maksimalno dozvoljenog dnevnog opterećenja s mjerenim koncentracijama N za 2015. god

Graf 13. prikazuje krivulju trajanja maksimalnog dozvoljenog dnevnog opterećenja dušikom (N_{gran}=1,0 mg/l) koja predstavlja dozvoljeno opterećenje u promatranom vodnom tijelu za različite režime tečenja. Na taj način se dobije uvid u postotak dana u periodu 2015. godine za koje je vrijednost maksimalnog opterećenja jednaka ili prekoračena od dozvoljene.

Crveni i žuti markeri predstavljaju opterećenja dobivena od stvarnih mjerenja dušika. Crveni označava maksimalno dnevno opterećenje, a žuti srednje dnevno opterećenje. Markeri koji se nalaze u zoni od 0 – 10% trajanja su u zoni visokih protoka, a to znači da se monitoring odvijao upravo u vrijeme visokih protoka. Jedno od opterećenja dobivenih na temelju maksimalnih izmjerenih koncentracija dušikom, za vrijeme velikih protoka, prelazi maksimalnu dozvoljenu vrijednost. Opterećenje dobiveno iz izmjerene koncentracije ukupnog dušika jednaka je 2041,03 kg/dan, a srednja vrijednost je 1984,53 kg/dan. Opterećenje dobiveno iz druge izmjerene maksimalne vrijednosti je 1762,11 kg/dan, te se vidi da je jako blizu graničnoj vrijednosti. Iz toga se može zaključiti da je površinsko otjecanje uslijed padalina koje je i uzrokovalo više protoke, donijelo određeno opterećenje u vodotok.

Opterećenja dobivena na temelju izvršenih mjerenja za vrijeme srednjih protoka su prikazana u zoni od 40-60% trajanja. Vidi se da su maksimalne vrijednosti jako blizu graničnoj. Izvršena su tri mjerenja za tri različita dana, a opterećenja na temelju njihovih maksimalnih vrijednosti su 241,96 kg/dan, 137,7 kg/dan i 188,47 kg/dan.

U zoni suhih uvjeta, od 60 – 90% trajanja, opterećenje dušikom također ne prelazi maksimalno dozvoljeno opterećenje za male protoke, iako su jako blizu.



Graf 14. Krivulja trajanja maksimalno dozvoljenog dnevnog opterećenja s mjerenim koncentracijama N za 2015. god

Graf 14. prikazuje krivulju trajanja maksimalnog dozvoljenog dnevnog opterećenja fosforom (P_{gran}=0,1 mg/l) koja predstavlja dozvoljeno opterećenje u promatranom vodnom tijelu za različite režime tečenja. Na taj način se dobije uvid u postotak dana u periodu 2015. godine za koje je vrijednost maksimalnog opterećenja jednaka ili prekoračena od dozvoljene.

Crveni i žuti markeri predstavljaju opterećenja dobivena na temelju stvarnih mjerenja fosfora. Crveni označava maksimalno dnevno opterećenje, a žuti srednje dnevno opterećenje.

Markeri koji se nalaze u zoni od 0 – 10% trajanja su u zoni visokih protoka, a to znači da se monitoring odvijao upravo u vrijeme visokih protoka. Opterećenje dobiveno na temelju izmjerenih koncentracija opterećenja fosforom, za vrijeme velikih protoka, ne prelazi maksimalno dozvoljeno opterećenje za velike protoke. Opterećenje dobiveno na temelju izmjerene maksimalne vrijednosti fosfora su 46,88 kg/dan i 37,72 kg/dan, a srednje vrijednosti su 36,12 kg/dan i 31,68 kg/dan.

Opterećenja dobivena na temelju mjerenja izvršenih za vrijeme srednjih protoka su prikazana u zoni od 40-60% trajanja. Vidi se da jedna od maksimalnih vrijednosti prelazi graničnu i to s maksimalnim opterećenjem od 38,68 kg/dan. Srednja vrijednost za taj dan je 22,45 kg/dan.

U zoni suhih uvjeta, od 60 – 90% trajanja, izmjerena je samo jedna koncentracija fosfora na temelju koje je izračunato opterećenje fosforom koja ne prelazi maksimalno dozvoljeno opterećenje za male protoke.

4.6. Procjena rizika preko definicije o vodnim tijelima

Identifikacija rizika je neophodna pri formuliranju problema koji uključuju neizvjesnosti nesigurnosti. Rizik je mogućnost štetnih posljedica kao što su gubitak i štete uzrokovane izlaganjem nekoj opasnosti.

Uzimajući u obzir definiciju rizika kao mogućnost gubitaka (ozljede, smrti, ekonomski gubici, ekološka šteta) vidi se rizik opisuje sa dva ključna elementa:

RIZIK = OPASNOST x RANJIVOST SUSTAVA

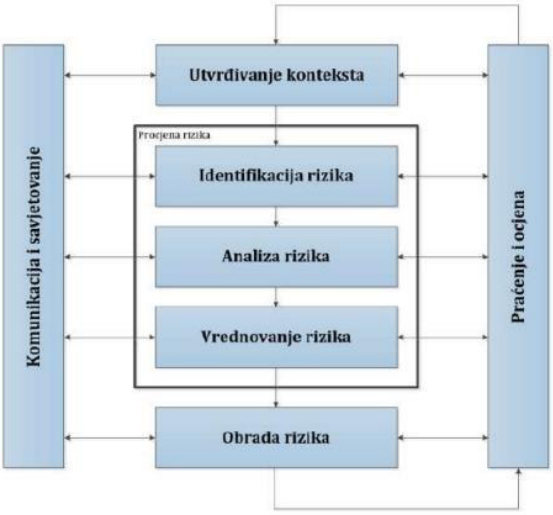
Opasnost predstavlja potencijalni izvor štete, dok ranjivost sustava predstavlja mogućnost sistema da se nosi s određenom opasnošću. Ranjivost sustava se može procijeniti mjerenjem mogućeg stupnja onečišćenja ili ozbiljnosti posljedica ako se neki incident dogodi.

U inženjerskim znanostima rizik se prikazuje kao vjerojatnost pojave događaja i analize srodnih posljedica. Rizik onečišćenja vode može se opisati pomoću karakteristične varijable izražavajući stanje kakvoće vode. [42]

Za ispunjavanje okolišnih ciljeva Okvirne direktive o vodama, svaka država članica treba provesti sljedeće analize :

1. procjena rizika (ranjivost, hazard, rizik) za točkaste onečišćivače
2. procjena rizika (ranjivost, hazard, rizik) za raspršene onečišćivače – poljoprivreda

Nakon definiranja okolišnih ciljeva, odnosno ciljeva za kakvoću i količinski status površinskih voda, analiza rizika temeljem analize postojećeg stanja procjenjuje da li će promatrano vodno tijelo biti u riziku neispunjavanja tih ciljeva na kraju slijedećeg razdoblja analize.



Slika 26. Proces upravljanja rizikom [43]

4.6.1. Procjena rizika za potencijalne scenarije (rizik vodnog tijela, krivulje vj. prekoračenja)

Procjena rizika u odnosu na raspodjelu koncentracije opterećenja (fizikalno-kemijskih parametara) za svako vodno tijelo definira se u tri kategorije:

- vodno tijelo je u riziku
- vodno tijelo je vjerojatno u riziku
- vodno tijelo nije u riziku

Određivanje kategorije temelji se na položaju granične vrijednosti promatranog parametra u funkciji raspodjele koncentracije svakog vodnog tijela.

4.6.2. Kategorizacija rizika

Vodno tijelo je u riziku:	$C_g < P(16)$
Vodno tijelo je vjerojatno u riziku:	$P(16) < C_g < P(84)$
Vodno tijelo nije u riziku:	$C_g > P(84)$

Prema „ **Uredbi o klasifikaciji voda,** (Uredničkи pročišćeni tekst, "Narodne novine", broj 77/98 i **137/08**), članak 4., tablica 1." određene su granične vrijednosti emisija otpadnih tvari: [26]

BPK_5 < 2 mgO2 /l

N < 1,0 mgN /l

P < 0,01 mgP /l

4.6.3. Analiza opterećenja

Procjena je napravljena koristeći podatke o površini sliva rijeke Jadro i koristeći digitalnu bazu podataka Hrvatske agencije za okoliš i prirodu o stanju zemljišnog pokrova i namjeni korištenja zemljišta. [44]

Površina sliva rijeke Jadro dobivena je od nadležnog tijela za vode RH., prema zahtjevu (Klasa: 008-02/18-02/0000519, Urudžbeni broj: 15-18-1), u obliku digitalnog .shp file-a.

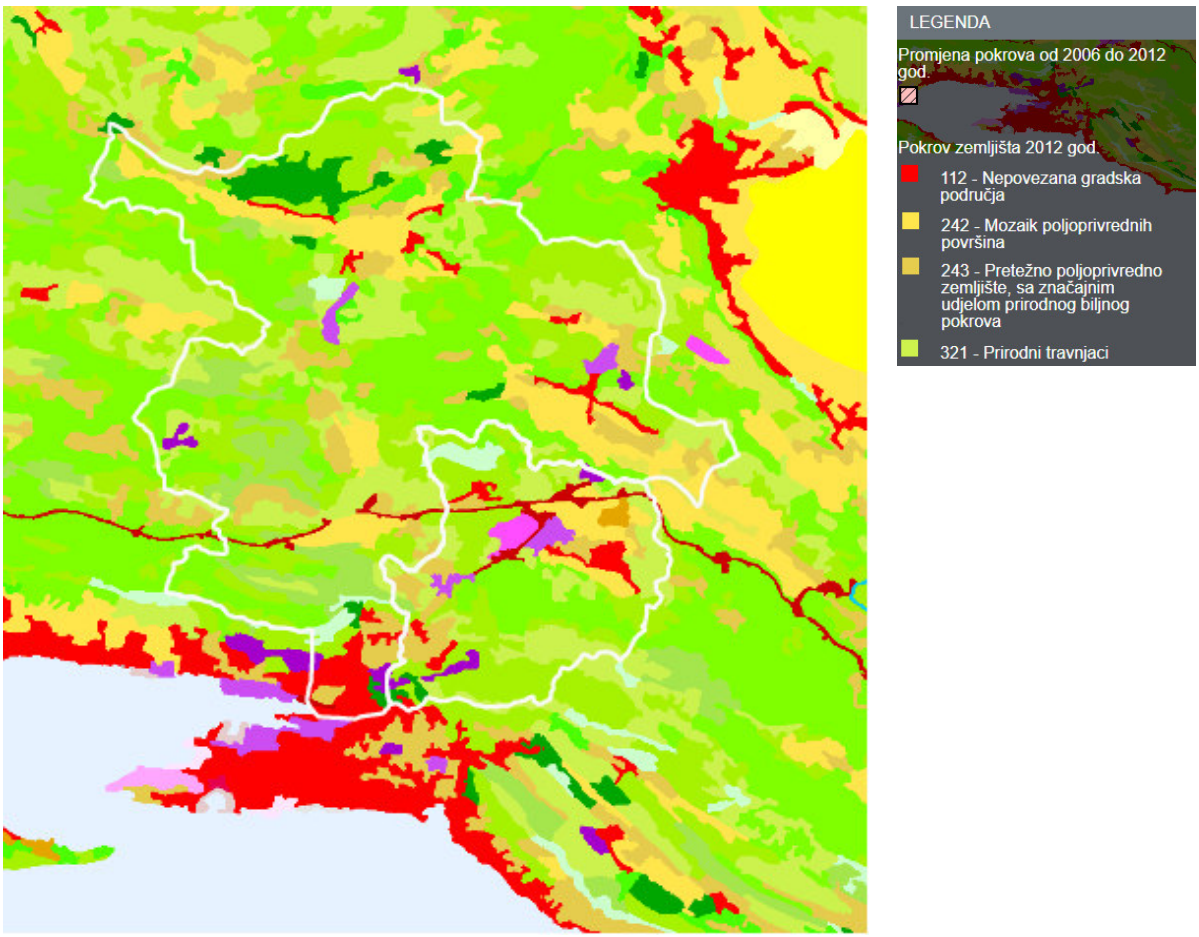
ODV definira točkasta, difuzna i mješovita opterećenja zavisno o tome da li postoje uređaji za pročišćavanje voda i na kojem stupnju tretmana su izgrađeni. Opterećenja na vodna tijela se definiraju u analizi pritisaka i utjecaja. Upravo procjena opterećenja na vodna tijela je jedan od važnih kriterija za odabir broja i veličine vodnih tijela u riječnom slivu.

Kao raspršeni izvori onečišćenja obrađene su kopnene površine različitih namjena opterećene onečišćujućim tvarima, koje su tu izložene složenim procesima razgradnje i dijelom mogu dospjeti u vode, a primarno su bile emitirane u druge medije okoliša: tlo ili zrak. Za mjerodavno opterećenje površina provedena je analiza za dušik i fosfor, određivanjem prostornog rasporeda dušika i fosfora iznijetog na promatrane površine putem mineralnih i organskih gnojiva.

Rezultati analize i pritisaka svih vodnih tijela imaju za posljedicu definiranje "Programa mjera" koje nakon usvajanja Plana Upravljanja Riječnim Bazenom postaju obveza zemlje članice.

Promatrano vodno tijelo proteže se od mjerne postaje Majdan, te nizvodno do početka prijelaznog vodnog tijela. Pritok bujice Rupotina nije uzet u obzir jer je uglavnom suh, tok rijeke Jadro prihranjuje samo u kišnom dijelu godine, a i na taj način smo a strani sigurnosti.

U nastavku u Tablica 8. su dani rezultati analize pritisaka promatranog vodnog tijela rijeke Jadro.



Slika 27. Namjena površina prema digitalnom sustavu CORINA sa prikazom slivnog područja rijeke Jadro

Tablica 8. Namjena površina prema digitalnom sustavu CORINA

112 Nepovezana gradska područja		
P_{112} (Ha) 1091.660825	N (kg/ha/y) 5.3	P(kg/ha/y) 0.84
Opterećenje (kg/y)	5785.802373	916.995093
242 Mozaik poljoprivrednih površina		
P_{242} (Ha) 2859.809647	N (kg/ha/y) 17	P(kg/ha/y) 0.24
Opterećenje (kg/y)	48616.764	686.3543153
321 Prirodni travnjaci		
P_{321} (Ha) 5758.006585	N (kg/ha/y) 3	P(kg/ha/y) 0.12
Opterećenje (kg/y)	17274.01976	690.9607902
243 Pretežno poljoprivredno zemljište, sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova		
P_{243} (Ha) 2316.933865	N (kg/ha/y) 12	P(kg/ha/y) 0.24
Opterećenje (kg/y)	27803.20638	556.0641276

Izraz za izračun ukupnog opterećenja za nutrijente N i P na promatrano vodno tijelo

$$L_{Ukupno}\ (\text{kg/ dan}) = \text{P}_i\ (\text{Ha}) \cdot l^*(kg\ /\ Ha/\ y \cdot 365\ ) \qquad (10)$$

Tablica 9. Ukupno opterećenje za N i P

Ukupno opterećenje L (kg/dan)	
Ntot (kg/dan)	**Ptot (kg/dan)**
11.3561407	0.325385197

Prikaz stvarnog stanja difuznog zagađenja za područje Splitsko- dalmatinske županije je dano „Planom upravljanja vodnim područjima 2016. – 2021., Nacrt, Hrvatske vode, travanj 2015.“. [8]

Tablica 10. Primjena dušika (N) i fosfora (P) na korištenom poljoprivrednom zemljištu, izdvojeno za Splitsko-dalmatinsku županiju

Županija	Korištena površina (ha)	Dušik (N)						Fosfor (P)					
		Mineralni		Organski		Ukupni		Mineralni		Organski		Ukupni	
		t	kg/ha	t	kg/ha	t	kg/ha	t	kg/ha	T	kg/ha	t	kg/ha
Splitsko-dalmatinska	96.431	1.923	20	887	9	2.810	29	294	3	216	2	510	5

4.6.4. Procjena rizika za tromjesečje 2003. i 2016. godine

Na temelju procijenjenog difuznog opterećenja i podataka o protoku na mjernoj postaji Majdan, za odabrano vodno tijelo, izračunate su koncentracije za nutrijente N i P prikazane grafički u nastavku.

Izlaznu koncentraciju po vodnim tijelima računamo prema izrazu:

$$C = \frac{L_{ukupno}}{Q} \cdot 0{,}011574 \qquad (11)$$

gdje je:

L ukupno (kg/ dan) opterećenje vodnog tijela (uzrokovano N i P)

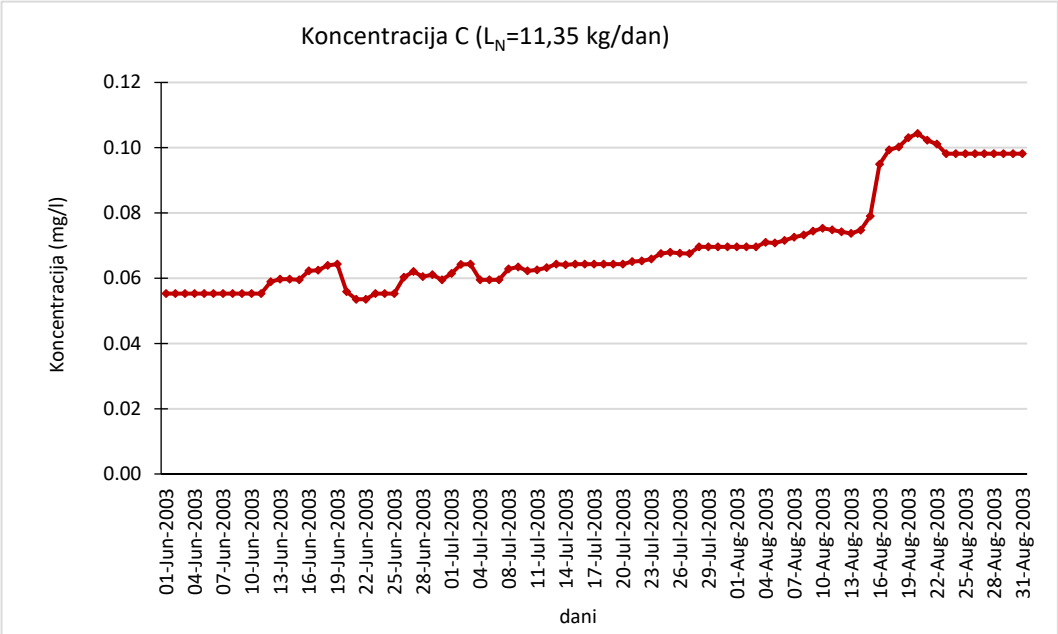
Q (m3/ s) protok (tromjesečje 2003. i 2016. godine)

C (mg/ l) je koncentracija na izlaznom profilu vodnog tijela.

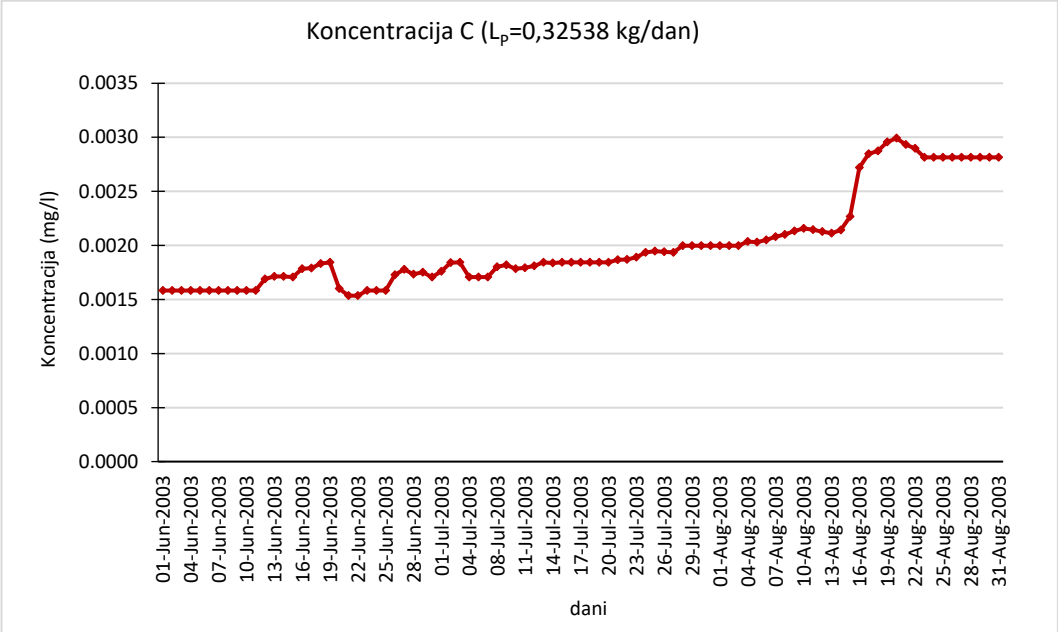
Tablica 11. Protoci za 2003. i 2016.godinu za ljetno razdoblje

	Protoci m3/s za 2003. god.			Protoci m3/s za 2016. god.		
Dan / mjesec	lipanj	srpanj	kolovoz	lipanj	srpanj	kolovoz
1	2.378	2.139	1.887	3.424	2.868	2.389
2	2.378	2.045	1.887	3.584	2.805	2.489
3	2.378	2.043	1.887	4.665	2.830	2.458
4	2.378	2.207	1.850	4.774	2.677	2.436
5	2.378	2.207	1.856	3.819	2.661	2.344
6	2.378	2.207	1.837	3.626	2.742	2.390
7	2.378	2.091	1.810	3.445	2.653	2.536
8	2.378	2.070	1.792	3.388	2.653	2.460
9	2.378	2.111	1.765	3.388	2.605	2.352
10	2.378	2.100	1.745	3.538	2.742	2.376
11	2.378	2.079	1.755	3.632	2.645	2.299
12	2.230	2.043	1.770	3.692	2.718	2.345
13	2.200	2.050	1.782	4.143	2.718	2.292
14	2.200	2.043	1.758	4.411	2.734	2.345
15	2.207	2.043	1.662	4.026	2.669	2.314
16	2.111	2.043	1.384	3.793	2.799	2.322
17	2.104	2.043	1.323	3.582	2.745	2.246
18	2.056	2.043	1.310	3.412	2.694	2.335
19	2.043	2.043	1.274	3.388	2.719	2.345
20	2.353	2.018	1.259	3.388	2.678	2.299
21	2.453	2.013	1.284	3.280	2.629	2.307
22	2.453	1.992	1.300	3.217	2.629	2.307
23	2.378	1.945	1.338	3.173	2.671	2.328
24	2.378	1.933	1.338	3.144	2.678	2.337
25	2.378	1.942	1.338	3.074	2.629	2.291
26	2.179	1.946	1.338	3.030	2.591	2.353
27	2.118	1.887	1.338	2.978	2.606	2.294
28	2.173	1.887	1.338	2.995	2.517	2.291
29	2.152	1.887	1.338	2.978	2.501	2.331
30	2.207	1.887	1.338	2.986	2.450	2.348
31	-	-	1.338	-	-	2.375

Prikaz vremenske serije koncentracija dušika i fosfora za 2003. godinu.

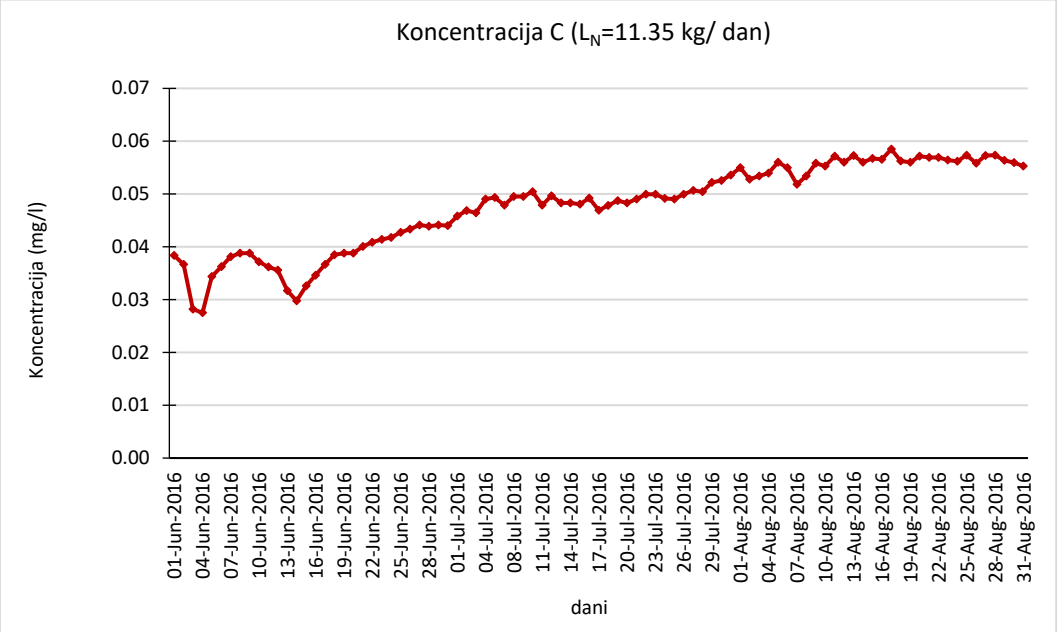


Graf 15. Prikaz vremenske serije koncentracije za opterećenje uzrokovano dušikom N, godina 2003.

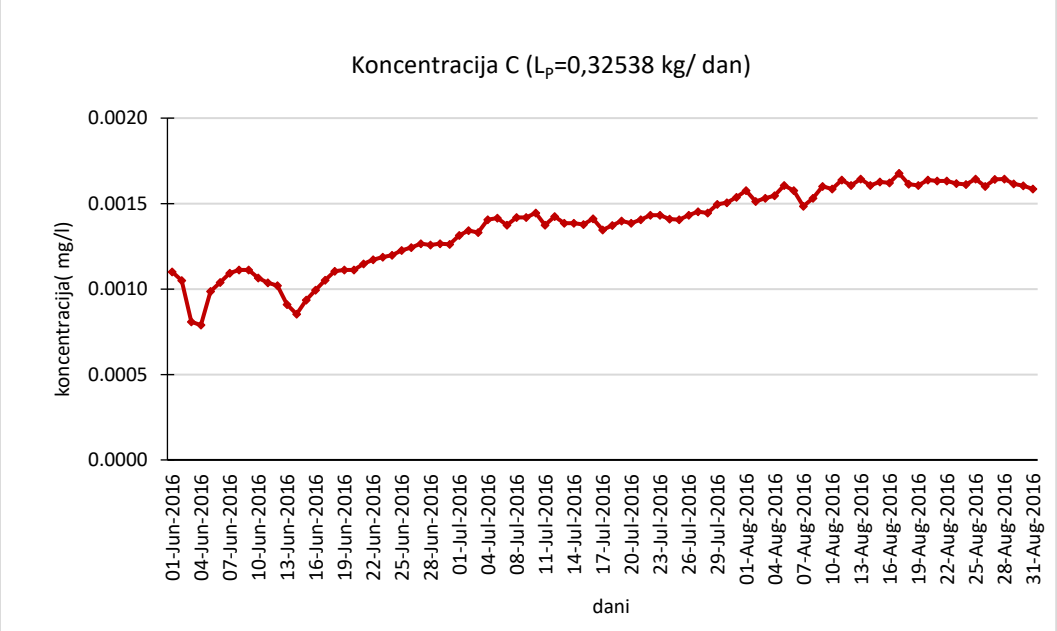


Graf 16. Prikaz vremenske serije koncentracije za opterećenje uzrokovano fosforom P, godina 2003.

Prikaz vremenske serije koncentracija dušika i fosfora za 2016. godinu.



Graf 17. Prikaz vremenske serije koncentracije za opterećenje uzrokovano dušikom N, godina 2016.



Graf 18. Prikaz vremenske serije koncentracije za opterećenje uzrokovano fosforom P, godina 2016

4.6.5. Rezultati procjene rizika

Obradom dobivenih podataka o koncentracijama određeni su parametri log normalne distribucije preko kojih je izračunata teorijska funkcija gustoće, Log normalne distribucija.

Parametri lognormalne distribucije, srednja vrijednost i standardna devijacija, određeni su prema uzorku (koncentraciji).

Procjena rizika definirana je sa dva parametra zagađenja, dušik (N) i fosfor (P). U nastavku su prikazani konačni rezultati procjene rizika za odabrano vodno tijelo rijeke Jadro.

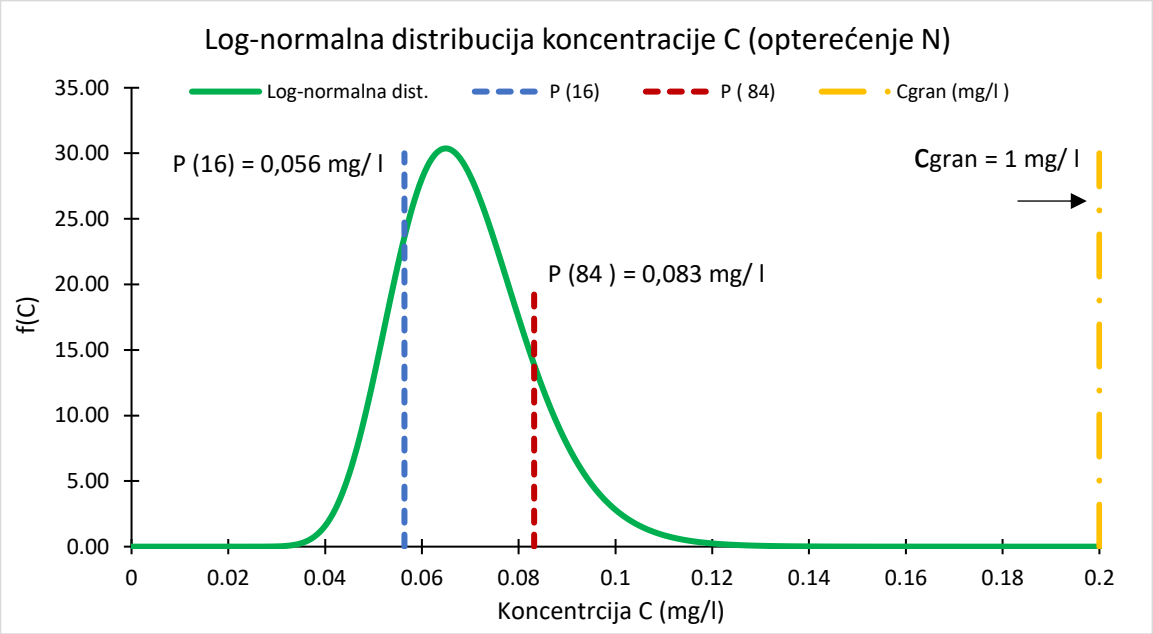
Tablica 12. Rezultati procjene rizika za 2003. godinu

2003. godina	**Pokazatelj**	**P(16) (mg/l)**	**P(84) (mg/l)**	**Granična vrijednosti (mg/l)**	**Rizik**
Vodno tijelo	**N**	0,056	0,083	1,0	Vodno tijelo nije u riziku
	P	0,0016	0,00238	0,1	Vodno tijelo nije u riziku

Tablica 13. Rezultati procjene rizika za 2016. godinu

2016. godina	**Pokazatelj**	**P(16) (mg/l)**	**P(84) (mg/l)**	**Granična vrijednosti (mg/l)**	**Rizik**
Vodno tijelo	**N**	0,039	0,0564	1,0	Vodno tijelo nije u riziku
	P	0,00112	0,0016	0,1	Vodno tijelo nije u riziku

Rezultat procijene rizika prekoračenja graničnog opterećenja za dušik N za promatrano vodno tijelo rijeke Jadro, 2003. godina

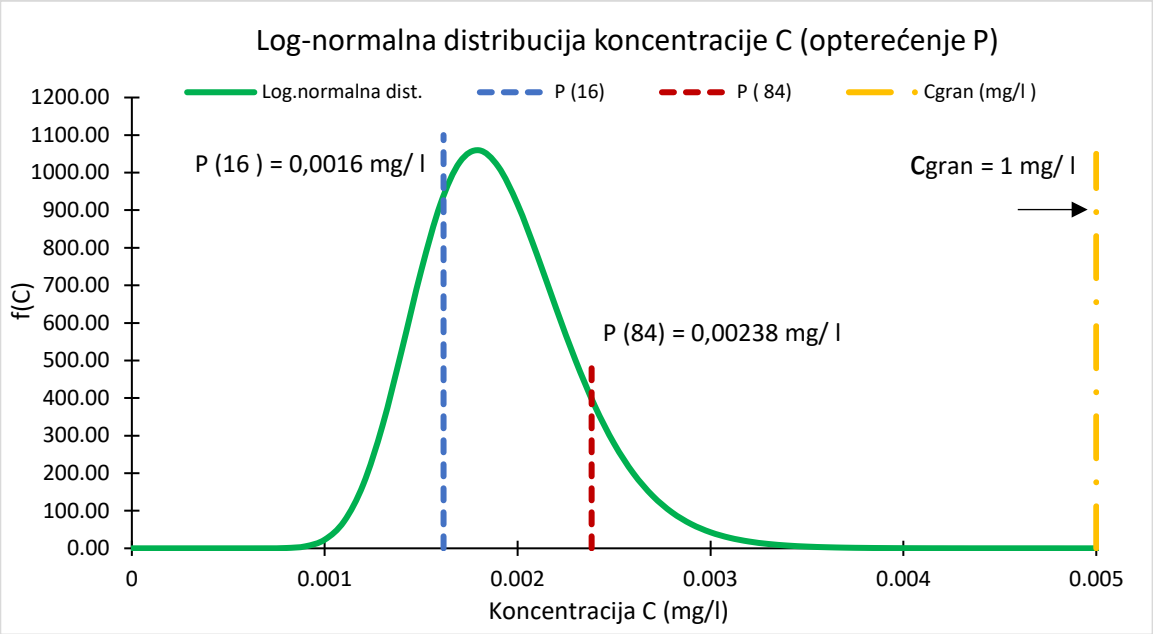


Graf 19. Graf funkcije gustoće koncentracije C sa graničnom vrijednosti Cgran od N, 2003.god

Na dijagramu funkcije gustoće Log normalne raspodjele, uspoređujući graničnu vrijednosti i P(84) vidljivo je da vodno tijelo nije u riziku.

$$1{,}0 > P(84) = 0{,}083\ mg/l$$

Rezultat procijene rizika prekoračenja graničnog opterećenja za fosfor P za promatrano vodno tijelo rijeke Jadro, 2003. godina

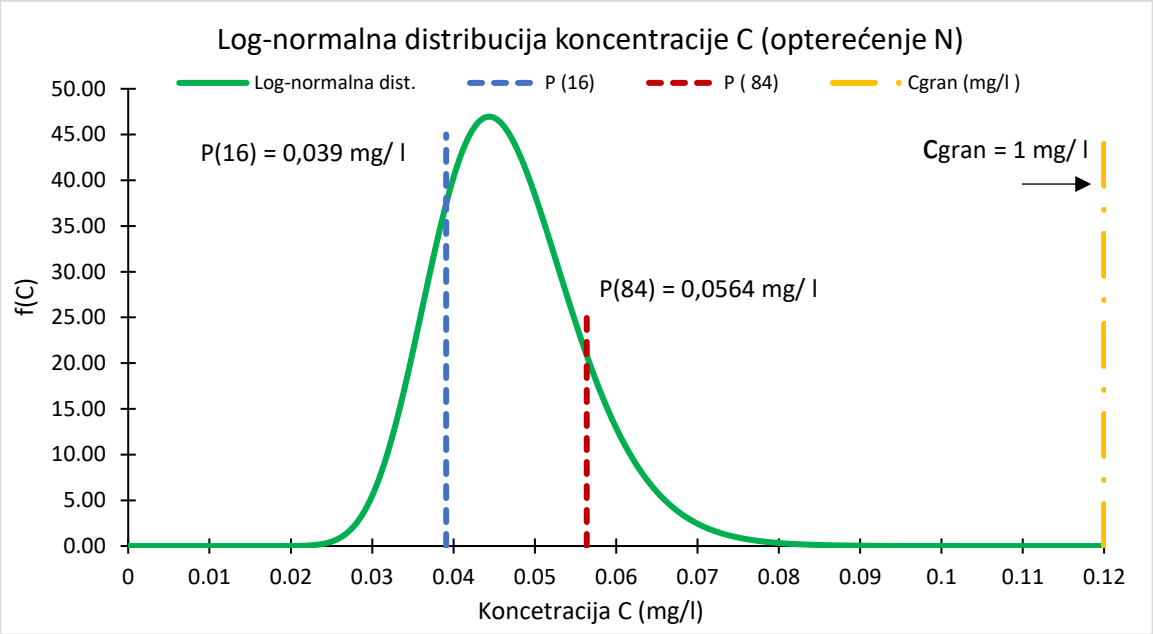


Graf 20 Graf funkcije gustoće koncentracije C sa graničnom vrijednosti C_{gran} od P, 2003.god.

Na dijagramu funkcije gustoće Log normalne raspodjele uspoređujući graničnu vrijednosti i P(84) vidljivo je da vodno tijelo nije u riziku.

$$0{,}1 > P(84) = 0{,}00238\, mg/l$$

Rezultat procijene rizika prekoračenja graničnog opterećenja za dušik N za promatrano vodno tijelo rijeke Jadro, 2016. godina

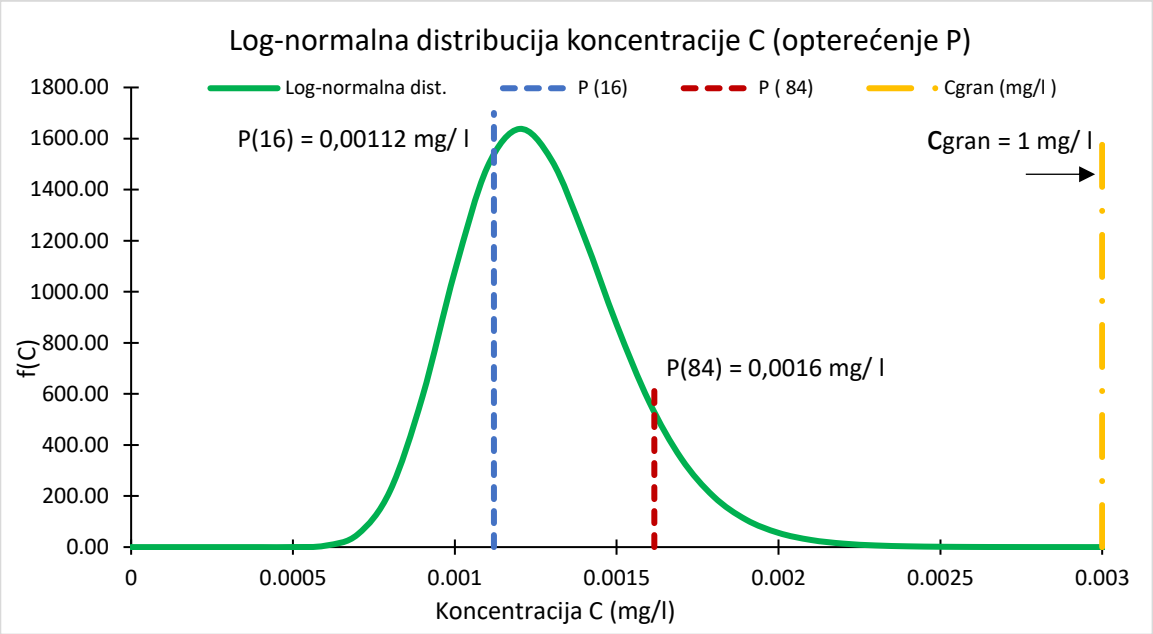


Graf 21. Graf funkcije gustoće koncentracije C sa graničnom vrijednosti C_{gran} od N, 2016.god

Na dijagramu funkcije gustoće Log normalne raspodjele uspoređujući graničnu vrijednosti i P(84) vidljivo je da vodno tijelo nije u riziku.

$$1{,}0 > P(84) = 0{,}0564\ mg/l$$

Rezultat procijene rizika prekoračenja graničnog opterećenja za fosfor P za promatrano vodno tijelo rijeke Jadro, 2016. godina



Graf 22. Graf funkcije gustoće koncentracije C sa graničnom vrijednosti C_{gran} od P, 2016.god

Na dijagramu funkcije gustoće Log normalne raspodjele uspoređujući graničnu vrijednosti i P(84) vidljivo je da vodno tijelo nije u riziku.

$$0{,}1 > P(84) = 0{,}0016\ mg/l$$

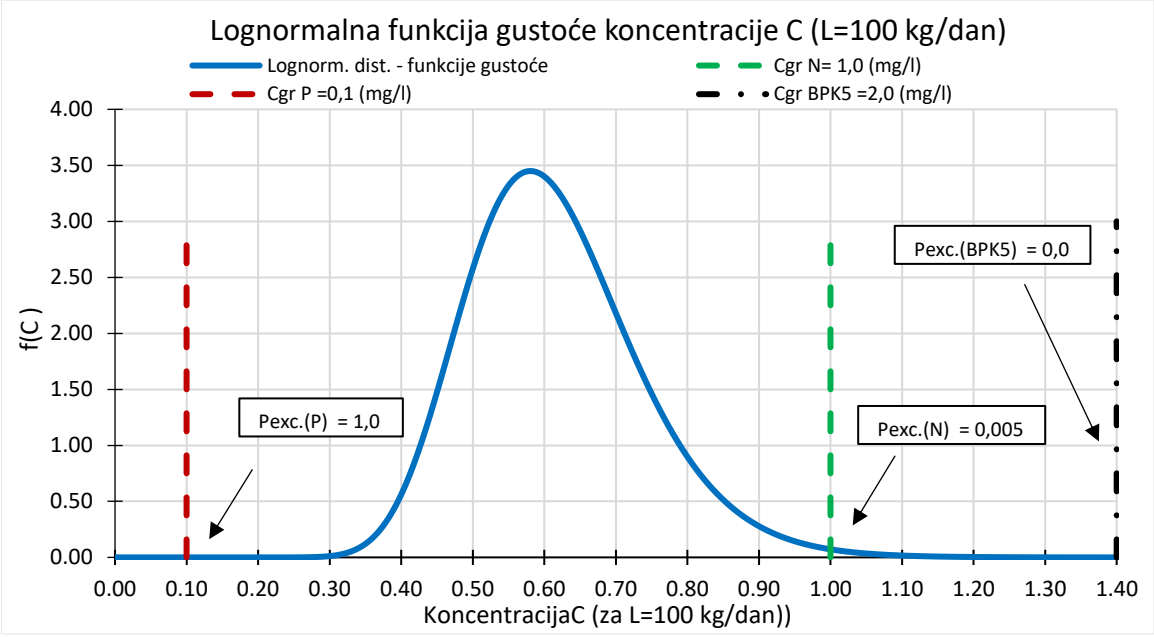
4.7. Analize vjerojatnosti prekoračenja graničnog opterećenja za različite raspone opterećenja

U nastavku će biti prikazano kako se na osnovu nekog primjernog opterećenja može dobiti vjerojatnost prekoračenja graničnih vrijednosti hranjivih tvari u površinskim vodama (*Tablica 4. Dopuštene granične vrijednosti pokazatelja za pojedine vrste voda* [31]) a u ovisnosti o varijacijama protoka.

4.7.1. Rezultat analize vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti pokazatelja za opterećenje L= 100kg/dan, 2003. godina

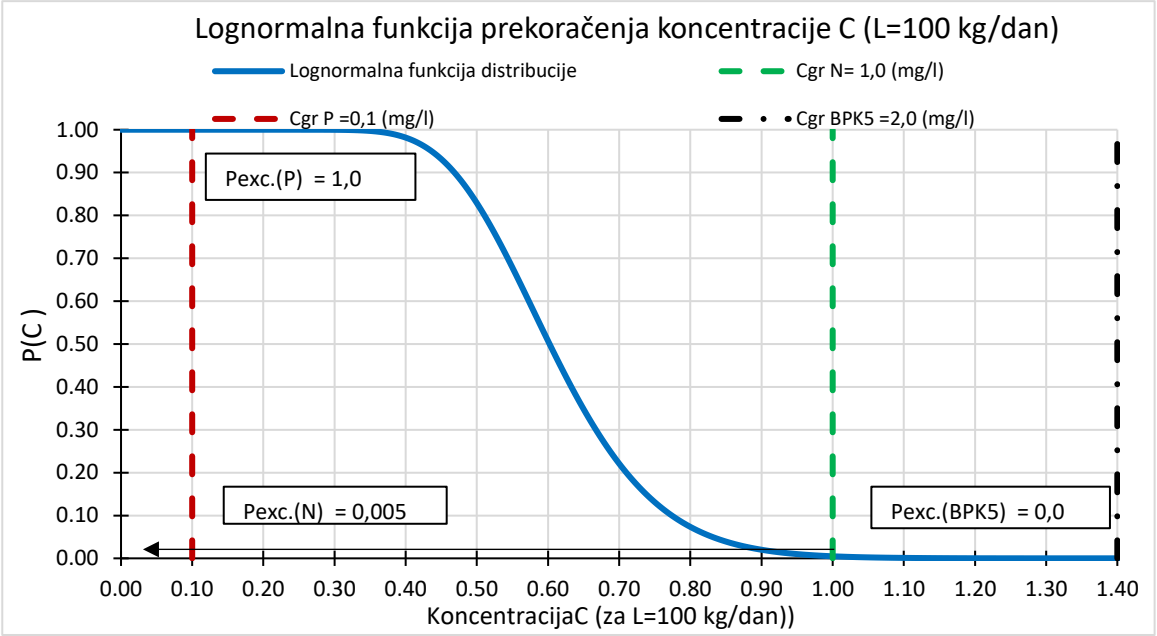
Za opterećenje od 100kg/dan prikazan je primjer funkcije gustoće koncentracije za 2003.godinu sa pripadajućim vjerojatnostima prekoračenja.

Iz podataka o protocima na mjernoj postaji Majdan i odabrane vrijednosti opterećenje L=100kg/dan određena je empirijska razdioba koncentracija (11). Na osnovu nje definirana je teorijska funkcija gustoće prikazana na *Graf 23*.



Graf 23. Grafički prikaz Log normalne funkcije gustoće sa pripadajućim vjerojatnostima prekoračenja za 2003. god

Iz definirane funkcije gustoće na *Graf 24.* prikazana je funkcija prekoračenja s pripadajućim vjerojatnostima prekoračenja za promatrane pokazatelje (BPK_5, N i P).



Graf 24. Grafički prikaz Log normalne funkcije prekoračenja sa pripadajućim vjerojatnostima prekoračenja za 2003. god

Za 2003. godinu vrijednosti vjerojatnosti prekoračenja su:

P(BPK_5) = 0,0

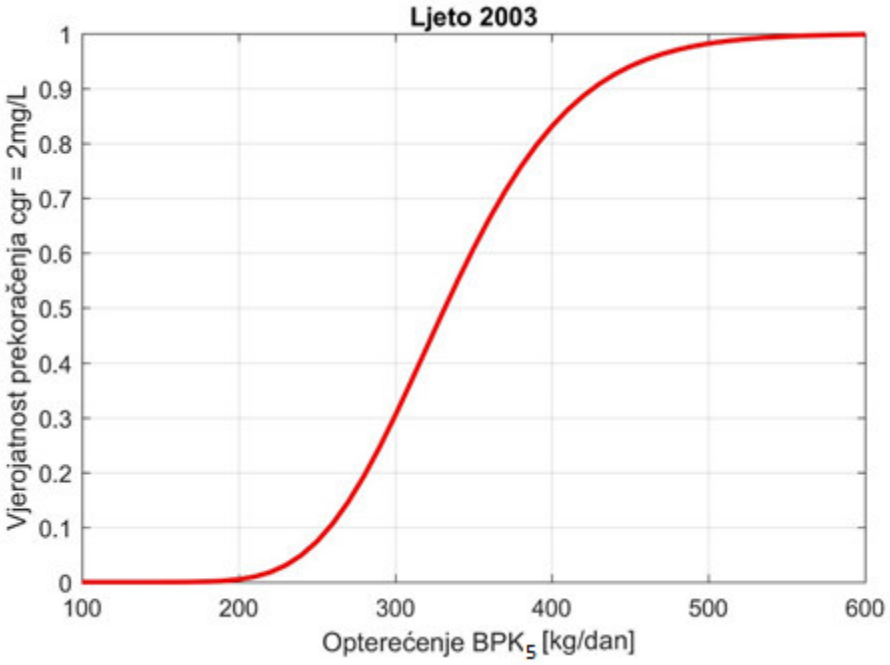
P (N)= 0,005

P (P) = 1,0

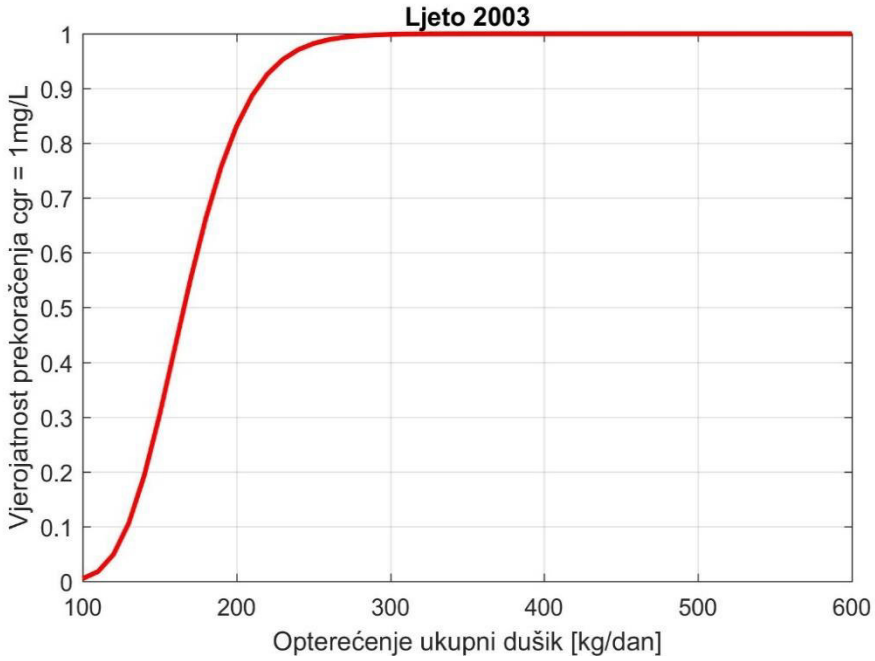
Krivulje dane u nastavku prikazuju vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti koncentracije za mjerodavni raspon opterećenja. Iz dijagrama se da primijetiti da se za jednake Za jednake režime protoka povećanjem opterećenja povećava se vjerojatnost prekoračenja granične vrijednosti koncentracije. Mjerodavni raspon opterećenja je prilagođen promatranom pokazatelju i pripadajućoj graničnoj koncentraciji.

Iz *Graf 24*. se vidi da za opterećenje L=100kg/dan nema prekoračenja granične vrijednosti, te se to isto može vidjeti na *Graf 25*. Iz tog razloga je napravljena pozadinska analiza za raspon opterećenja od 100- 600kg, što znači da je za svako opterećenje iz raspona napravljena pripadajuća krivulja prekoračenja, te je očitana vjerojatnost prekoračenja granične vrijednosti. Upravo svaka ta točka (vjerojatnosti prekoračenja za svako opterećenje iz raspona), predstavlja krivulju prekoračenja određene granične vrijednosti koncentracije prikazanu na *Graf 25.*

Za dušik je ponovljen isti raspon, ali je iz *Graf 26.* vidljivo da za opterećenje od 100kg ima nekog prekoračenja. Njegovu točnu vrijednost smo dobili prethodnim grafom, *Graf 24.*

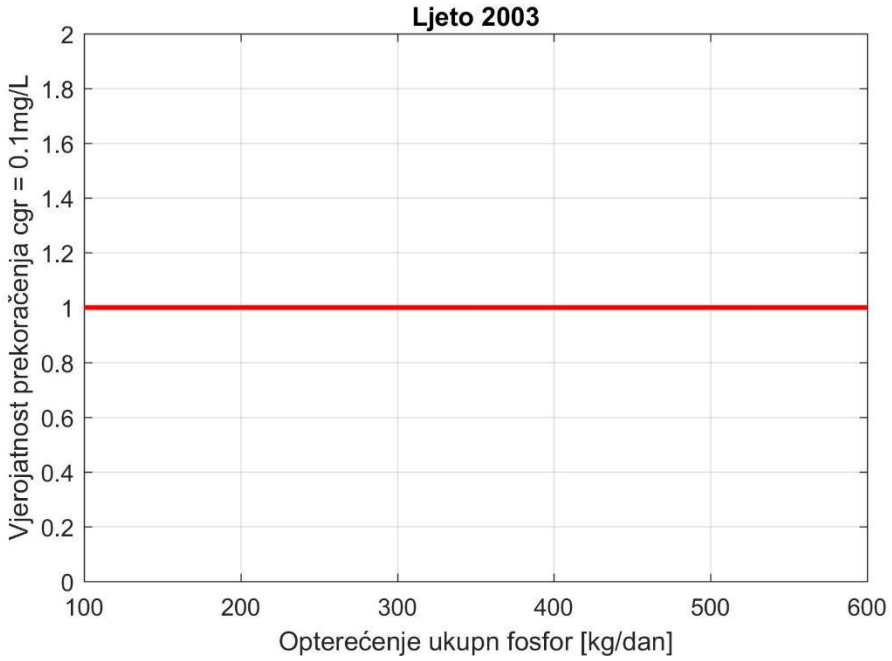


Graf 25. Prikaz vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti koncentracije BPK_5 za raspon dnevnih opterećenja

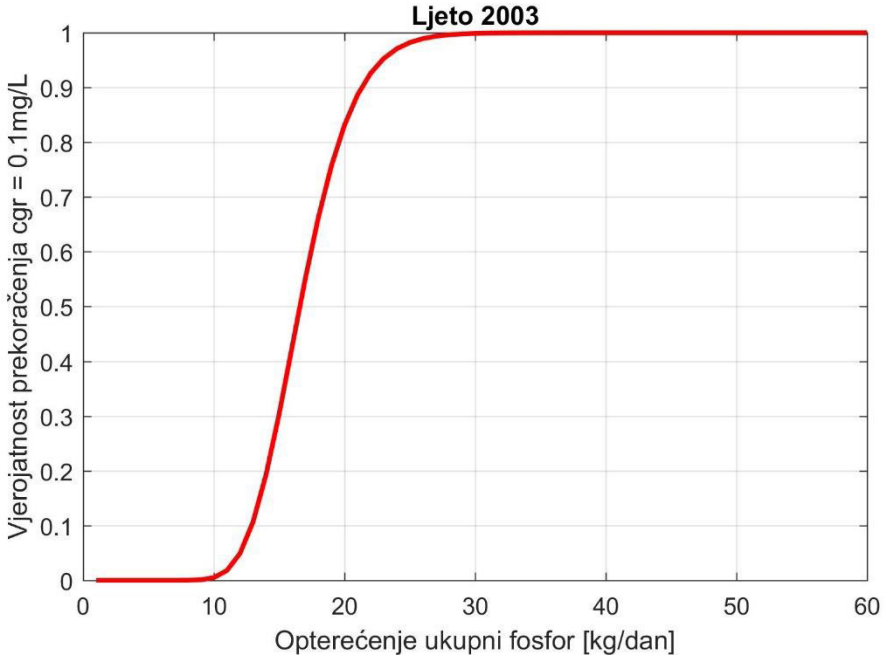


Graf 26. Prikaz vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti koncentracije N za raspon dnevnih opterećenja

Za fosfor su dana dva grafa. Graf 27. prikazuje isti raspon opterećenja kao kod prethodnih pokazatelja, no zbog male granične vrijednosti koncentracije, za cijeli raspon opterećenja, dolazi do 100%-tnog prekoračenja. Iz tog razloga je raspon reduciran, smanjen na dovoljno malenu vrijednost da se iz novog grafa, *Graf 28.* može očitati prva vrijednost opterećenja za koju će doći do 100%-tnog prekoračenja.



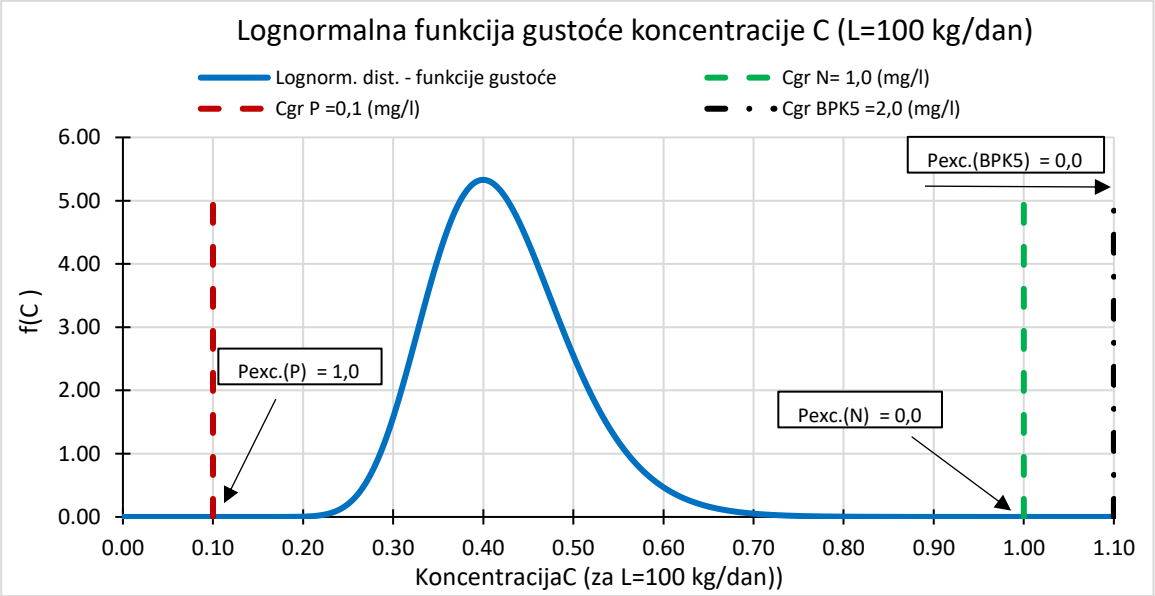
Graf 27. Prikaz vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti koncentracije P za raspon dnevnih opterećenja



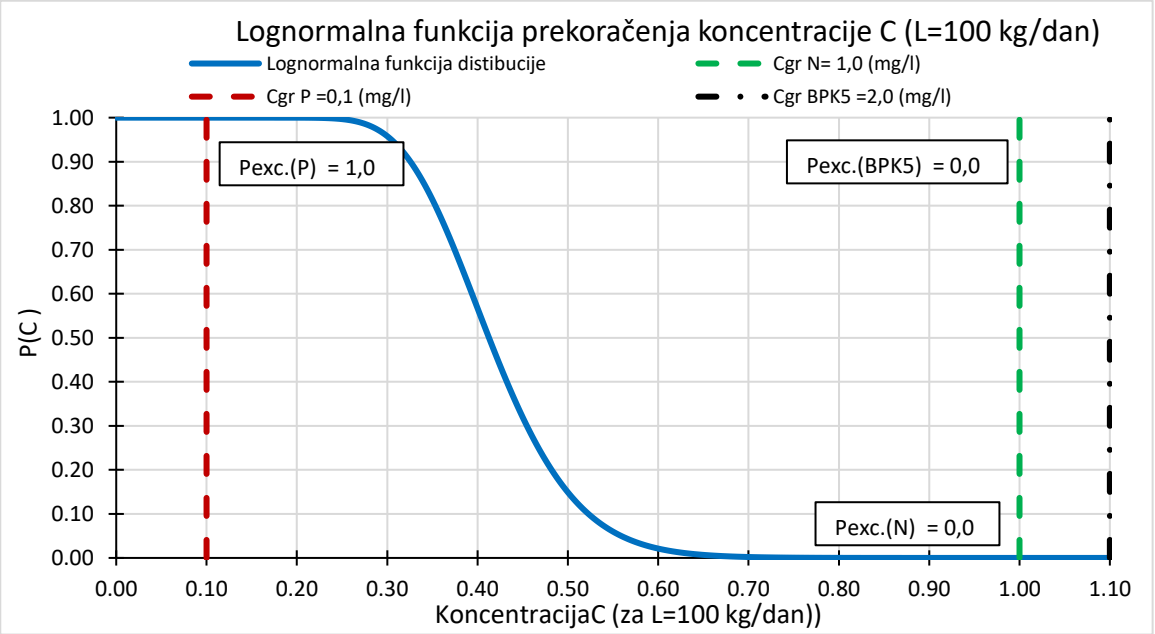
Graf 28. Prikaz vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti koncentracije P za raspon dnevnih opterećenja

4.7.2. Rezultat analize vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti pokazatelja za opterećenje L= 100kg/dan, 2016. godina

Metodologija izrade je jednaka kao i za 2003.godinu, što je opisano poglavlju *4.7.1*.



Graf 29. Grafički prikaz Log normalne funkcije gustoće sa pripadajućim vjerojatnostima prekoračenja za 2016. god



Graf 30. Grafički prikaz Log normalne funkcije prekoračenja sa pripadajućim vjerojatnostima prekoračenja za 2016. god

Za 2016. godinu vrijednosti vjerojatnosti prekoračenja su:

$P(BPK_5) = 0,0$

P (N)= 0,00

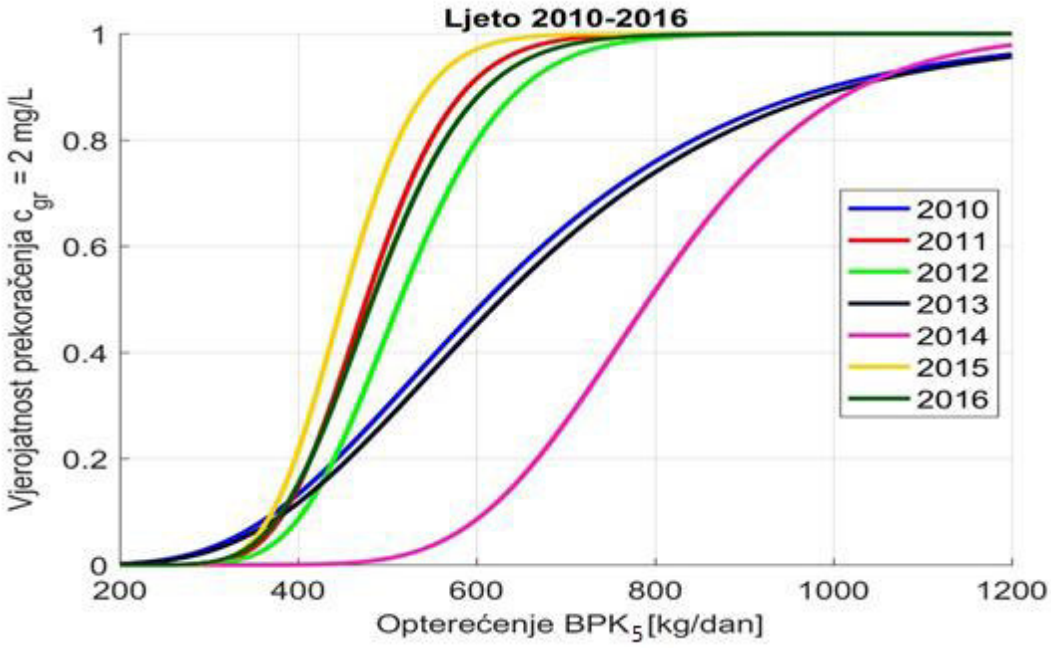
P (P) = 1,0

Za 2016. godinu nisu posebno prikazani grafovi vjerojatnosti prekoračenja graničnih vrijednosti pokazatelja, već je u nastavku dan niz godina kako bi dobili uvid u utjecaj varijabilnosti protoka za različite godine i njihove karakteristike.

4.7.3. Rezultati analize vjerojatnosti prekoračenja graničnih vrijednosti pokazatelja za raspon opterećenja

Vodeći se metodologijom prethodne analize za opterećenje od 100kg/dan za BPK_5, N i P, te dobivanjem vrijednosti prekoračenja graničnih stanja, prikazana je krivulja odnosa vjerojatnosti prekoračenja i opterećenja.

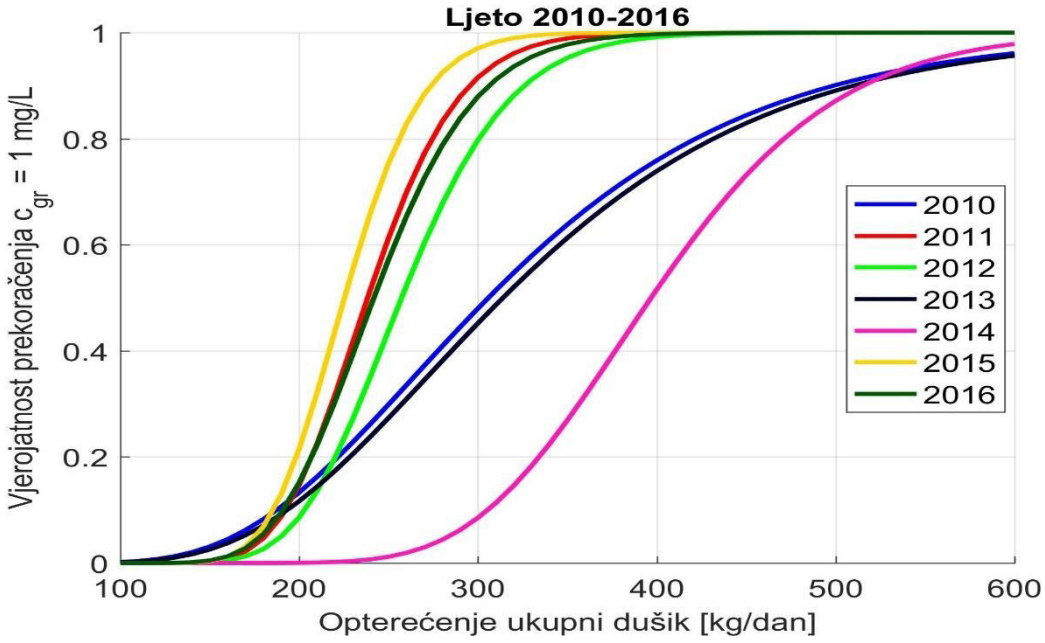
U nastavku je provedena ista analiza, ali s različitim rasponom opterećenja za svaki od pokazatelja, te za niz od zadnjih 7 godina za koje su prikupljeni podaci o protoku. Uzastopni niz godina uzet je u razmatranje kako bi se vidio utjecaj varijacije protoka na vjerojatnost prekoračenja granične vrijednosti koncentracije pojedinog pokazatelja.



Slika 28. Grafički prikaz funkcionalne ovisnosti vjerojatnosti prekoračenja i opterećenja BPK_5

Slika 28. prikazuje odnos ovisnosti vjerojatnosti prekoračenja o pripadajućim protocima za raspon opterećenja od 200 - 1200kg/dan za biološku potrošnju kisika (BPK_5). Varijacija protoka s obzirom na godine promatranja je vidljiva kroz različite nagibe krivulja. Sušna razdoblja se očituju strmijim nagibom krivulja te bržem ostvarenju viših vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti BPK_5=2,0 mg/l. Razlog tome je što se za jednaku vrijednost opterećenja, a za manji protok, puno brže ostvaruje prekoračenje.

Vlažna razdoblja su karakterizirana krivuljama za 2010., 2013. i 2014. godinu. Za razliku od sušnih perioda, nagib krivulja je blaži što se vidi kroz sporije prekoračenje graničnih vrijednosti pokazatelja BPK_5 za jednak raspon opterećenja.

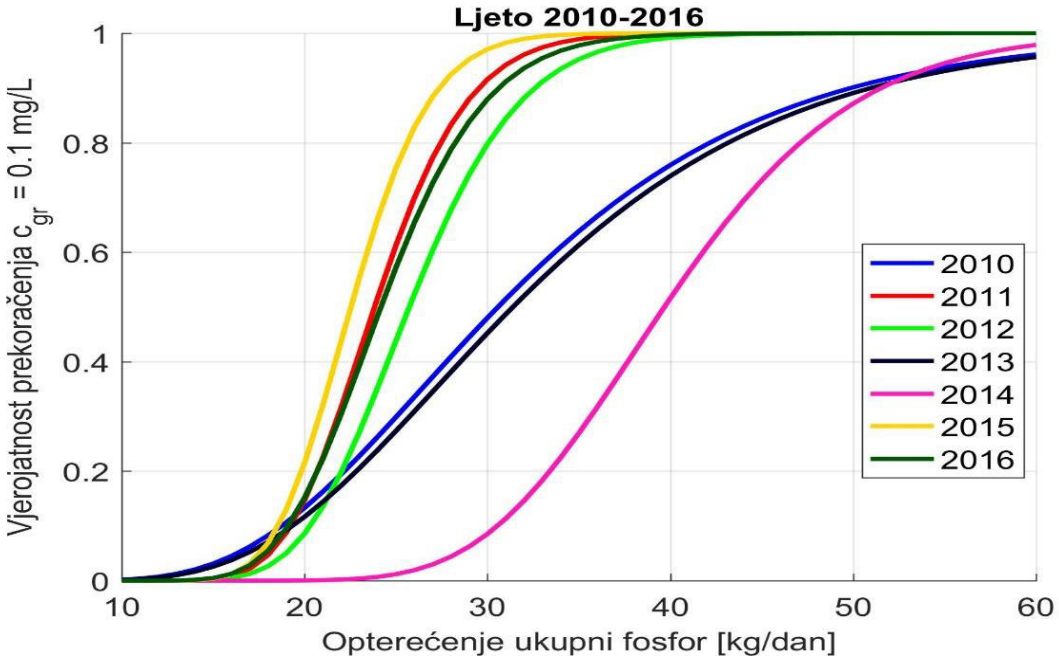


Slika 29. Grafički prikaz funkcionalne ovisnosti vjerojatnosti prekoračenja i opterećenja N

Slika 29. prikazuje odnos ovisnosti vjerojatnosti prekoračenja o pripadajućim protocima za raspon opterećenja od 100 - 600kg/dan za ukupni dušik (N). Raspon opterećenja je promijenjen u odnosu na BPK_5 iz razloga što se, očekivano, granična koncentracija od 1mg/L ostvaruje ranije.

Slično kao i u slučaju BPK_5 sušna razdoblja (2011., 2012., 2015. i 2016.) se očituju strmijim nagibom krivulja te bržem ostvarenju viših vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti N=1,0 mg/l. Razlog tome je što se za jednaku vrijednost opterećenja, a za manji protok, puno brže ostvaruje prekoračenje.

Vlažna razdoblja su karakterizirana krivuljama za 2010., 2013. i 2014. godinu. Za razliku od sušnih perioda, nagib krivulja je blaži što se vidi kroz sporije prekoračenje graničnih vrijednosti pokazatelja N za jednak raspon opterećenja.



Slika 30. Grafički prikaz funkcionalne ovisnosti vjerojatnosti prekoračenja i opterećenja P

Slika 30. prikazuje odnos ovisnosti vjerojatnosti prekoračenja za raspon opterećenja od 10- 60kg/dan za P. Raspon je promijenjen u odnosu na BPK_5 i N iz razloga što već za raspon od 60kg/dan dolazi do prekoračenja, te je na ovaj način povećana rezolucija rezultata u interesnom području opterećenja.

Slično kao i u prethodnim slučajevima, sušna razdoblja (2011., 2012., 2015. i 2016.) se očituju strmijim nagibom krivulja te bržem ostvarenju viših vjerojatnosti prekoračenja granične vrijednosti P=0,1 mg/l. Razlog tome je što se za jednaku vrijednost opterećenja, a za manji protok, puno brže ostvaruje prekoračenje.

Vlažna razdoblja su karakterizirana krivuljama za 2010., 2013. i 2014. godinu. Za razliku od sušnih perioda, nagib krivulja je blaži što se vidi kroz sporije prekoračenje graničnih vrijednosti pokazatelja P za jednak raspon opterećenja.

5. ZAKLJUČAK I BUDUĆE SMJERNICE

Izvor i vodotok Jadro predstavljaju jedan od najvrjednijih vodnih fenomena Dinarskog krša u Hrvatskoj. Potrebe za vodom ovog izvora i vodotoka su sve veće. U njegovom slivu i koritu se vrše zahvati koji potencijalno mogu narušiti kvalitetu vode, te bitno smanjiti prirodnu količinu vode. Ovakvi problemi zahtijevaju ozbiljan inženjerski, ali i znanstveni pristup kako bi se svi faktori adekvatno uzeli u obzir i pronašla sveobuhvatna rješenja. Na osnovu analiza i proučavanja biti će potrebno postaviti ili prilagoditi postojeće programe monitoringa te programe mjera dane Okvirnom direktivom o vodama, a u svrhu održivog upravljanja vodnim resursima izvora i vodotoka rijeke Jadro.

Ovim diplomskim radom analizirana je korelacija protoka u ljetnom periodu godine koji se smatra kritičnim kako u smislu količina, tako i kakvoće vode. Za ljetne sezone analiziran je utjecaj potencijalnog opterećenja koje bi izazvalo granična stanja koncentracija promatranih nutrijenata (BPK_5, ukupni duši i ukupni fosfor). U razmatranje je uzeto razdoblje od 2010. – 2016. kako bi se prikazale varijacije protoka u uzastopnom nizu godina. Nakon prikupljanja svih dostupnih podataka o slivu rijeke Jadro, osmišljena je i provedena analiza vodnog stanja u kontekstu Okvirne direktive o vodama.

Provedena analiza je obuhvaćala statističku obradu prikupljenih podataka o protocima za različite godine, te određivanje i testiranje teorijske distribucije koncentracije hranjivih tvari. U sklopu analize napravljena je i procjena unosa hranjivih tvari na području sliva, te je provjereno da li je vodno tijelu u riziku. Proračunate su i krivulje trajanja opterećenja na kojima su prikazana točkasta opterećenja dobivena iz mjerenih podataka o koncentracijama hranjivih tvari ishođenih od strane odgovarajućih institucija za 2014. i 2015. godinu. Na kraju su određene projekcije vjerojatnosti prekoračenja graničnih vrijednosti koncentracija hranjivih tvari za potencijalne raspone srednjih dnevnih opterećenja u ljetnim mjesecima za spomenuti niz godina (2010. - 2016.).

Održivo upravljanje vodnim resursima zahtjeva odgovarajuće znanje o funkcioniranju tog ekstremno složenog sustava.

Industrija i naselja mogu izradom retencijskih bazena zadržavati i kontrolirano ispuštati opterećenja u vodna tijela u periodima kada je povoljan hidrološki režim. S obzirom na podatke o protocima, o periodu velikih kiša i vremenima ispiranja površina može se odrediti vrijeme reduciranja i zadržavanja opterećenja (alokacija opterećenja). Na rijekama gdje postoje

elektrane i mjesta zadržavanja (čuvanja) vode, može se regulirati količina protoka nizvodno te na taj način kontrolirati koncentraciju onečišćivača vodnog tijela. Koristeći krivulje prekoračenja i TMDL krivulje može se uspostaviti program aktivnog praćenja protoka i padalina te na osnovu njih regulirati ispuštanja u vodno tijelo. Na temelju prostornih planova, poznatih stvarnih protoka promatranog vodnog tijela i TMDL krivulja mogu se raditi buduće projekcije alokacije opterećenja.

Opisanom aktivnom analizom bi se omogućila pomoć adekvatnom donošenju odluka na razini upravljanja vodnim slivom, čija održivost ima iznimnu važnost za pripadajući okoliš i u konačnici ljude i ljudske aktivnosti koje direktno i indirektno ovise o dobrom stanju sliva.

Provedena analiza može se koristiti kao pomoćni alat prilikom izrade budućih programa monitoringa i kao osnova za jednu od glavnih odrednica ODV, a to je izrada i objava Plan upravljanja riječnim slivom rijeke Jadro.

6. LITERATURA

[1] "Vodič za izradu Planova revitalizacije vodotoka u Hrvatskoj," *Prijedlog*, 2013.

[2] "Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021. 1," *Nar. novine ISSN 0027-7932*, 2016.

[3] "Strategija upravljanja vodama," *Hrvat. sabor 2900,Narodne novine«, br. 107/95. i 150/05.)*, 2008.

[4] T. Giakoumis and N. Voulvoulis, "Progress with the WFD implementation in five European basins: Significant differences but similar problems," no. September, 2017.

[5] "Implementacija ODV-a u slivu rijeka Neretva – Trebišnjica U susret karakterizaciji rije č nog sliva Strateške smjernice Juni 2009 Projekat : Živjeti Neretvu faza III," 2009.

[6] Š. Zoran, "Sustavi gospodarenja vodom, skripta," *Sveučilište u Zadru, Zadar*, 2016.

[7] E. Unija, *Procesi planiranja - zajednička strategija implementacije okvirne direktive o vodama*. 2000.

[8] Vlada Republike Hrvatske, "Plan upravljanja vodnim područjima," *Nacrt*, 2013.

[9] *Prijelazne i priobalne vode - tipologija, referentni uvjeti i klasifikacijski sustavi*. 2003.

[10] Hrvatske vode, "Program usklađenja monitoringa," 2016.

[11] J. Loborec, "Primjena višekriterijske analize u svrhu odabira optimalne metode procjene prirodne ranjivosti krških vodonosnika," vol. 115, pp. 193–202, 2016.

[12] 2007/60/EZ EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA, *Direktiva o procjeni i upravljanju rizicima od poplava*. 2007.

[13] "Vodovod i kanalizacija, Povijesni razvoj." [Online]. Available: http://www.vik-split.hr/o-nama/povijesni-razvoj.

[14] P. Natura, "Hrvatska vodoprivreda Jadran i bioraznolikost," 2013.

[15] "Osnovna škola Visoka Split - Obnovljivi izvori energije - Izvor rijeke Jadro." [Online]. Available: http://www.os-visoka-st.skole.hr/obnovljiviizvorienergije?news_id=601.

[16] Z. S. Ekotop d.o.o., "ELABORAT ZAŠTITE OKOLIŠA ZA POSTUPAK OCJENE O POTREBI PROCJENE UTJECAJA ZAHVATA NA OKOLIŠ," 2018.

[17] I. Ljubenkov and M. Vranješ, "ZASLANJIVANJE UŠĆA RIJEKE JADRO," 2013.

[18] "Jadro - Virtualni muzej grada Solina." [Online]. Available: https://vmgs.hr/ostale-znamenitosti/jadro.html.

[19] O. Bonacci, "HIDROLOŠKA ANALIZA ODVOĐENJA VODE IZ KRŠKOG IZVORA RIJEKE JADRO," 2012.

[20] D. Pollak, R. Buljan, and A. Toševski, "Inženjerskogeološke i geotehničke značajke fliša u području Kaštela," 2009.

[21] J. Miljak, "Hidrološke značajke Kaštela," *Sveučilište u Zadru, Zadar*, 2017.

[22] S. Kapelj, J. Kapelj, and M. Švonja, "Hidrogeološka obilježja sliva Jadra i Žrnovnice," 2011.

[23] K. Marasović and J. Margeta, "Istraživanje antičkih vodnih zahvata na izvoru rijeke Jadro," 2017.

[24] M. S. Storchak, "Glacial and cryogenic forms." [Online]. Available: https://studopedia.ru/19_395598_lodovikovi-i-kriogenni-formi.html.

[25] T. A. Jadra, R. Split, and Z. Sanitarne, "Izvori šta jadra i žrnovnice split zone sanitarne zaštite," 2010.

[26] Narodne novine, "UREDBA O KLASIFIKACIJI VODA," *Narodne novine, broj 77/98 i 137/08*.

[27] Zavod za prostorno uređenje Splitsko-dalmatinske županije, "Prostorni plan Splitsko-dalmatinske županije," *Službeni glasnik Splitsko-dalmatinske županije*. [Online]. Available: http://zzpu-sdz.hr/prostorni-plan-županije.

[28] Zavod za prostorno uređenje Splitsko-dalmatinske županije, "torni planovi Općine Klis," *Službeni vjesnik Općine Klis", broj 4/00*, 2000. [Online]. Available: http://zzpu-sdz.hr/prostorni-plan-uređenja-grada-ili-općine?id=131.

[29] Zavod za prostorno uređenje Splitsko-dalmatinske županije, "Prostorni plan Grada Solina," *Službeni glasnik Grada Solina", broj 4/06, 4/08*. [Online]. Available: http://zzpu-sdz.hr/prostorni-plan-uređenja-grada-ili-općine?id=33.

[30] Zavod za prostorno uređenje Splitsko-dalmatinske županije, "Prostorni plan Općine Dugopolje," *Službeni vjesnik Općine Dugopolje", broj 6/04, 6/07, 3/14, 4/14*, 2014. [Online]. Available: http://zzpu-sdz.hr/prostorni-plan-uređenja-grada-ili-općine?id=115.

[31] Narodne novine, "Uredba o klasifikaciji voda," *Narodne novine, broj 107/95*. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1998_06_77_1037.html. [Accessed: 06-Sep-2018].

[32] Ned, "Meteorološki rekordi u 2015. godini," *Crometeo*, 2016. [Online]. Available: https://www.crometeo.hr/meteoroloski-rekordi-u-2015-godine/.

[33] D. Matej, "Određivanje BPK i KPK parametara te anionskih tenzida MBAS metodom u industrijskim otpadnim vodama," 2016.

[34] "DHMZ - Sektor za hidrologiju." [Online]. Available: http://hidro.dhz.hr/.

[35] S. Russo, J. Sillmann, and E. M. Fischer, "Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades," *Environ. Res. Lett.*, vol. 10, no. 12, p. 124003, 2015.

[36] A. De Bono, G. Giuliani, S. Kluster, and P. Peduzzi, "Impacts of summer 2003 heat wave in Europe," *Environ. Alert Bull. UNEP*, no. August, p. 4, 2004.

[37] Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, "Inženjerska hidrologija," *Prezentacija "Hidrogram."*

[38] R. Žugaj, Ž. Andrei, K. Pavli, and L. Fuštar, "Krivulje trajanja protoka," 2011.

[39] Prof. dr. sc. Božo Vrdoljak, *Vjerojatnost i statistika*. 2007.

[40] U.S. Environmental Protection Agency, "An Approach for Using Load Duration Curves in the Development of TMDLs," p. 68, 2007.

[41] M. Kamerath, "GLRI TOTAL MAXIMUM DAILY LOAD," no. 312, 2011.

[42] M. Kranj, "OCJENA STANJA I RIZIKA CJELINA PODZEMNIH VODA NA KRŠKOM PODRU Č JU U REPUBLICI HRVATSKOJ Završno izvješ ć e," 2009.

[43] "Hrvatski zavod za norme - HRN ISO 31000 - Upravljanje rizikom." [Online]. Available: https://www.hzn.hr/default.aspx?id=55.

[44] P. Ljiljana, Aleksić Irena, "Prostorna sistematizacija hidrografskih podataka za vodno poručje dalmatinskih slivova," 2008.

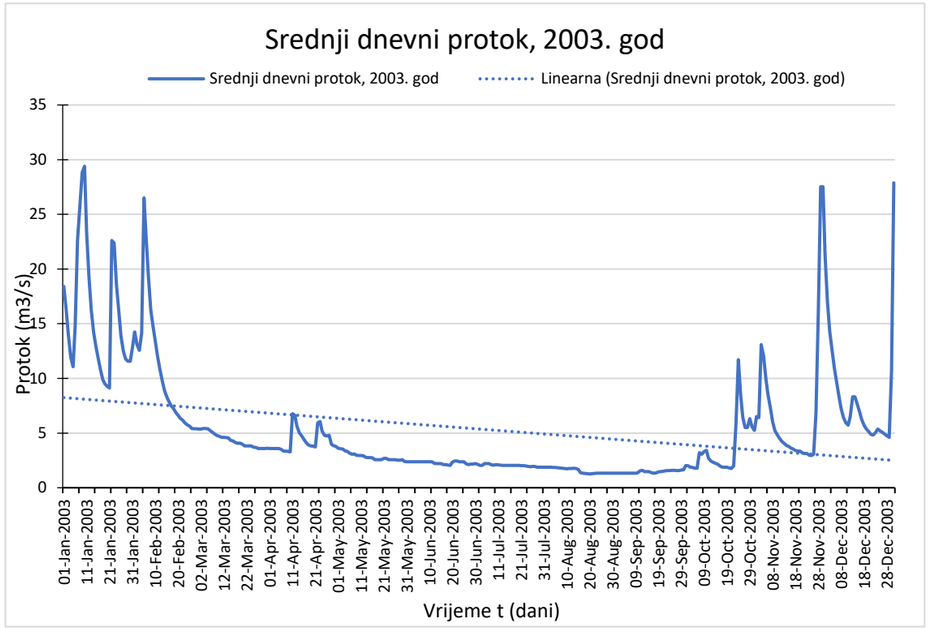
7. PRILOZI

7.1. Prilozi obrade protoka sa mjerne postaje Majdan

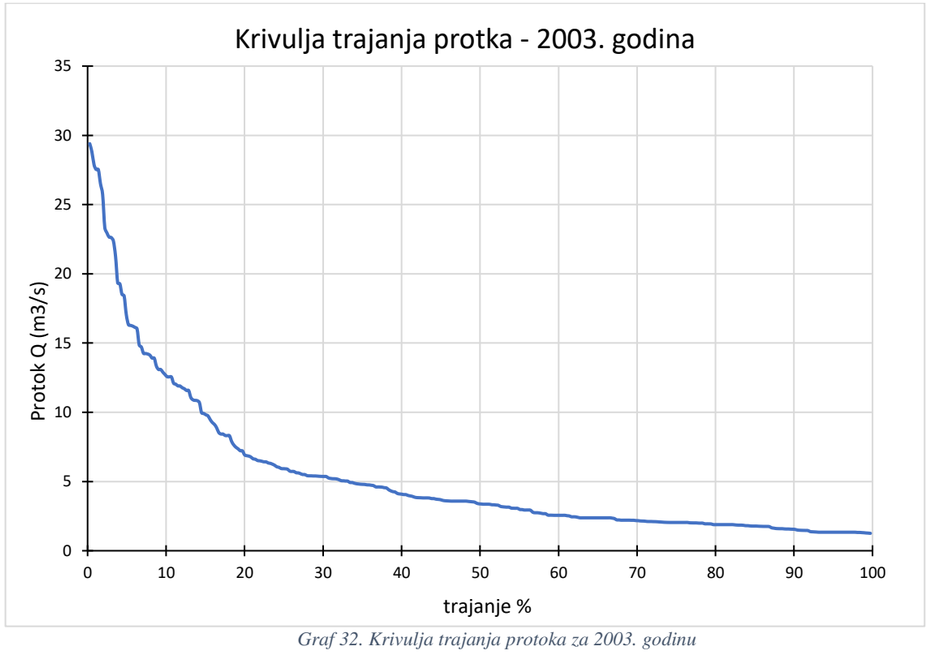
7.1.1. Obrada protoka za 2003. godinu

Tablica 14.Tablični prikaz srednjih dnevnih protoke, te min., sred. i max. mjesečnih protka za 2003. godinu

2003. godina												
Dan / mjesec	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
1	18.400	14.243	5.368	3.583	3.614	2.378	2.139	1.887	1.338	2.010	6.516	21.261
2	16.329	13.091	5.363	3.583	3.565	2.378	2.045	1.887	1.338	2.010	6.420	17.052
3	13.907	12.560	5.409	3.583	3.547	2.378	2.043	1.887	1.338	1.869	13.091	14.262
4	11.905	14.120	5.411	3.583	3.375	2.378	2.207	1.850	1.338	1.850	12.099	12.567
5	11.072	26.501	5.387	3.583	3.322	2.378	2.207	1.856	1.323	1.784	9.970	10.898
6	14.865	22.957	5.223	3.509	3.161	2.378	2.207	1.837	1.336	1.782	8.537	9.740
7	22.656	19.342	5.052	3.361	3.070	2.378	2.091	1.810	1.338	3.203	7.359	8.430
8	25.733	16.273	4.928	3.354	3.079	2.378	2.070	1.792	1.338	3.064	6.024	7.212
9	28.820	14.714	4.784	3.319	2.975	2.378	2.111	1.765	1.338	3.299	5.200	6.421
10	29.400	13.331	4.703	3.283	2.942	2.378	2.100	1.745	1.360	3.427	4.840	5.937
11	23.341	12.030	4.609	6.761	2.942	2.378	2.079	1.755	1.540	2.702	4.534	5.722
12	19.288	10.859	4.603	6.635	2.926	2.230	2.043	1.770	1.598	2.443	4.243	6.497
13	16.222	9.818	4.591	5.624	2.783	2.200	2.050	1.782	1.482	2.322	4.056	8.318
14	14.205	8.883	4.553	5.026	2.746	2.200	2.043	1.758	1.465	2.226	3.871	8.320
15	12.894	8.301	4.326	4.753	2.746	2.207	2.043	1.662	1.470	2.145	3.766	7.637
16	11.898	7.886	4.267	4.408	2.730	2.111	2.043	1.384	1.370	1.997	3.643	6.925
17	10.839	7.471	4.140	4.104	2.574	2.104	2.043	1.323	1.338	1.887	3.532	6.249
18	9.915	7.221	4.055	3.928	2.568	2.056	2.043	1.310	1.350	1.887	3.391	5.729
19	9.475	6.866	4.087	3.815	2.558	2.043	2.043	1.274	1.457	1.887	3.361	5.359
20	9.262	6.612	3.993	3.805	2.558	2.353	2.018	1.259	1.475	1.812	3.361	5.124
21	9.121	6.339	3.831	3.728	2.676	2.453	2.013	1.284	1.497	1.757	3.175	4.878
22	22.618	6.172	3.815	5.927	2.676	2.453	1.992	1.300	1.554	1.993	3.147	4.821
23	22.374	5.916	3.815	6.061	2.566	2.378	1.945	1.338	1.558	5.888	3.147	5.033
24	18.515	5.751	3.825	5.178	2.558	2.378	1.933	1.338	1.578	11.702	2.978	5.375
25	16.133	5.632	3.709	4.802	2.558	2.378	1.942	1.338	1.592	8.427	2.942	5.203
26	13.911	5.427	3.690	4.727	2.558	2.179	1.946	1.338	1.592	6.463	3.062	5.057
27	12.545	5.399	3.583	4.794	2.513	2.118	1.887	1.338	1.570	5.504	6.835	4.928
28	11.772	5.399	3.593	3.960	2.529	2.173	1.887	1.338	1.570	5.504	16.026	4.758
29	11.573	-	3.583	3.841	2.558	2.152	1.887	1.338	1.607	6.311	27.528	4.609
30	11.573	-	3.583	3.766	2.410	2.207	1.887	1.338	1.634	5.566	27.528	10.700
31	12.728	-	3.603	-	2.378	-	-	1.338	-	5.256	-	27.880
Qmin	9.121	5.399	3.583	3.283	2.378	2.043	1.887	1.259	1.323	1.757	2.942	4.609
Qsred	15.913	10.683	4.371	4.346	2.831	2.284	2.033	1.556	1.456	3.548	7.139	8.481
Qmax	29.400	26.501	5.411	6.761	3.614	2.453	2.207	1.887	1.634	11.702	27.528	27.880



Graf 31.Hidrogram protoka za 2003. godinu

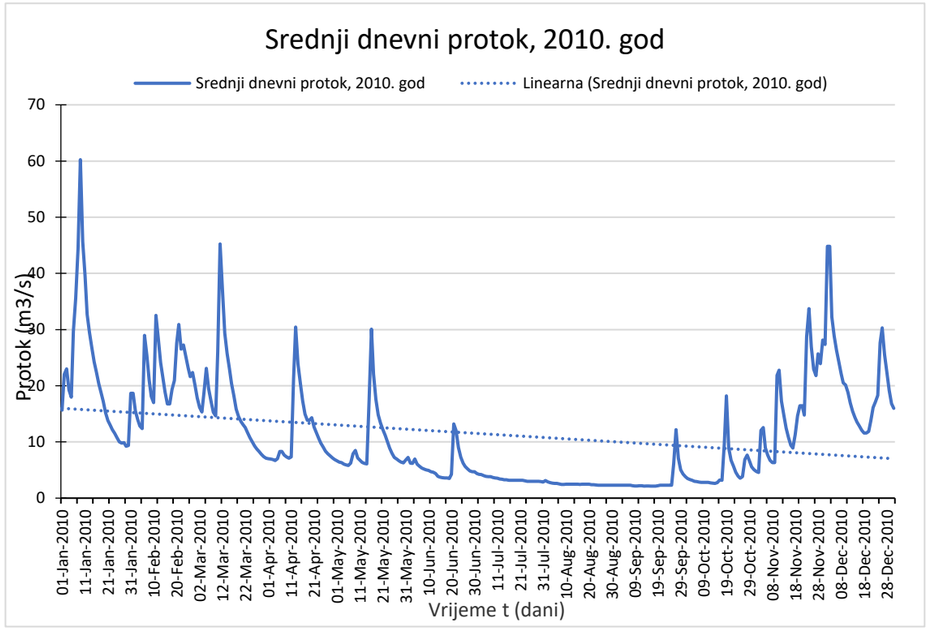


Graf 32. Krivulja trajanja protoka za 2003. godinu

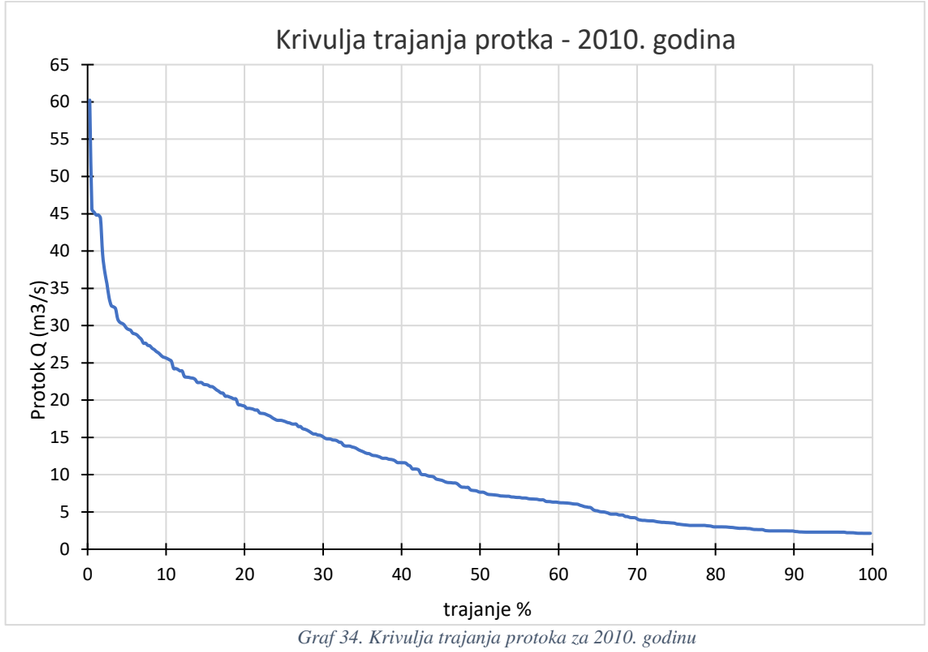
7.1.2. Obrada protoka za 2010. godinu

Tablica 15. Tablični prikaz srednjih dnevnih protoke, te min., sred. i max. mjesečnih protka za 2010. godinu

2010. godina												
Dan /mjesec	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
1	15.635	18.663	17.832	7.012	6.621	7.223	4.395	3.136	2.285	3.801	4.734	27.352
2	22.016	15.459	16.180	6.950	6.432	6.215	4.242	2.920	2.296	3.491	4.581	44.832
3	22.983	13.957	15.327	6.859	6.338	6.201	4.184	2.768	2.305	3.324	12.049	44.832
4	19.272	12.851	18.790	6.708	6.062	6.969	3.987	2.655	2.298	3.155	12.573	32.270
5	17.960	12.362	23.085	7.022	5.906	6.034	3.875	2.638	2.298	3.007	8.942	28.889
6	29.685	28.985	19.431	8.291	5.828	5.678	3.818	2.630	2.298	2.962	7.653	26.335
7	35.612	25.422	17.291	8.291	6.232	5.331	3.809	2.517	2.298	2.876	6.742	24.236
8	44.393	20.967	15.301	7.653	7.898	5.158	3.686	2.452	2.212	2.811	6.325	22.119
9	60.240	18.090	14.642	7.321	8.505	5.005	3.580	2.452	2.182	2.811	6.325	20.533
10	45.661	16.996	26.049	7.123	7.157	4.945	3.541	2.465	2.152	2.811	21.830	20.149
11	39.575	32.520	45.217	7.343	6.722	4.710	3.390	2.465	2.225	2.811	22.785	18.863
12	32.695	28.430	37.188	21.197	6.389	4.611	3.361	2.465	2.225	2.699	17.289	16.941
13	29.489	24.117	29.371	30.443	6.171	4.391	3.289	2.465	2.138	2.650	14.822	15.458
14	26.784	21.365	25.802	23.905	6.078	3.877	3.262	2.465	2.145	2.638	12.461	14.366
15	24.246	18.906	23.059	20.528	17.456	3.743	3.200	2.486	2.145	2.776	10.784	13.530
16	22.359	16.788	20.419	17.316	30.099	3.652	3.200	2.458	2.138	3.235	9.436	12.821
17	20.316	16.788	18.225	14.976	22.077	3.611	3.200	2.465	2.138	3.200	8.889	12.084
18	18.907	19.359	15.823	13.850	17.616	3.611	3.200	2.465	2.138	9.697	11.300	11.604
19	17.216	20.930	14.552	13.850	14.806	3.523	3.200	2.465	2.216	18.199	14.656	11.604
20	15.181	27.636	13.654	14.311	13.348	4.237	3.200	2.465	2.298	8.889	16.461	11.858
21	13.831	30.895	13.103	12.652	12.196	13.215	3.200	2.385	2.298	6.752	16.461	13.718
22	12.956	26.512	12.549	11.621	11.162	11.989	3.095	2.369	2.298	5.721	14.780	16.102
23	12.213	27.281	11.629	10.632	10.097	8.979	3.015	2.325	2.292	4.596	28.740	17.121
24	11.556	25.207	10.765	9.771	8.931	7.294	3.008	2.298	2.298	3.928	33.737	18.293
25	10.748	23.177	10.003	9.084	7.978	6.235	3.006	2.298	2.298	3.569	26.958	27.639
26	9.995	21.609	9.292	8.337	7.265	5.621	3.006	2.298	6.130	3.837	22.942	30.300
27	9.796	22.361	8.766	7.869	6.945	5.193	2.990	2.298	12.206	6.877	21.805	25.580
28	9.871	20.164	8.324	7.529	6.639	4.858	2.998	2.298	7.113	7.682	25.708	22.390
29	9.221	-	7.819	7.145	6.397	4.715	2.936	2.298	5.018	6.618	23.918	19.190
30	9.357	-	7.381	6.879	6.272	4.715	2.842	2.319	4.282	5.586	28.157	16.810
31	18.663	-	7.105	-	6.784	-	-	2.291	-	5.061	-	15.986
Qmin	9.221	12.362	7.105	6.708	5.828	3.523	2.842	2.291	2.138	2.638	4.581	11.604
Qsred	22.207	21.707	17.225	11.416	9.626	5.718	3.390	2.477	3.022	4.776	15.795	21.091
Qmax	60.240	32.520	45.217	30.443	30.099	13.215	4.395	3.136	12.206	18.199	33.737	44.832



Graf 33. Hidrogram protoka za 2010. godinu

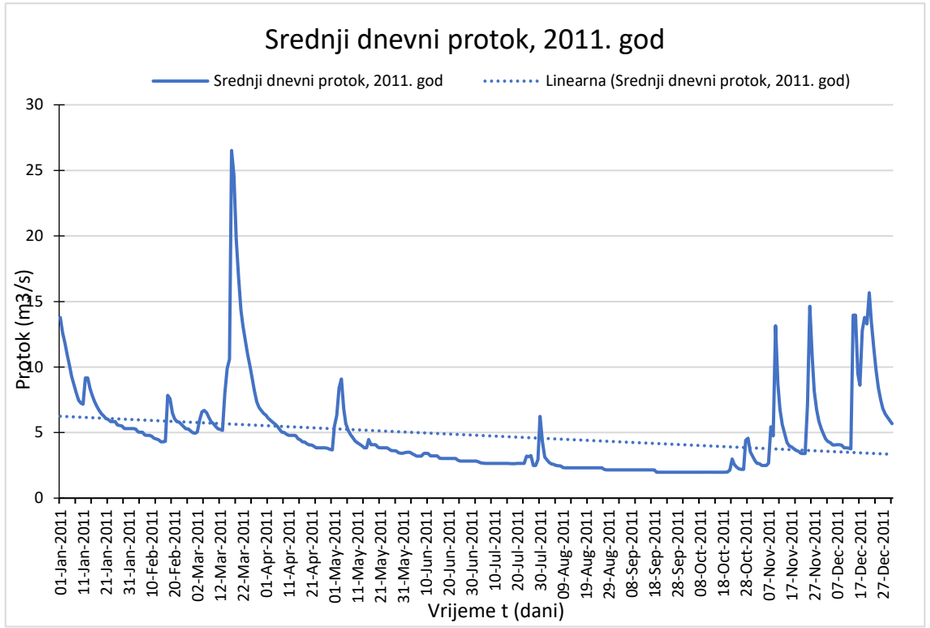


Graf 34. Krivulja trajanja protoka za 2010. godinu

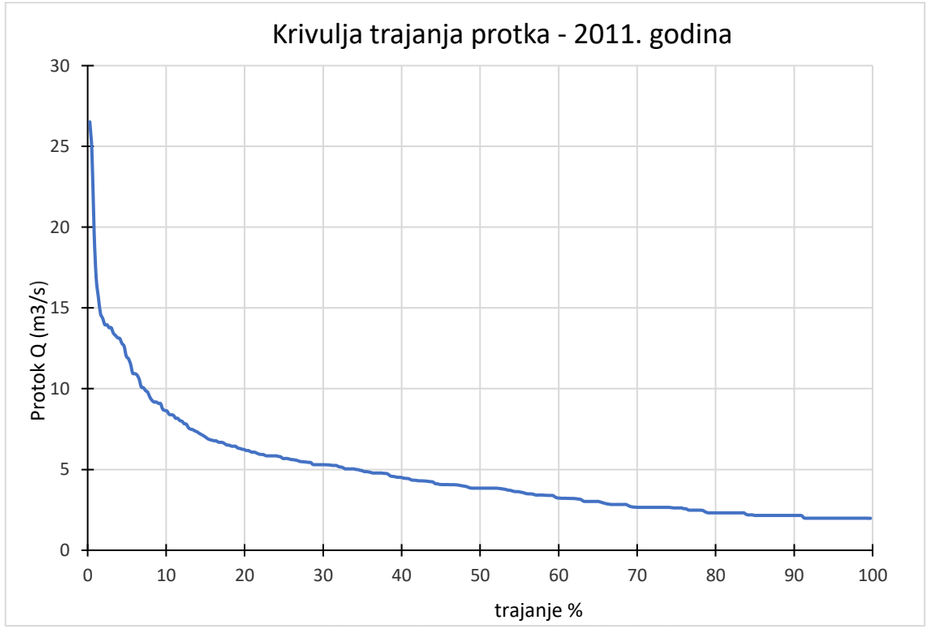
7.1.3. Obrada protoka za 2011. godinu

Tablica 16. Tablični prikaz srednjih dnevnih protoke, te min., sred. i max. mjesečnih protka za 2011. godinu

2011. godina												
dan/mjesec	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
1	13.774	5.297	4.951	6.328	5.473	3.488	2.835	3.145	2.156	1.985	2.855	4.870
2	12.635	5.297	5.039	6.098	6.303	3.491	2.835	2.912	2.156	1.985	2.656	4.515
3	11.862	5.255	5.952	5.932	8.386	3.497	2.773	2.712	2.156	1.985	2.623	4.305
4	10.934	5.042	6.587	5.785	9.094	3.387	2.685	2.618	2.156	1.985	2.498	4.230
5	10.107	5.036	6.685	5.648	6.811	3.295	2.668	2.571	2.156	1.985	2.483	4.058
6	9.282	5.036	6.508	5.483	5.681	3.209	2.656	2.483	2.156	1.985	2.483	4.058
7	8.654	4.816	6.173	5.247	5.179	3.206	2.640	2.478	2.156	1.985	2.663	4.067
8	8.026	4.782	5.843	5.036	4.847	3.201	2.656	2.455	2.156	1.985	5.439	4.067
9	7.467	4.782	5.681	5.004	4.611	3.395	2.656	2.327	2.156	1.985	4.753	4.031
10	7.241	4.720	5.460	4.869	4.352	3.419	2.656	2.316	2.156	1.979	13.151	3.844
11	7.168	4.565	5.290	4.782	4.243	3.401	2.656	2.316	2.156	1.985	8.735	3.840
12	9.176	4.512	5.250	4.782	4.116	3.229	2.656	2.316	2.156	1.979	6.778	3.826
13	9.176	4.447	5.156	4.782	4.003	3.217	2.656	2.316	2.156	1.985	5.605	3.763
14	8.355	4.300	7.985	4.762	3.847	3.217	2.656	2.316	2.156	1.985	4.929	13.963
15	7.807	4.297	9.885	4.524	3.844	3.217	2.656	2.316	2.156	1.985	4.259	13.963
16	7.386	4.337	10.596	4.450	4.478	3.049	2.656	2.316	2.156	1.985	3.982	9.479
17	7.003	7.835	26.520	4.288	4.081	3.023	2.620	2.316	2.156	1.985	3.925	8.619
18	6.690	7.585	24.647	4.280	4.067	3.023	2.620	2.316	2.156	1.985	3.785	12.801
19	6.440	6.510	19.752	4.128	4.067	3.023	2.620	2.316	1.985	1.985	3.637	13.777
20	6.255	6.067	16.825	4.058	3.873	3.023	2.656	2.316	1.985	2.003	3.573	13.295
21	6.073	5.843	14.358	4.049	3.844	3.023	2.656	2.316	1.985	2.137	3.419	15.656
22	6.003	5.808	13.104	3.961	3.844	3.023	2.656	2.316	1.985	2.992	3.407	13.440
23	5.843	5.615	12.016	3.844	3.844	3.023	2.656	2.316	1.985	2.573	3.393	11.531
24	5.843	5.434	10.958	3.844	3.844	2.877	3.210	2.316	1.985	2.374	7.089	9.783
25	5.843	5.287	10.065	3.844	3.711	2.835	3.165	2.316	1.985	2.225	14.640	8.416
26	5.580	5.277	9.073	3.844	3.628	2.835	3.240	2.316	1.985	2.190	10.852	7.495
27	5.546	5.117	8.167	3.844	3.628	2.835	2.483	2.191	1.985	2.190	8.174	6.847
28	5.499	4.993	7.334	3.808	3.592	2.835	2.483	2.156	1.985	4.416	6.770	6.435
29	5.297	-	6.902	3.723	3.459	2.835	2.950	2.156	1.985	4.573	5.856	6.172
30	5.297	-	6.665	3.673	3.419	2.835	6.236	2.156	1.985	3.527	5.312	5.920
31	5.297	-	6.446	-	3.419	-	4.330	2.156	-	3.186	-	5.683
Qmin	5.297	4.297	4.951	3.673	3.419	2.835	2.483	2.156	1.985	1.979	2.483	3.763
Qsred	7.663	5.282	9.544	4.623	4.567	3.132	2.889	2.383	2.088	2.325	5.324	7.637
Qmax	13.774	7.835	26.520	6.328	9.094	3.497	6.236	3.145	2.156	4.573	14.640	15.656



Graf 35. Hidrogram protoka za 2011. godinu

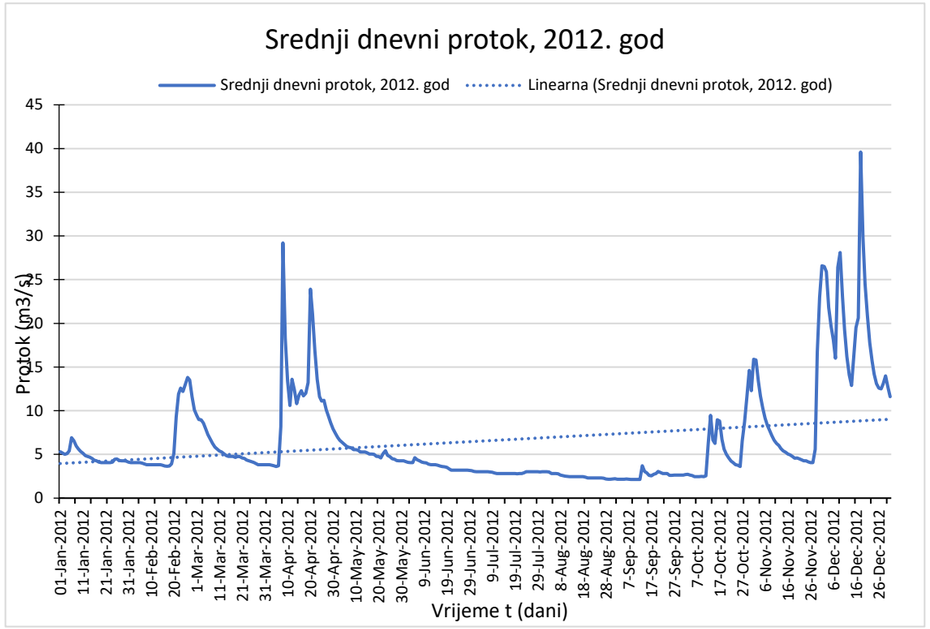


Graf 36. Krivulja trajanja protoka za 2011. godinu

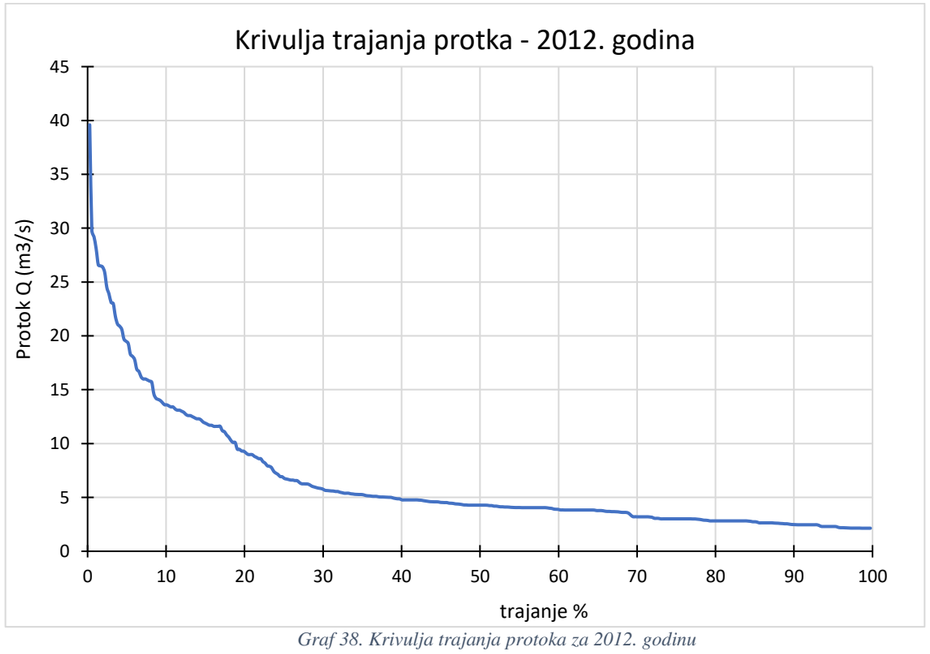
7.1.4. Obrada protoka za 2012. godinu

Tablica 17. Tablični prikaz srednjih dnevnih protoke, te min., sred. i max. mjesečnih protka za 2012. godinu

2012. godina												
Dan / mjesec	**siječanj**	**veljača**	**ožujak**	**travanj**	**svibanj**	**lipanj**	**srpanj**	**kolovoz**	**rujan**	**listopad**	**studeni**	**prosinac**
1	5.320	4.060	9.470	3.830	7.430	4.190	3.060	3.010	2.220	2.640	15.900	26.600
2	5.150	4.050	8.990	3.830	6.940	4.100	3.010	3.010	2.170	2.710	15.800	26.500
3	5.020	4.050	8.970	3.780	6.610	4.050	3.010	2.980	2.150	2.740	13.400	25.900
4	5.100	4.050	8.590	3.700	6.390	4.060	3.010	2.820	2.150	2.640	11.700	21.800
5	5.390	4.050	7.890	3.610	6.150	4.640	3.010	2.820	2.150	2.580	10.300	19.700
6	6.920	4.000	7.260	3.720	5.910	4.390	3.010	2.820	2.190	2.460	9.140	18.100
7	6.560	3.900	6.760	8.190	5.830	4.280	3.010	2.780	2.150	2.460	8.320	16.000
8	5.970	3.830	6.250	29.200	5.770	4.110	3.000	2.640	2.140	2.460	7.770	26.400
9	5.640	3.830	5.860	18.300	5.550	4.050	2.960	2.570	2.140	2.480	7.140	28.100
10	5.340	3.830	5.600	13.400	5.550	4.030	2.860	2.520	2.140	2.460	6.610	23.100
11	5.140	3.830	5.390	10.600	5.480	3.890	2.820	2.490	2.140	2.550	6.260	19.300
12	4.860	3.830	5.270	13.600	5.290	3.830	2.820	2.470	2.140	6.240	6.030	16.200
13	4.770	3.830	5.060	12.400	5.280	3.830	2.820	2.460	3.700	9.480	5.660	14.100
14	4.700	3.830	4.870	10.800	5.270	3.820	2.820	2.460	3.060	6.660	5.390	12.900
15	4.540	3.760	4.770	11.800	5.180	3.780	2.820	2.460	2.880	6.270	5.240	16.000
16	4.340	3.680	4.770	12.300	5.040	3.680	2.820	2.460	2.600	8.980	5.030	19.500
17	4.280	3.660	4.770	11.700	5.040	3.610	2.820	2.460	2.550	8.810	4.940	20.600
18	4.130	3.670	4.670	12.000	5.010	3.600	2.820	2.460	2.740	6.710	4.770	39.600
19	4.050	3.920	4.770	13.200	4.770	3.530	2.820	2.400	2.820	5.620	4.580	29.800
20	4.070	5.100	4.750	23.900	4.770	3.350	2.800	2.310	3.050	5.000	4.600	24.500
21	4.050	9.290	4.610	21.100	4.590	3.210	2.820	2.300	2.930	4.590	4.520	20.900
22	4.050	11.900	4.530	16.900	5.110	3.210	2.820	2.300	2.820	4.240	4.400	17.800
23	4.050	12.600	4.370	13.600	5.440	3.200	2.890	2.300	2.820	4.060	4.280	15.700
24	4.130	12.200	4.280	11.600	4.900	3.200	3.010	2.300	2.820	3.840	4.270	14.200
25	4.440	13.000	4.190	11.100	4.740	3.200	3.010	2.300	2.620	3.780	4.160	13.100
26	4.470	13.800	4.080	11.200	4.520	3.200	3.010	2.300	2.610	3.630	4.050	12.600
27	4.300	13.500	3.980	10.100	4.460	3.200	3.010	2.290	2.640	6.560	4.050	12.500
28	4.280	11.600	3.840	9.310	4.300	3.200	3.010	2.190	2.640	8.720	5.590	13.100
29	4.280	10.100	3.830	8.600	4.280	3.180	3.010	2.160	2.640	11.600	16.700	14.000
30	4.240	-	3.830	7.940	4.280	3.150	3.000	2.150	2.640	14.600	23.000	12.700
31	4.110	-	3.830	-	4.280	-	3.010	2.180	-	12.300	-	11.600
Qmin	4.050	3.660	3.830	3.610	4.280	3.150	2.800	2.150	2.140	2.460	4.050	11.600
Qsred	4.764	6.440	5.487	11.510	5.295	3.692	2.926	2.489	2.549	5.480	7.787	19.448
Qmax	6.920	13.800	9.470	29.200	7.430	4.640	3.060	3.010	3.700	14.600	23.000	39.600



Graf 37. Hidrogram protoka za 2012. godinu

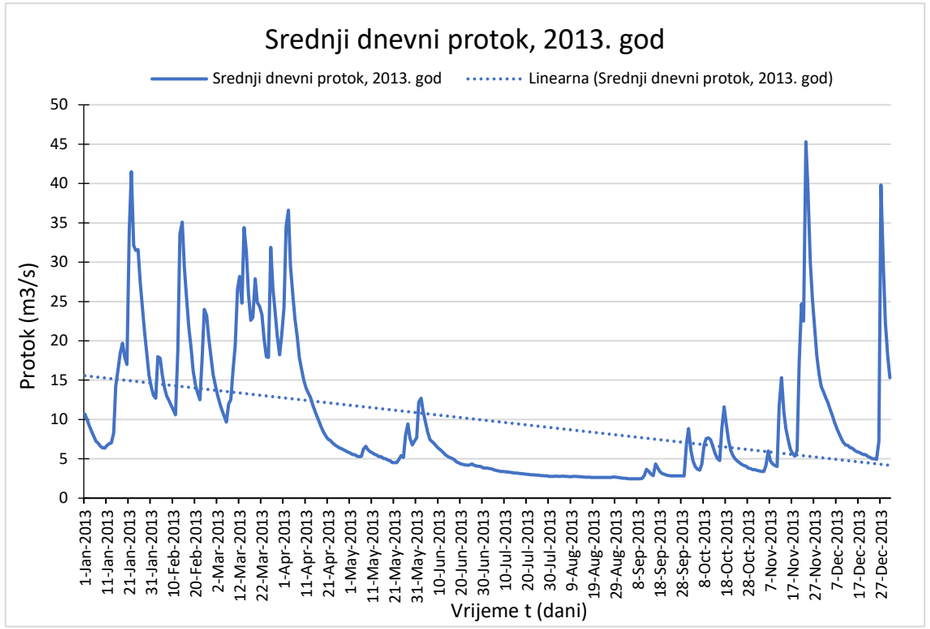


Graf 38. Krivulja trajanja protoka za 2012. godinu

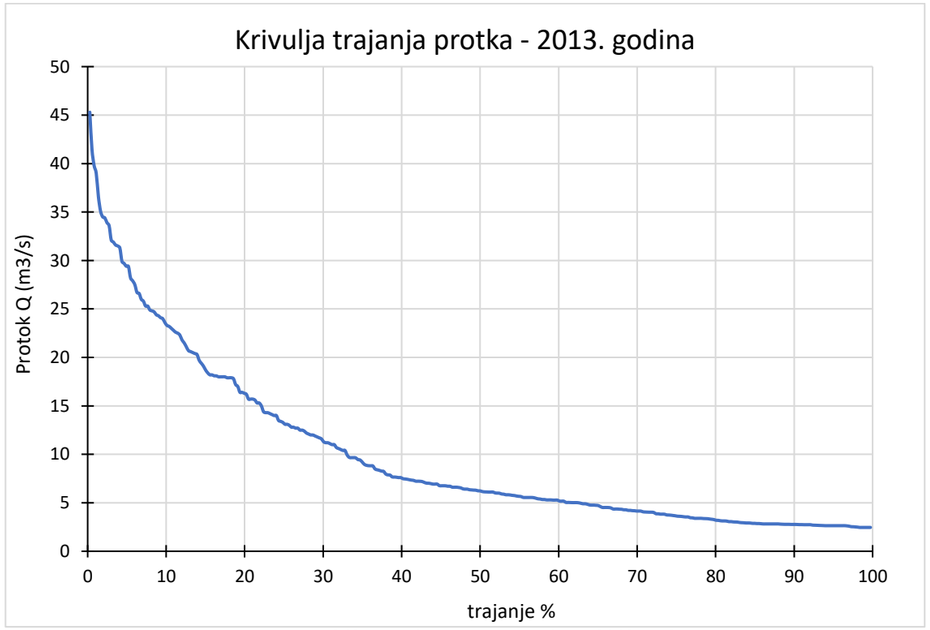
7.1.5. Obrada protoka za 2013. godinu

Tablica 18. Tablični prikaz srednjih dnevnih protoke, te min., sred. i max. mjesečnih protka za 2013. godinu

2013. godina												
Dan / mjesec	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
1	10.700	13.100	14.300	24.300	5.750	12.200	3.830	2.780	2.540	8.830	3.540	13.500
2	9.930	12.700	13.100	34.500	5.550	12.700	3.820	2.800	2.530	6.110	3.450	12.800
3	9.210	18.000	12.000	36.600	5.550	11.000	3.750	2.780	2.510	4.760	3.400	12.100
4	8.490	17.800	11.200	29.400	5.340	9.640	3.720	2.770	2.460	4.000	3.400	11.300
5	7.880	15.700	10.400	25.800	5.280	8.410	3.590	2.790	2.460	3.690	4.150	10.500
6	7.220	14.000	9.660	22.800	5.300	7.460	3.540	2.750	2.460	3.560	6.000	9.660
7	6.980	13.000	12.000	20.500	6.230	7.190	3.460	2.770	2.460	4.330	4.760	8.870
8	6.610	12.400	12.500	17.900	6.610	6.930	3.400	2.740	2.460	6.770	4.340	8.240
9	6.410	11.800	16.400	16.300	6.160	6.580	3.400	2.740	2.460	7.600	4.140	7.600
10	6.350	11.200	19.400	15.000	5.890	6.310	3.360	2.750	2.490	7.660	4.030	7.100
11	6.710	10.600	26.600	14.000	5.770	6.110	3.330	2.760	2.910	7.430	11.700	6.760
12	6.930	18.700	28.200	13.400	5.560	5.810	3.300	2.740	3.660	6.540	15.300	6.710
13	7.020	33.600	24.800	12.800	5.470	5.550	3.270	2.740	3.380	5.700	11.000	6.440
14	8.270	35.100	34.400	11.900	5.280	5.300	3.200	2.690	3.060	5.040	8.820	6.330
15	14.300	29.400	31.300	11.100	5.280	5.170	3.190	2.650	2.880	4.780	7.380	6.110
16	16.400	25.300	26.000	10.400	5.040	5.030	3.150	2.660	4.360	8.800	6.240	5.910
17	18.400	21.800	22.600	9.680	5.020	4.900	3.130	2.680	3.870	11.600	5.650	5.830
18	19.700	19.100	23.000	8.970	4.850	4.620	3.110	2.640	3.370	9.460	5.340	5.670
19	18.000	16.200	27.900	8.350	4.740	4.470	3.060	2.640	3.130	7.340	6.020	5.550
20	17.000	14.400	24.900	7.860	4.520	4.360	3.030	2.640	3.020	6.120	17.200	5.530
21	33.900	13.300	24.400	7.490	4.520	4.280	3.010	2.640	2.920	5.410	24.700	5.300
22	41.500	12.500	23.300	7.310	4.520	4.220	2.970	2.640	2.860	5.000	22.500	5.180
23	32.100	18.000	20.300	7.030	4.950	4.180	2.950	2.640	2.820	4.720	45.300	5.020
24	31.500	24.000	18.000	6.750	5.390	4.220	2.940	2.640	2.820	4.510	39.000	5.020
25	31.600	23.200	17.900	6.610	5.170	4.360	2.920	2.640	2.820	4.280	29.900	4.900
26	27.500	20.400	31.900	6.410	7.970	4.190	2.880	2.640	2.820	4.150	25.300	7.230
27	24.100	17.900	26.700	6.300	9.420	4.070	2.860	2.640	2.820	4.050	21.500	39.800
28	21.100	15.700	23.600	6.130	7.640	4.040	2.820	2.700	2.820	3.830	18.100	29.700
29	18.200	-	20.600	5.990	6.760	4.030	2.820	2.670	2.840	3.740	15.700	22.300
30	15.600	-	18.200	5.830	7.230	3.870	2.770	2.620	6.930	3.620	14.200	18.100
31	14.100	-	20.700	-	7.670	-	2.780	2.590	-	3.610	-	15.300
Qmin	6.350	10.600	9.660	5.830	4.520	3.870	2.770	2.590	2.460	3.560	3.400	4.900
Qsred	16.249	18.175	20.847	13.914	5.820	6.040	3.205	2.696	3.031	5.711	13.069	10.334
Qmax	41.500	35.100	34.400	36.600	9.420	12.700	3.830	2.800	6.930	11.600	45.300	39.800



Graf 39. Hidrogram protoka za 2013. godinu

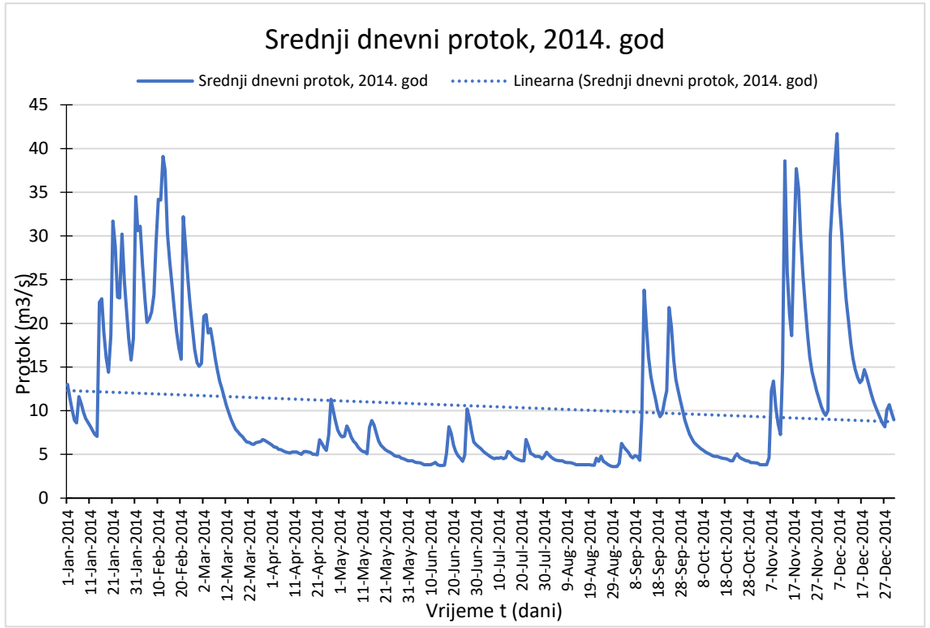


Graf 40. Krivulja trajanja protoka za 2013. godinu

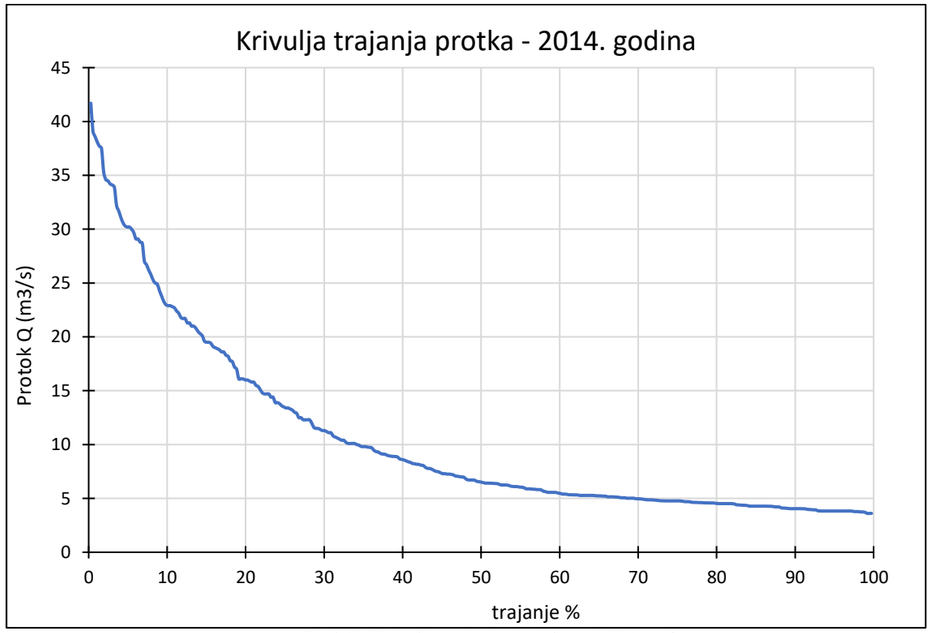
7.1.6. Obrada protoka za 2014. godinu

Tablica 19. Tablični prikaz srednjih dnevnih protoke, te min., sred. i max. mjesečnih protka za 2014. godinu

2014. godina												
Dan / mjesec	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
1	13.000	30.600	15.400	6.090	7.230	4.280	5.890	4.960	3.970	8.080	3.990	9.470
2	11.500	31.100	20.800	5.850	6.990	4.270	5.670	4.690	6.250	7.300	3.840	10.000
3	10.100	26.700	21.000	5.820	7.080	4.110	5.400	4.520	5.890	6.790	3.830	30.000
4	8.920	22.900	18.900	5.570	8.240	4.050	5.150	4.370	5.560	6.380	3.830	34.600
5	8.620	20.100	19.400	5.550	7.780	4.050	4.970	4.290	5.240	6.110	3.830	38.100
6	11.600	20.500	17.800	5.400	6.970	3.960	4.770	4.280	4.820	5.880	4.630	41.700
7	10.800	21.300	16.000	5.280	6.510	3.830	4.630	4.280	4.610	5.630	12.300	33.900
8	9.810	23.300	14.700	5.230	6.240	3.830	4.520	4.120	4.860	5.490	13.400	30.200
9	9.110	29.100	13.400	5.150	5.860	3.830	4.590	4.050	4.760	5.280	10.400	26.200
10	8.670	34.200	12.500	5.280	5.560	3.830	4.580	4.050	4.340	5.120	8.490	22.700
11	8.220	34.100	11.500	5.280	5.340	3.940	4.660	4.040	9.350	5.020	7.260	20.300
12	7.710	39.100	10.600	5.280	5.280	4.090	4.510	3.940	23.800	4.880	14.800	17.700
13	7.300	37.500	9.810	5.140	5.070	3.820	4.620	3.830	19.500	4.770	38.600	16.000
14	7.060	30.300	9.020	5.020	8.060	3.740	5.340	3.830	16.100	4.770	25.800	14.700
15	22.400	27.000	8.400	5.320	8.890	3.750	5.210	3.830	13.900	4.700	21.000	13.800
16	22.800	24.300	7.890	5.330	8.350	3.780	4.840	3.830	12.500	4.590	18.600	13.200
17	19.000	21.700	7.600	5.280	7.480	5.150	4.610	3.830	11.300	4.530	29.100	13.500
18	16.100	19.100	7.260	5.210	6.560	8.160	4.490	3.830	10.100	4.520	37.700	14.700
19	14.400	17.200	7.020	5.020	6.040	7.390	4.360	3.830	9.310	4.410	35.300	13.900
20	18.600	15.900	6.720	5.020	5.790	6.050	4.280	3.780	9.700	4.280	29.700	12.900
21	31.700	32.200	6.420	4.940	5.560	5.330	4.280	3.770	11.200	4.280	25.300	12.000
22	28.800	28.700	6.390	6.690	5.380	4.870	6.710	4.580	12.300	4.780	21.700	11.100
23	23.000	25.000	6.200	6.260	5.260	4.560	5.990	4.210	21.800	5.060	18.800	10.400
24	22.900	22.200	6.130	5.820	5.060	4.210	5.110	4.800	19.600	4.700	16.100	9.740
25	30.200	19.500	6.350	5.460	4.870	4.910	4.980	4.220	15.800	4.520	14.400	9.180
26	24.900	17.000	6.410	7.190	4.770	10.200	4.770	4.050	13.600	4.400	13.300	8.570
27	21.300	15.500	6.470	11.300	4.770	9.120	4.770	3.850	12.300	4.270	12.300	8.170
28	18.200	15.100	6.710	10.100	4.580	7.510	4.740	3.710	11.100	4.250	11.400	10.100
29	15.800	-	6.580	8.850	4.520	6.420	4.520	3.610	9.950	4.070	10.500	10.700
30	18.300	-	6.410	7.790	4.380	6.100	4.780	3.610	8.900	4.050	9.830	9.770
31	34.500	-	6.250	-	4.280	-	5.240	3.610	-	4.040	-	8.960
Qmin	7.060	15.100	6.130	4.940	4.280	3.740	4.280	3.610	3.970	4.040	3.830	8.170
Qsred	16.623	25.043	10.517	6.051	6.089	5.105	4.935	4.071	10.747	5.063	16.001	17.299
Qmax	34.500	39.100	21.000	11.300	8.890	10.200	6.710	4.960	23.800	8.080	38.600	41.700



Graf 41. Hidrogram protoka za 2014. godinu

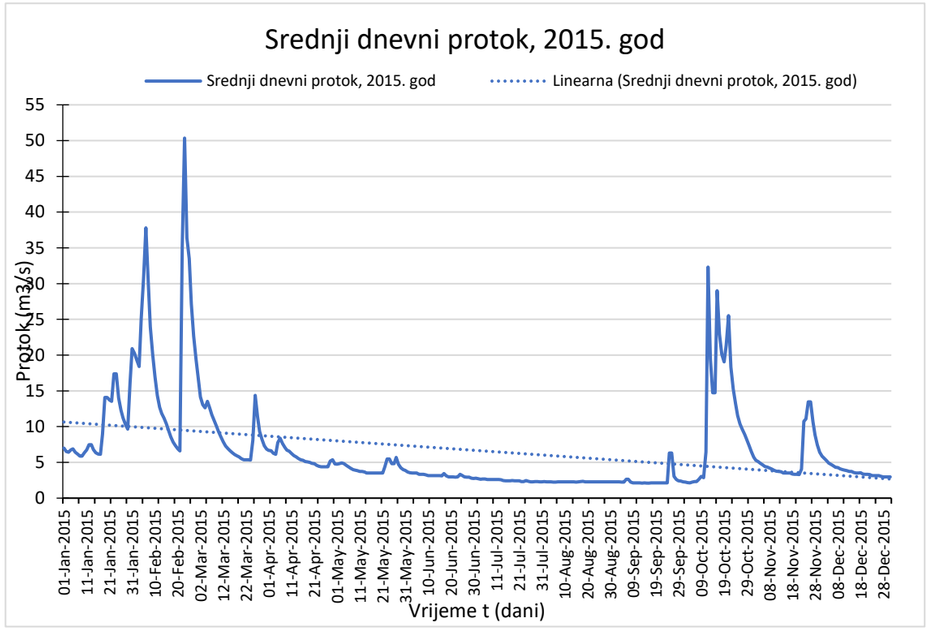


Graf 42. Krivulja trajanja protoka za 2014. godinu

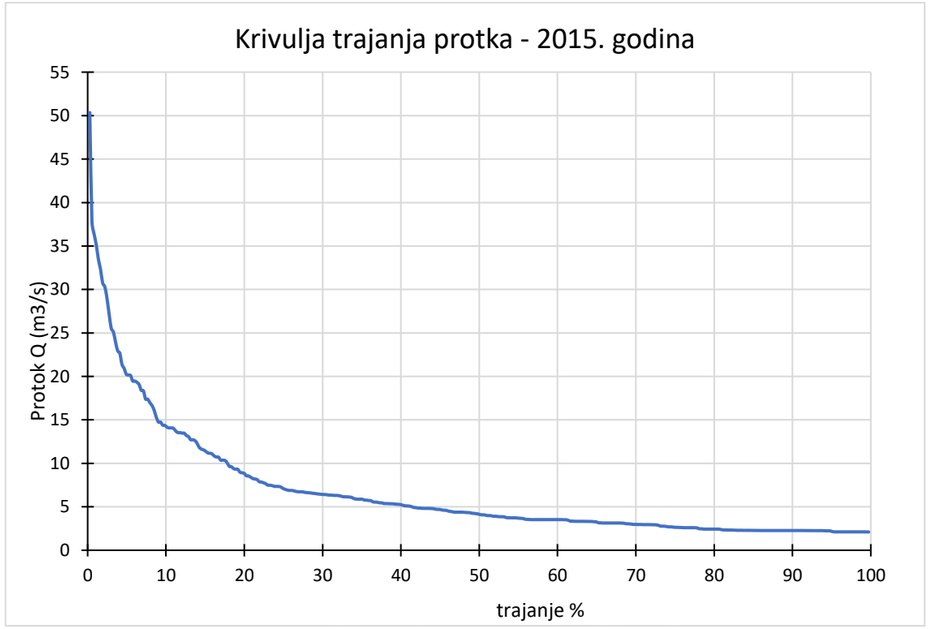
7.1.7. Obrada protoka za 2015. godinu

Tablica 20. Tablični prikaz srednjih dnevnih protoke, te min., sred. i max. mjesečnih protka za 2015. godinu

2015. godina												
Dan / mjesec	**siječanj**	**veljača**	**ožujak**	**travanj**	**svibanj**	**lipanj**	**srpanj**	**kolovoz**	**rujan**	**listopad**	**studeni**	**prosinac**
1	7.017	20.242	16.647	6.674	4.735	3.672	2.771	2.298	2.271	2.283	5.726	5.874
2	6.530	19.319	14.149	6.638	4.813	3.551	2.720	2.271	2.262	2.232	5.298	5.565
3	6.413	18.391	13.076	6.283	4.925	3.526	2.656	2.271	2.258	2.160	5.101	5.244
4	6.734	25.111	12.619	6.145	4.806	3.526	2.692	2.291	2.258	2.117	4.851	4.897
5	6.881	30.732	13.539	7.759	4.607	3.510	2.692	2.258	2.633	2.240	4.646	4.700
6	6.433	37.808	12.715	8.398	4.376	3.328	2.598	2.258	2.643	2.325	4.430	4.516
7	6.152	30.313	11.637	7.658	4.170	3.325	2.598	2.275	2.233	2.332	4.338	4.328
8	5.873	23.945	10.843	7.114	3.980	3.314	2.592	2.278	2.117	2.625	4.213	4.265
9	5.873	20.158	10.068	6.724	3.913	3.272	2.598	2.271	2.117	3.044	4.071	4.105
10	6.348	16.975	9.306	6.550	3.856	3.168	2.598	2.271	2.117	2.868	3.886	3.989
11	6.728	14.365	8.568	6.235	3.731	3.136	2.598	2.291	2.117	6.462	3.768	3.913
12	7.483	12.712	7.881	5.956	3.731	3.136	2.572	2.281	2.111	32.309	3.721	3.849
13	7.483	11.834	7.282	5.777	3.649	3.136	2.442	2.267	2.117	19.461	3.688	3.740
14	6.773	11.160	6.929	5.545	3.526	3.136	2.432	2.261	2.104	14.743	3.526	3.740
15	6.362	10.367	6.621	5.378	3.526	3.136	2.432	2.252	2.114	14.743	3.526	3.569
16	6.161	9.392	6.335	5.284	3.526	3.105	2.432	2.264	2.117	29.000	3.526	3.526
17	6.122	8.545	6.083	5.113	3.526	3.447	2.467	2.327	2.117	22.935	3.526	3.526
18	8.977	7.849	5.896	5.077	3.526	3.123	2.432	2.338	2.117	20.100	3.354	3.535
19	14.079	7.341	5.769	5.016	3.526	2.969	2.432	2.271	2.117	19.049	3.328	3.354
20	14.079	6.888	5.523	4.854	3.526	2.951	2.432	2.271	2.117	21.373	3.328	3.328
21	13.733	6.591	5.362	4.824	3.510	2.966	2.320	2.271	2.117	25.520	3.312	3.322
22	13.539	35.141	5.350	4.600	4.355	2.936	2.305	2.271	2.117	18.339	4.074	3.280
23	17.386	50.350	5.350	4.473	5.460	2.966	2.477	2.271	2.117	15.295	10.726	3.136
24	17.386	36.373	5.318	4.385	5.460	3.322	2.345	2.271	6.311	13.204	11.079	3.136
25	14.022	33.474	8.126	4.385	4.818	3.159	2.271	2.271	6.311	11.547	13.471	3.136
26	12.300	27.166	14.382	4.385	4.818	2.983	2.271	2.265	3.052	10.367	13.471	3.136
27	11.197	22.666	11.389	4.385	5.708	2.936	2.298	2.271	2.612	9.615	10.713	3.023
28	10.326	19.467	9.326	5.172	4.699	2.921	2.298	2.271	2.432	8.912	8.839	2.977
29	9.655	-	8.249	5.373	4.242	2.782	2.291	2.271	2.397	8.194	7.433	2.951
30	16.098	-	7.344	4.787	4.001	2.764	2.291	2.271	2.283	7.356	6.407	2.951
31	20.918	-	6.848	-	3.862	-	2.298	2.271	-	6.486	-	2.951
Qmin	5.873	6.591	5.318	4.385	3.510	2.764	2.271	2.252	2.104	2.117	3.312	2.951
Qsred	9.841	20.524	8.985	5.698	4.223	3.173	2.473	2.275	2.527	11.588	5.712	3.792
Qmax	20.918	50.350	16.647	8.398	5.708	3.672	2.771	2.338	6.311	32.309	13.471	5.874



Graf 43. Hidrogram protoka za 2015. godinu

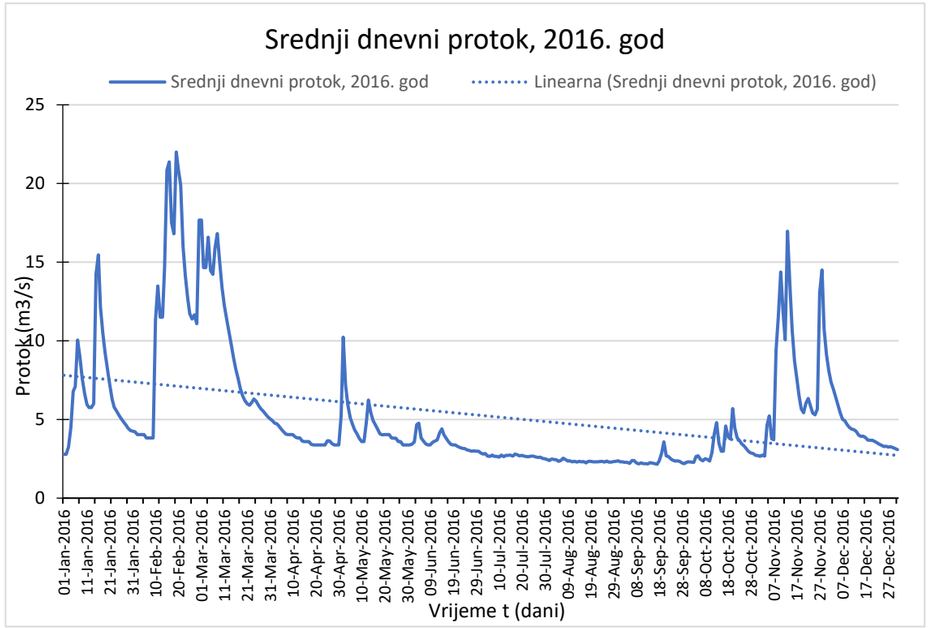


Graf 44. Krivulja trajanja protoka za 2015. godinu

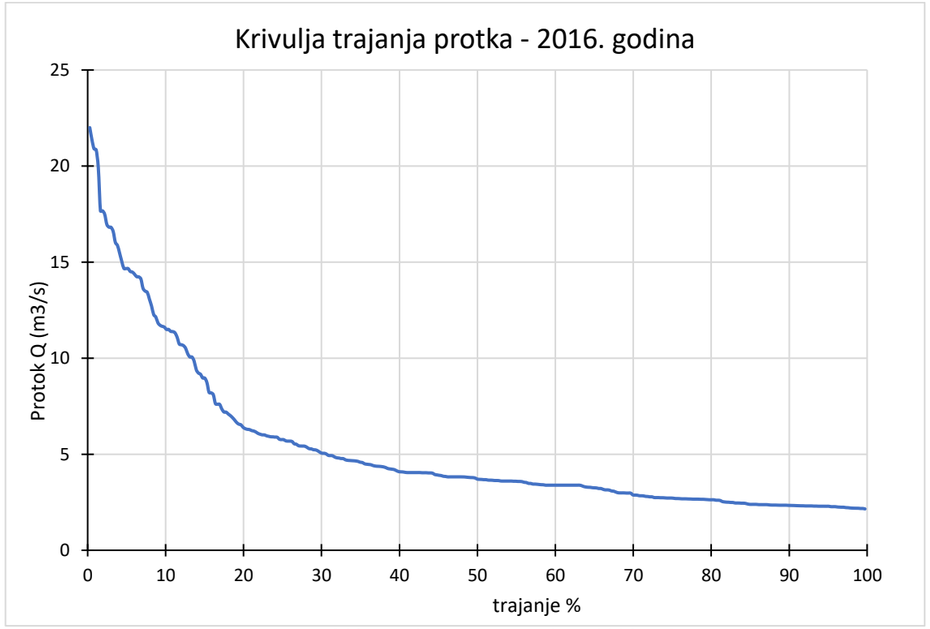
7.1.8. Obrada protoka za 2016. godinu

Tablica 21. Tablični prikaz srednjih dnevnih protoke, te min., sred. i max. mjesečnih protka za 2016. godinu

2016. godina												
Dan / mjesec	**siječanj**	**veljača**	**ožujak**	**travanj**	**svibanj**	**lipanj**	**srpanj**	**kolovoz**	**rujan**	**listopad**	**studeni**	**prosinac**
1	2.781	4.218	17.667	4.938	5.234	3.424	2.868	2.389	2.307	2.307	2.661	8.098
2	2.781	4.036	14.662	4.772	10.223	3.584	2.805	2.489	2.315	2.293	2.734	7.351
3	3.243	4.036	14.662	4.710	7.191	4.665	2.830	2.458	2.269	2.270	2.662	6.905
4	4.480	4.036	16.590	4.567	5.907	4.774	2.677	2.436	2.269	2.659	4.624	6.397
5	6.781	4.045	14.480	4.368	5.106	3.819	2.661	2.344	2.203	2.687	5.225	5.932
6	7.094	3.821	14.231	4.197	4.683	3.626	2.742	2.390	2.390	2.450	3.780	5.423
7	10.056	3.821	15.865	4.058	4.337	3.445	2.653	2.536	2.390	2.374	3.703	5.016
8	8.961	3.821	16.818	4.045	4.082	3.388	2.653	2.460	2.241	2.504	9.398	4.919
9	7.591	3.821	15.043	4.045	3.785	3.388	2.605	2.352	2.174	2.462	11.617	4.674
10	6.646	11.319	13.423	4.045	3.593	3.538	2.742	2.376	2.240	2.361	14.372	4.502
11	5.958	13.490	12.267	3.888	3.593	3.632	2.645	2.299	2.188	2.881	11.839	4.384
12	5.760	11.494	11.380	3.821	4.813	3.692	2.718	2.345	2.195	4.077	10.060	4.356
13	5.760	11.494	10.652	3.821	6.231	4.143	2.718	2.292	2.174	4.801	16.962	4.234
14	6.006	14.674	9.842	3.631	5.441	4.411	2.734	2.345	2.254	3.481	13.634	4.010
15	14.240	20.838	8.969	3.602	4.930	4.026	2.669	2.314	2.222	2.987	10.698	3.924
16	15.470	21.372	8.218	3.602	4.646	3.793	2.799	2.322	2.186	2.987	8.728	3.942
17	12.140	17.487	7.630	3.602	4.374	3.582	2.745	2.246	2.152	4.582	7.603	3.852
18	10.514	16.807	7.009	3.408	4.096	3.412	2.694	2.335	2.377	3.903	6.564	3.686
19	9.227	22.000	6.528	3.388	4.026	3.388	2.719	2.345	2.837	3.757	5.682	3.675
20	8.193	20.895	6.206	3.388	4.045	3.388	2.678	2.299	3.571	5.697	5.427	3.675
21	7.196	19.906	6.007	3.388	4.045	3.280	2.629	2.307	2.693	4.466	6.040	3.605
22	6.282	16.027	5.904	3.388	4.045	3.217	2.629	2.307	2.637	3.842	6.330	3.526
23	5.781	14.120	6.082	3.388	3.821	3.173	2.671	2.328	2.487	3.652	5.884	3.436
24	5.544	12.712	6.295	3.388	3.815	3.144	2.678	2.337	2.406	3.447	5.415	3.359
25	5.278	11.712	6.154	3.649	3.803	3.074	2.629	2.291	2.352	3.316	5.288	3.276
26	5.050	11.394	5.889	3.645	3.602	3.030	2.591	2.353	2.375	3.129	5.660	3.293
27	4.853	11.657	5.681	3.479	3.602	2.978	2.606	2.294	2.318	2.973	13.072	3.250
28	4.658	11.091	5.519	3.388	3.388	2.995	2.517	2.291	2.216	2.873	14.513	3.258
29	4.452	17.667	5.356	3.388	3.388	2.978	2.501	2.331	2.190	2.840	10.739	3.215
30	4.302	-	5.178	3.388	3.388	2.986	2.450	2.348	2.292	2.727	9.160	3.144
31	4.252	-	5.049	-	3.388	-	-	2.375	-	2.709	-	3.087
Min	2.781	3.821	5.049	3.388	3.388	2.978	2.450	2.246	2.152	2.270	2.661	3.087
Sred	6.817	11.856	9.847	3.813	4.536	3.532	2.675	2.353	2.364	3.210	8.002	4.368
Max	15.470	22.000	17.667	4.938	10.223	4.774	2.868	2.536	3.571	5.697	16.962	8.098



Graf 45. Hidrogram protoka za 2016. godinu

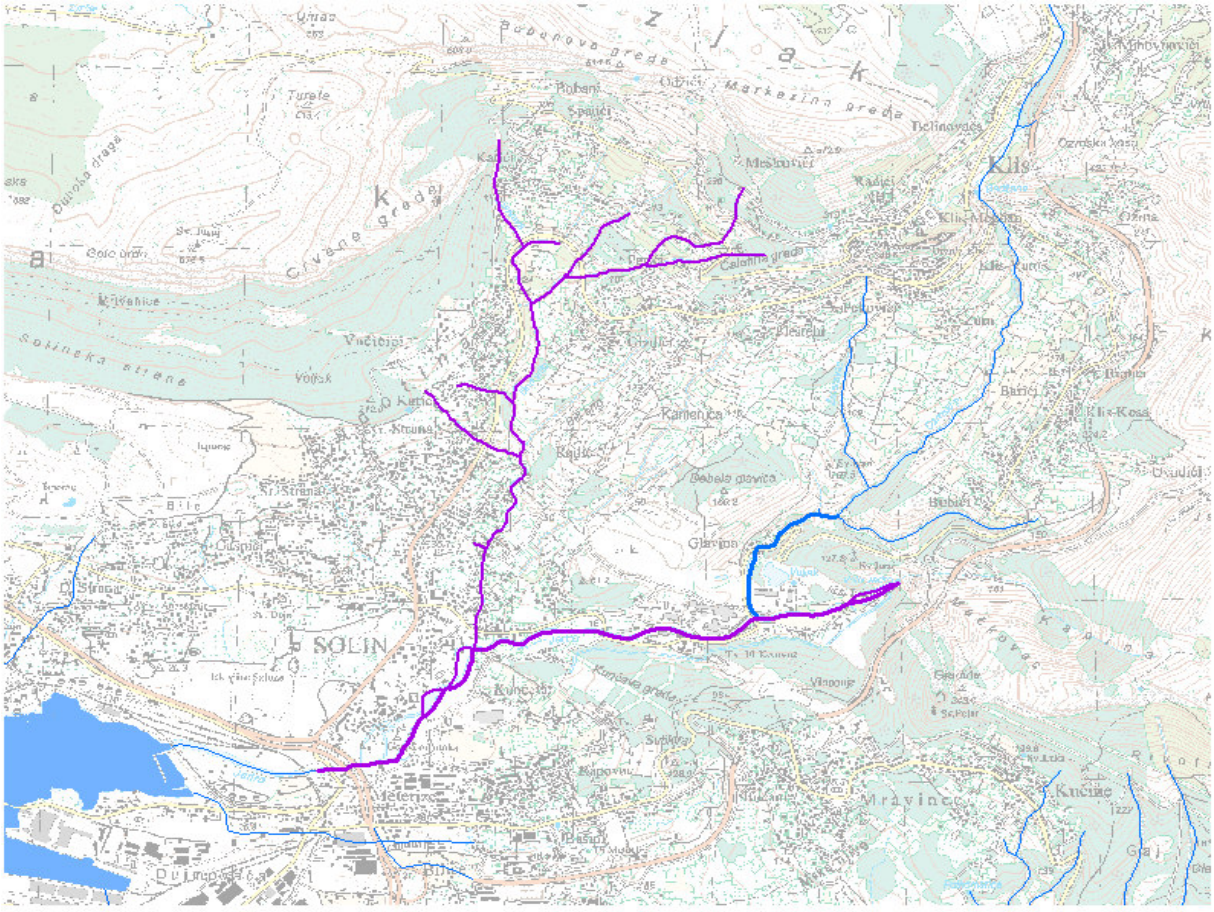


Graf 46. Krivulja trajanja protoka za 2016. godinu

7.2. Vodna tijela rijeke Jadro i njihova stanja

7.2.1. Vodno tijelo JKRN0067_001, Jadro

OPĆI PODACI VODNOG TIJELA JKRN0067_001	
Šifra vodnog tijela:	JKRN0067_001
Naziv vodnog tijela	Jadro
Kategorija vodnog tijela	Tekućica / River
Ekotip	Nizinske tekućice kratkih tokova s padom >5‰ (14)
Dužina vodnog tijela	3.5 km + 7.71 km
Izmjenjenost	Prirodno (natural)
Vodno područje:	Jadransko
Podsliv:	Kopno
Ekoregija:	Dinaridska
Države	Nacionalno (HR)
Obaveza izvješćivanja	EU
Tijela podzemne vode	JKGI-11
Zaštićena područja	HR53010037, HR2000931, HR378031*, HR81101*, HRCM_41031018*, HROT_71005000* (* - dio vodnog tijela)
Mjerne postaje kakvoće	40121 (izvorište, Jadro)

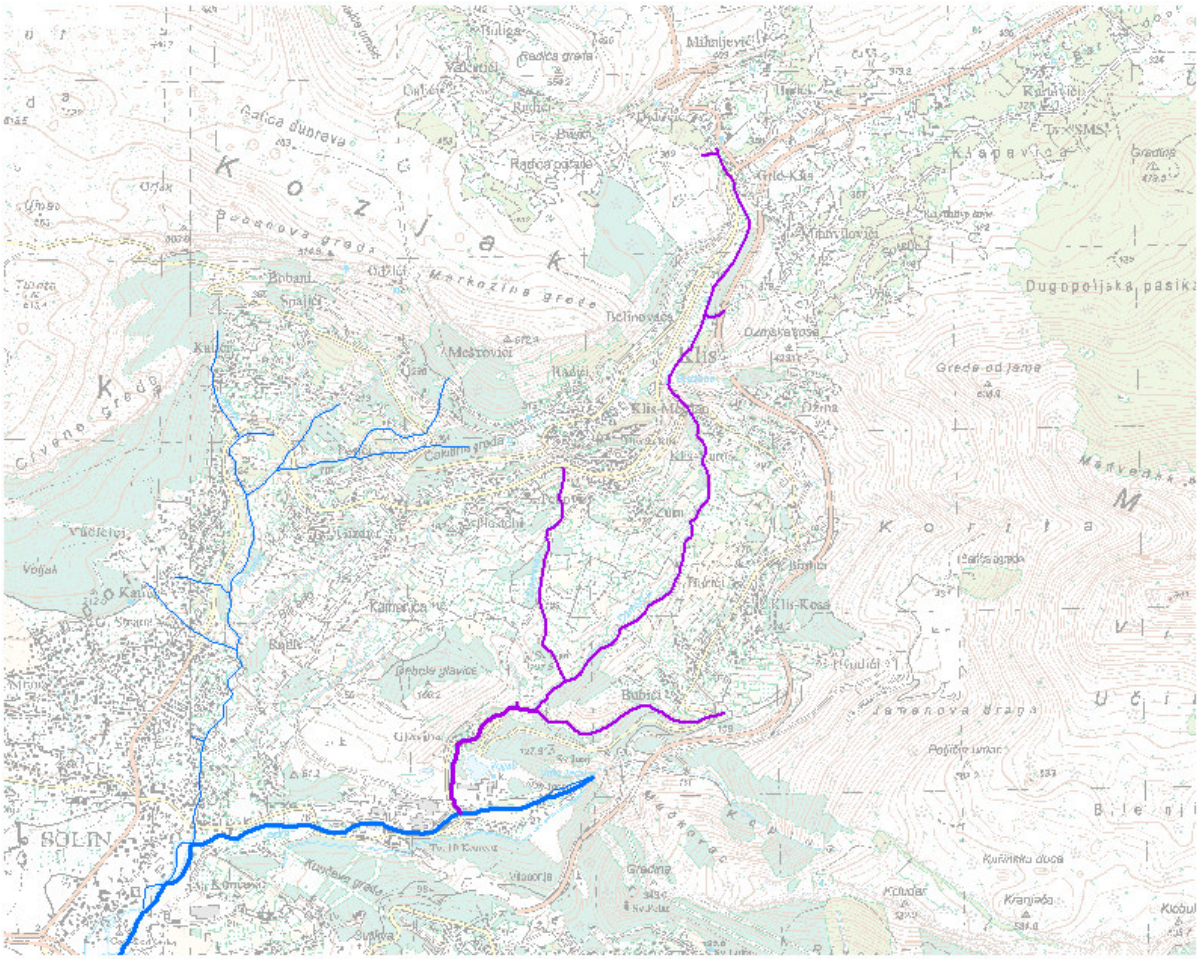


STANJE VODNOG TIJELA JKRN0067_001					
PARAMETAR	**UREDBA NN 73/2013***	**ANALIZA OPTEREĆENJA I UTJECAJA**			
		STANJE	**2021.**	**NAKON 2021.**	**POSTIZANJE CILJEVA OKOLIŠA**
Stanje, konačno	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Ekolosko stanje	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Kemijsko stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	postiže ciljeve
Ekolosko stanje	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Biološki elementi kakvoće	dobro	dobro	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Fizikalno kemijski pokazatelji	dobro	dobro	dobro	dobro	procjena nije pouzdana
Specifične onečišćujuće tvari	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Hidromorfološki elementi	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Biološki elementi kakvoće	dobro	dobro	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Fitobentos	dobro	dobro	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Makrozoobentos	dobro	dobro	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Fizikalno kemijski pokazatelji	dobro	dobro	dobro	dobro	procjena nije pouzdana
BPK5	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Ukupni dušik	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Ukupni fosfor	dobro	dobro	dobro	dobro	procjena nije pouzdana
Specifične onečišćujuće tvari	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
arsen	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
bakar	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
cink	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
krom	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
fluoridi	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
adsorbilni organski halogeni (AOX)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
polikloririani bifenili (PCB)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Hidromorfološki elementi	dobro	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Hidrološki režim	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Kontinuitet toka	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Morfološki uvjeti	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	vrlo loše	ne postiže ciljeve
Indeks korištenja (ikv)	dobro	dobro	dobro	dobro	procjena nije pouzdana
Kemijsko stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	postiže ciljeve
Klorfenvinfos	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Klorpirifos (klorpirifos-etil)	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Diuron	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Izoproturon	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene

NAPOMENA:
NEMA OCJENE: Fitoplankton, Makrofiti, Ribe, pH, KPK-Mn, Amonij, Nitrati, Ortofosfati, Pentabromdifenileter, C10-13 Kloroalkani, Tributilkositrovi spojevi, Trifluralin
DOBRO STANJE: Alaklor, Antracen, Atrazin, Benzen, Kadmij i njegovi spojevi, Tetrakloruglјik, Ciklodienski pesticidi, DDT ukupni, para-para-DDT, 1,2-Dikloretan, Diklormetan, Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP), Endosulfan, Fluoranten, Heksaklorbenzen, Heksaklorbutadien, Heksaklorcikloheksan, Olovo i njegovi spojevi, Živa i njezini spojevi, Naftalen, Nikal i njegovi spojevi, Nonilfenol, Oktilfenol, Pentaklorbenzen, Pentaklorfenol, Benzo(a)piren, Benzo(b)fluoranten; Benzo(k)fluoranten, Benzo(g,h,i)perilen; Ideno(1,2,3-cd)piren, Simazin, Tetrakloretilen, Trikloretilen, Triklorbenzeni (svi izomeri), Triklormetan
*prema dostupnim podacima

7.2.2. Vodno tijelo JKRN0302_001, Ozrnski potok

OPĆI PODACI VODNOG TIJELA JKRN0302_001	
Šifra vodnog tijela:	JKRN0302_001
Naziv vodnog tijela	Ozrnski p.
Kategorija vodnog tijela	Tekućica / River
Ekotip	Nizinske male povremene tekućice (16B)
Dužina vodnog tijela	0.902 km + 6.47 km
Izmjenjenost	Prirodno (natural)
Vodno područje:	Jadransko
Podsliv:	Kopno
Ekoregija:	Dinaridska
Države	Nacionalno (HR)
Obaveza izvješćivanja	EU
Tjela podzemne vode	JKGI-11
Zaštićena područja	HR2000931, HR2001352, HR81101*, HRCM_41031018*, HROT_71005000* (* - dio vodnog tijela)
Mjerne postaje kakvoće	



STANJE VODNOG TIJELA JKRN0302_001					
PARAMETAR	**UREDBA NN 73/2013***	**ANALIZA OPTEREĆENJA I UTJECAJA**			
		STANJE	**2021.**	**NAKON 2021.**	**POSTIZANJE CILJEVA OKOLIŠA**
Stanje, konačno	umjereno	loše	loše	loše	ne postiže ciljeve
Ekolosko stanje	umjereno	loše	loše	loše	ne postiže ciljeve
Kemijsko stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	postiže ciljeve
Ekolosko stanje	umjereno	loše	loše	loše	ne postiže ciljeve
Fizikalno kemijski pokazatelji	umjereno	loše	loše	umjereno	ne postiže ciljeve
Specifične onečišćujuće tvari	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Hidromorfološki elementi	dobro	loše	loše	loše	ne postiže ciljeve
Biološki elementi kakvoće	nema ocjene	nema ocjene	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Fizikalno kemijski pokazatelji	umjereno	loše	loše	umjereno	ne postiže ciljeve
BPK5	umjereno	umjereno	umjereno	umjereno	procjena nije pouzdana
Ukupni dušik	dobro	dobro	dobro	dobro	postiže ciljeve
Ukupni fosfor	loše	loše	loše	umjereno	ne postiže ciljeve
Specifične onečišćujuće tvari	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
arsen	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
bakar	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
cink	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
krom	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
fluoridi	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
adsorbilni organski halogeni (AOX)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
polikloririrani bifenili (PCB)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Hidromorfološki elementi	dobro	loše	loše	loše	ne postiže ciljeve
Hidrološki režim	loše	loše	loše	loše	ne postiže ciljeve
Kontinuitet toka	loše	loše	loše	loše	ne postiže ciljeve
Morfološki uvjeti	loše	loše	loše	loše	ne postiže ciljeve
Indeks korištenja (ikv)	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Kemijsko stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	postiže ciljeve
Klorfenvinfos	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Klorpirifos (klorpirifos-etil)	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Diuron	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Izoproturon	dobro stanje	dobro stanje	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene

NAPOMENA:
NEMA OCJENE: Biološki elementi kakvoće, Fitoplankton, Fitobentos, Makrofiti, Makrozoobentos, Ribe, pH, KPK-Mn, Amonij, Nitrati, Ortofosfati, Pentabromdifenileter, C10-13 Kloroalkani, Tributilkositrovi spojevi, Trifluralin
DOBRO STANJE: Alaklor, Antracen, Atrazin, Benzen, Kadmij i njegovi spojevi, Tetrakloruglјik, Ciklodienski pesticidi, DDT ukupni, para-para-DDT, 1,2-Dikloretan, Diklormetan, Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP), Endosulfan, Fluoranten, Heksaklorbenzen, Heksaklorbutadien, Heksaklorcikloheksan, Olovo i njegovi spojevi, Živa i njezini spojevi, Naftalen, Nikal i njegovi spojevi, Nonilfenol, Oktilfenol, Pentaklorbenzen, Pentaklorfenol, Benzo(a)piren, Benzo(b)fluoranten; Benzo(k)fluoranten, Benzo(g,h,i)perilen; Ideno(1,2,3-cd)piren, Simazin, Tetrakloretilen, Trikloretilen, Triklorbenzeni (svi izomeri), Triklormetan
*prema dostupnim podacima

7.2.3. Stanje priobalnog vodnog tijela

VODNO TIJELO	Prozirnost	Otopljeni kisik u površinskom sloju	Otopljeni kisik u pridnenom sloju	Ukupni anorganski dušik	Ortofosfati	Ukupni fosfor	Klorofil a	Fitoplankton	Makroalge	Bentički beskralješnjaci (makrozoobentos)	Morske cvjetnice	Biološko stanje	Specifične onečišćujuće tvari	Hidromorfološko stanje	Ekološko stanje	Kemijsko stanje	Ukupno stanje
O313-KASP	dobro stanje	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	dobro stanje	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	dobro stanje	-	vrlo dobro stanje	-	dobro stanje	vrlo dobro stanje	umjereno stanje	umjereno stanje	dobro stanje	umjereno stanje

7.2.4. Stanje prijelaznih vodnih tijela

VODNO TIJELO	Prozirnost	Otopljeni kisik u površinskom sloju	Otopljeni kisik u pridnenom sloju	Ukupni anorganski dušik	Ortofosfati	Ukupni fosfor	Klorofil a	Fitoplankton	Makrofita	Bentički beskralješnjaci (makrozoobentos)	Ribe	Biološko stanje	Specifične onečišćujuće tvari	Hidromorfološko stanje	Ekološko stanje	Kemijsko stanje	Ukupno stanje
P1_2-JA	umjereno/loše/vrlo loše stanje	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	umjereno/loše/vrlo loše stanje	dobro stanje	vrlo dobro stanje	dobro stanje	-	-	dobro stanje	dobro stanje	vrlo dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	nije postignuto dobro stanje (za ukupno stanje=umjereno stanje)	umjereno stanje
P2_2-JAP	dobro stanje	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	vrlo dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	dobro stanje	vrlo dobro stanje	umjereno stanje	umjereno stanje	dobro stanje (za ukupno stanje=vrlo dobro/dobro stanje)	dobro stanje

7.2.5. Stanje tijela podzemne vode JKGI_11 – CETINA

Stanje	Procjena stanja
Kemijsko stanje	dobro
Količinsko stanje	dobro
Ukupno stanje	dobro

7.3. Kolmogorov – Smirnovljev test

Vrijednosti $D_{n,\alpha}$ za koje je $P(D_{n\geq}D_{n,\alpha}) = \alpha$ u Kolmogorov-Smirnovljevome testu.

n	α = 0.20	α = 0.10	α = 0.05	α = 0.02	α = 0.01
1	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.900	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.785	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.734
5	0.447	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.410	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.410	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.430	0.480	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.296	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.390	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
16	0.258	0.295	0.327	0.366	0.392
17	0.250	0.286	0.318	0.355	0.381
18	0.244	0.279	0.309	0.346	0.371
19	0.237	0.271	0.301	0.337	0.361
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
21	0.226	0.259	0.287	0.321	0.344
22	0.221	0.253	0.281	0.314	0.337
23	0.216	0.247	0.275	0.307	0.330
24	0.212	0.242	0.269	0.301	0.323
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
26	0.204	0.233	0.259	0.290	0.311
27	0.200	0.229	0.254	0.284	0.305
28	0.197	0.225	0.250	0.279	0.300
29	0.193	0.221	0.246	0.275	0.295
30	0.190	0.218	0.242	0.270	0.290
35	0.177	0.202	0.224	0.251	0.269
40	0.165	0.189	0.210	0.235	0.252
45	0.156	0.179	0.198	0.222	0.238
50	0.148	0.170	0.188	0.211	0.226
55	0.142	0.162	0.180	0.201	0.216
60	0.136	0.155	0.172	0.193	0.207
65	0.131	0.149	0.166	0.185	0.199
70	0.126	0.144	0.160	0.179	0.192
75	0.122	0.139	0.154	0.173	0.185
80	0.118	0.135	0.150	0.167	0.179
85	0.114	0.131	0.145	0.162	0.174
90	0.111	0.127	0.141	0.158	0.169
95	0.108	0.124	0.137	0.154	0.165
100	0.106	0.121	0.134	0.150	0.161

7.4. Nadzorni i operativni monitoring prijelaznih i priobalnih voda 2014_2015

ISTRAŽIVANJA		PARAMETAR	KRATICA	JEDINICA
FIZIKALNO-KEMIJSKIH I BIOLOŠKIH ZNAČAJKI VODENOG STUPCA	Prozirnost	Prozirnost	SECCHI	m
	Termohalina svojstva	Temperatura	T	(ºC)
		Salinitet	S	-
	Kemijske osobine	Sadržaj otopljenog kisika	O2	ml/L
		Zasićenje morske vode kisikom	O2 (%)	%
		Kiselost/Lužnatost morske vode	pH	-
		Koncentracija nitrata	NO3	mmol m^{-3}
		Koncentracija nitrita	NO2	mmol m^{-3}
		Koncentracija amonijevih soli	NH4	mmol m^{-3}
		Koncentracija ukupno otopljenog anorganskog dušika	DIN	mmol m^{-3}
		Koncentracija ukupno otopljenog dušika	NTot	mmol m^{-3}
		Koncentracija otopljenog organskog dušika	NOrg	mmol m^{-3}
		Koncentracija ortofosfata	PO4	mmol m^{-3}
		Koncentracija ukupno otopljenog fosfora	PTot	mmol m^{-3}
		Koncentracija otopljenog organskog fosfora	POrg	mmol m^{-3}
		Koncentracija ortosilikata	SiO4	mmol m^{-3}
		Koncentracija ukupnog organskog ugljika	TOC	mg dm-3
	Fitoplankton	Koncentracija klorofila a	Chl a	mg m^{-3}
		Ukupna brojnost fitoplanktona	UBR	Broj/L
		Ostale kratice		
		Dubina uzorkovanja	z	m
		Verrtikalni poteg Nansenovom mrežom (125 mikrometara)	Poteg	m
		Brojnost < 1 jedinke L^{-1}	+	
		Uzorak sakupljen, određivanje nije moguće	-	
		Uzorak sakupljen, brojanje nije moguće	nebrojivo	

BIOGEOKEMIJSKE ZNAČAJKE SEDIMENTA	Oksido redukcijsko stanje	Redoks potencijal	EH	
	Sadržaj biogenih elemenata	Koncentracija anorganskog fosfora	AP	mV
		Koncentracija organskog fosfora	OP	µmol g-1
		Koncentracija ukupnog fosfora	TP	µmol g-1
		Udio organskog ugljika	C-ORG	µmol g-1
		Udio ukupnog dušika	N-UK	%

Makrofiti		ZOSTEROX	*Zostera noltii* indeks (Testna metoda)
Makrozoobentos		M-AMBI	Multimetrijski AMBI - biotički indeks integriteta morskih bentoskih zajednica
Ribe		M-EFI	Modificirani EFI za ribe u estuarnim područjima

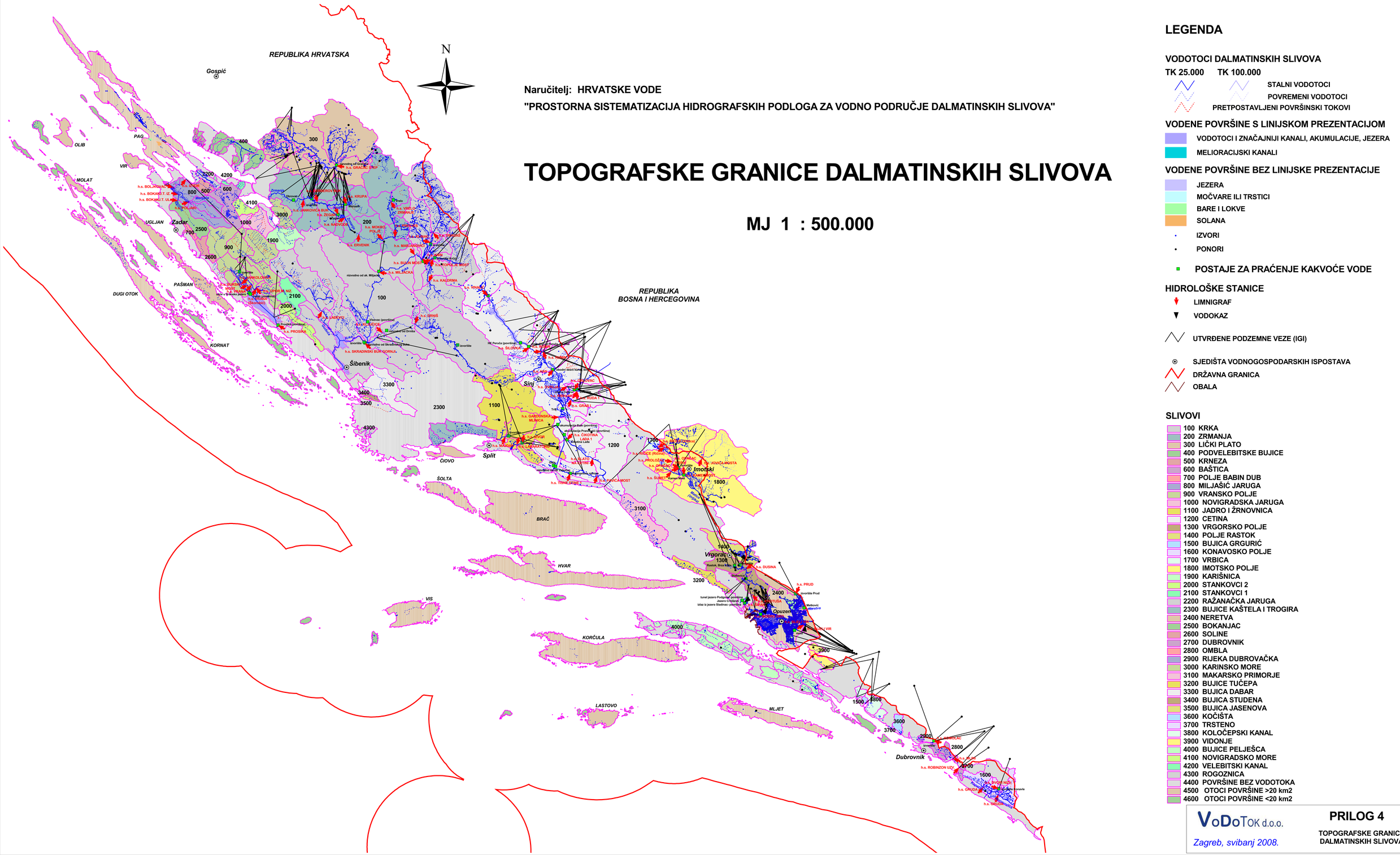
Sve vrijednosti ispod granice kvantifikacije (GK) prikazani su kao pola vrijednosti GK		
GK		
NO3	0.033	(umol/L)
NO2	0.005	(umol/L)
NH4	0.133	(umol/L)
PO4	0.066	(umol/L)
Ptot	0.066	(umol/L)
SiO4	0.053	(umol/L)

7.4.1. Tip vode i podaci o postajama

NADZORNI I OPERATIVNI MONITORING PPRIJELAZNIH I PRIOBALNIH VODA 2014_2015						
TIP VODE	**ESTUARIJ / VODNO TIJELO PRIOBALNE VODE**	**OZNAKA VODNOG TIJELA**	**PODACI O POSTAJAMA**			**MONITORING**
			Zem. širina	**Zem. dužina**	**Dubina postaje (m)**	
Prijelazne	**Jadro**	**P1_2-JA**	**43.533194**	**16.483106**	**2**	**Nadzorni + Operativni**
Prijelazne	Jadro	*P2_2-JAP*	43.534097	16.471131	5.5	Nadzorni + Operativni
Prijelazne	Jadro	*P2_2-JAP*	43.5359000	16.4688500	13	Operativni
Prijelazne	Jadro	P2_2-JAP	43.534892	16.475120		Nadzorni ribe
Prijelazne	Jadro	P1_2-JA	43.533475	16.486864		Nadzorni/ Operativni ribe
Prijelazne	Jadro	P2_2-JAP	43.534889	16.473073		Nadzorni/ Operativni morske cvjetnice
Priobalne	Sjeverni rub Kaštelanskog zaljeva, Trogirski zaljev, Marinski zaljev	*O313-KASP*	43.541706	16.401844	22	Nadzorni + Operativni
Priobalne	Sjeverni rub Kaštelanskog zaljeva, Trogirski zaljev, Marinski zaljev	*O313-KASP*	43.530000	16.453333	21	Operativni

7.4.2. Podaci o N_{tot} i P_{tot} korišteni za proračun

NADZORNI I OPERATIVNI MONITORING PRIJELAZNIH VODA_2014_2015																			
	PARAMETRI ISTRAŽIVANJA																		
	VODNO TIJELO	ZEM. ŠIRINA	ZEM. DUŽINA	NADZORNI MONITORING	OPERATIVNI MONITORING	VRIJEME UZORKOVANJA					DUBINA UZORKOVANJA	FIZIKALNO-KEMIJSKI PARAMETRI, SECCHI, T, S, O2, 02(%), pH	HRANJIVE SOLI, NO3, NO2, NH4, DIN, PO4, SiO4		ORGANSKI UGLJIK	FITOPLANKTON		
						GODINA	MJESEC	DAN	SAT	MIN	z		Ntot	Ptot	TOC	Chl a	UBR
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2014	8	24	10	0	0		43.37	0.436	0.60	1.23	112960
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2014	8	24	10	0	2		39.50	0.505	0.74	1.15	59090
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2014	11	13	12	35	0		40.53	1.220	0.52	0.57	8880
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2014	11	13	12	35	2		42.96	1.063	1.17	0.59	nebrojivo
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	1	31	11	15	0		56.61	0.458	<0,5	0.19	229880
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	1	31	11	15	2		69.61	0.674	<0,5	0.24	201700
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	2	27	11	50	0		70.29	0.773	0.57	0.2	42310
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	2	27	11	50	2		74.41	0.418	0.58	0.22	55380
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	5	12	10	45	0		53.59	0.624	3.03	2.1	8844880
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	5	12	10	45	2		52.69	3.874	2.95	48.63	nebrojivo
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	6	2	11	0	0		32.05	1.254	0.76	0.78	65180
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	6	2	11	0	2		7.24	1.525	1.30	26.35	1747440
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	8	20	11	35	0		45.47	0.765	0.72	0.82	152530
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	8	20	11	35	2		43.33	0.825	1.20	9.47	274340
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	11	17	12	30	0		44.17	0.529	0.99	0.14	109370
P1_2-JA		43.533194	16.483106	da	da	2015	11	17	12	30	2		7.77	0.970	1.24	0.75	637803


REPUBLIKA HRVATSKA
REPUBLIKA BOSNA I HERCEGOVINA
N
Gospić
PAG
OLIB
VIR
MOLAT
UGLJAN
Zadar
PAŠMAN
DUGI OTOK
KORNAT
Šibenik
Sinj
Split
ČIOVO
ŠOLTA
BRAČ
HVAR
VIS
KORČULA
LASTOVO
MLJET
Imotski
Vrgorac
Opuzen
Dubrovnik
Naručitelj: HRVATSKE VODE
"PROSTORNA SISTEMATIZACIJA HIDROGRAFSKIH PODLOGA ZA VODNO PODRUČJE DALMATINSKIH SLIVOVA"
TOPOGRAFSKE GRANICE DALMATINSKIH SLIVOVA
MJ 1 : 500.000
LEGENDA
VODOTOCI DALMATINSKIH SLIVOVA
TK 25.000 TK 100.000
STALNI VODOTOCI
POVREMENI VODOTOCI
PRETPOSTAVLJENI POVRŠINSKI TOKOVI
VODENE POVRŠINE S LINIJSKOM PREZENTACIJOM
VODOTOCI I ZNAČAJNIJI KANALI, AKUMULACIJE, JEZERA
MELIORACIJSKI KANALI
VODENE POVRŠINE BEZ LINIJSKE PREZENTACIJE
JEZERA
MOČVARE ILI TRSTICI
BARE I LOKVE
SOLANA
IZVORI
PONORI
POSTAJE ZA PRAĆENJE KAKVOĆE VODE
HIDROLOŠKE STANICE
LIMNIGRAF
VODOKAZ
UTVRĐENE PODZEMNE VEZE (IGI)
SJEDIŠTA VODNOGOSPODARSKIH ISPOSTAVA
DRŽAVNA GRANICA
OBALA
SLIVOVI
100 KRKA
200 ZRMANJA
300 LIČKI PLATO
400 PODVELEBITSKE BUJICE
500 KRNEZA
600 BAŠTICA
700 POLJE BABIN DUB
800 MILJAŠIĆ JARUGA
900 VRANSKO POLJE
1000 NOVIGRADSKA JARUGA
1100 JADRO I ŽRNOVNICA
1200 CETINA
1300 VRGORSKO POLJE
1400 POLJE RASTOK
1500 BUJICA GRGURIĆ
1600 KONAVOSKO POLJE
1700 VRBICA
1800 IMOTSKO POLJE
1900 KARIŠNICA
2000 STANKOVCI 2
2100 STANKOVCI 1
2200 RAŽANAČKA JARUGA
2300 BUJICE KAŠTELA I TROGIRA
2400 NERETVA
2500 BOKANJAC
2600 SOLINE
2700 DUBROVNIK
2800 OMBLA
2900 RIJEKA DUBROVAČKA
3000 KARINSKO MORE
3100 MAKARSKO PRIMORJE
3200 BUJICE TUČEPA
3300 BUJICA DABAR
3400 BUJICA STUDENA
3500 BUJICA JASENOVA
3600 KOČIŠTA
3700 TRSTENO
3800 KOLOČEPSKI KANAL
3900 VIDONJE
4000 BUJICE PELJEŠCA
4100 NOVIGRADSKO MORE
4200 VELEBITSKI KANAL
4300 ROGOZNICA
4400 POVRŠINE BEZ VODOTOKA
4500 OTOCI POVRŠINE >20 km2
4600 OTOCI POVRŠINE <20 km2
VODOTOK d.o.o.
Zagreb, svibanj 2008.
PRILOG 4
TOPOGRAFSKE GRANICE DALMATINSKIH SLIVOVA