

# Hidromorološko stanje i mogućnosti revitalizacije rijeke Jadro

---

**Tomić, Dominik**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2025**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:987246>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-04**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**Dominik Tomić**

**Hidromorfološko stanje i mogućnosti revitalizacije  
rijeke Jadro**

**Diplomski rad**

**Zagreb  
2025.**



**Dominik Tomić**

**Hidromorfološko stanje i mogućnosti revitalizacije  
rijeke Jadro**

**Diplomski rad**

predan na ocjenu Geografskom odsjeku  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog zvanja  
magistar struke znanosti o okolišu

**Zagreb  
2025.**



Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Znanosti o okolišu* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Ivana Čanjevca

Sveučilište u Zagrebu  
Diplomski rad  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geografski odsjek

## Hidromorfološko stanje i mogućnosti revitalizacije rijeke Jadro

Dominik Tomić

**Izvadak:** Rječica Jadro, „hrvatski Jordan“, vodoopskrbna je žila kucavica Solina i širega splitskoga područja od antike do suvremenosti, ali i jamac opstanka stanovništva od samih početaka naseljenosti u njezinu poriječju. Ona je i ekosustav jedinstvenih hidroekoloških obilježja, sve više pritisnut urbanizacijom, turistifikacijom i onečišćenjima. Upravo i s ciljem poboljšanja njezina narušena hidroekološkoga stanja te postizanja održive ravnoteže rijeke i čovjeka u budućnosti provedeno je istraživanje kojemu je glavni cilj bilo predlaganje revitalizacijskih mjera u koritu. Uz prethodnu pripremu temeljenu na dostupnim kartografskim izvorima i literaturi dosadašnjih istraživanja, tijekom ljeta 2024. terenskim je izvidima utvrđeno i dokumentirano zatečeno hidromorfološko stanje rijeke u cijeloj dužini njezina toka. Nakon obrade i usporedbe terenskih i literaturnih podataka, metodom hidromorfološke ocjene provedeno je hidromorfološko vrednovanje Jadra po prethodno određenim dionicama. Na temelju te procjene odabrana su tri lokaliteta u vodotoku na kojima su predložene revitalizacijske mjere u smjeru oprirodnjenja toka uklanjanjem navedenih vodotehničkih zahvata i uređenjem naplavna područja.

51 stranica, 34 grafički priloga, 4 tablice, 84 bibliografske reference; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: hidromorfološka ocjena, revitalizacija vodotoka, obnova vodotoka hidroekologija, Jadro, vrednovanje prostora, Solin

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Ivan Čanjevac

Povjerenstvo:

doc. dr. sc. Ivan Martinić  
izv. prof. dr. sc. Ivana Buj  
prof. dr. sc. Alan Moro

Tema prihvaćena: 8. veljače 2024.

Rad prihvaćen: 6. veljače 2025.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Master Thesis  
Faculty of Science  
Department of Geography

**Hydromorphological status and perspectives of revitalisation of the river Jadro**

Dominik Tomić

**Abstract:** The Jadro River, known as the "Croatian Jordan", is not only the water supply artery of Solin and the wider urban area of Split since antiquity, but also an ecosystem of unique hydroecological characteristics, increasingly pressured by urbanization, tourism and pollution. It is precisely with the aim of improving its deteriorated hydroecological status and achieving a sustainable balance between the river and humans in the future that a study was conducted, the main goal of which was to propose revitalization measures in the riverbed. With prior preparation based on available cartographic sources and literature from previous research, during the summer of 2024, field surveys determined and documented the current hydromorphological state of the river along its entire length. After processing and comparing field and literature data, a hydromorphological evaluation of the Jadro was carried out using the hydromorphological assessment method along previously determined sections. Based on this assessment, three locations in the watercourse were selected where revitalization measures were proposed in the direction of naturalizing the flow, i.e. removing unnecessary water engineering interventions and regulating floodplains.

51 pages, 34 figures, 4 tables, 84 references; original in Croatian

**Keywords:** hydromorphological assessment, watercourse revitalisation, watercourse restoration, hydroecology, Jadro, space valorisation, Solin

**Supervisor:** Ivan Čanjevac, PhD, Associate Professor

**Reviewers:** Ivan Martinić, PhD, Assistant Professor  
Ivana Buj, PhD, Associate Professor  
Alan Moro, PhD, Full Professor

**Thesis title accepted:** 08/02/2024

**Thesis accepted:** 06/02/2025

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

## Sadržaj

1.	Uvod.....	1
1.1.	Predmet istraživanja i cilj rada.....	1
1.2.	Prostorni i vremenski obuhvat.....	2
1.3.	Dosadašnja istraživanja (izbor).....	3
2.	Metodologija.....	4
2.1.	Prostorne analize.....	4
2.2.	Hidromorfološko vrednovanje.....	5
2.3.	Obnova (revitalizacija, restauracija) vodotoka.....	6
2.3.1.	Pristup DPSIR.....	7
3.	Prirodnogeografska obilježja prostora.....	7
3.1.	Geološka obilježja prostora.....	8
3.1.1.	Hidrogeološka obilježja.....	10
3.2.	Geomorfološka obilježja prostora.....	11
3.2.1.	Morfometrijska obilježja prostora.....	11
3.3.	Klimatska obilježja prostora.....	13
4.	Hidrološka obilježja Jadra.....	15
4.1.	Razlike u nekim literaturnim podacima.....	15
4.2.	Opća hidrološka obilježja.....	16
4.2.1.	Poriječje i hidrološke veze.....	16
4.2.2.	Protoci.....	18
4.2.3.	Izvorišno područje.....	19
4.2.4.	Pregled toka.....	19
4.2.5.	Obilježja i kakvoća voda.....	20
4.2.6.	Faunistička obilježja.....	21
5.	Hidrosociologija Jadra.....	22
5.1.	Povijesni pregled.....	22
5.1.2.	Salonitanska mreža.....	23

5.1.3. Hrvatsko srednjovjekovlje .....	25
5.1.4. Novovjekovna obnova .....	25
5.1.5. Daljnja proširenja u XX. st.....	27
5.1.6. Današnje stanje vodoopskrbe i vodozahvata.....	28
5.1.7. Antropogeni utjecaji.....	29
6. Hidromorfološka ocjena .....	31
6.1. Ocjene po odsječcima (dionicama) .....	32
6.1.1. Gornji tok .....	32
6.1.2. Srednji tok .....	33
6.1.3. Donji tok .....	34
6.1.4. Ukupna ocjena toka.....	35
6.1.5. Predložene revitalizacijske mjere.....	36
7. Zaključak.....	40
8. Prilozi .....	41
8.1. Zusammenfassung.....	45
9. Literatura .....	46
10. Izvori .....	50

## Zahvale

Prije svih, najveća zahvala ide Trojedinomu Svemogućem Bogu, koji me stvorio, koji me poživio i podario svim danima moga života, Onomu koji mi je podario privesti studij svojemu kraju i napisati ovaj rad, na korist i dobro svima koji će se njime (po)služiti. Hvala Ti i slava, blagoslovljen bio u vijeke! In Te speramus! Sv. Alberte Veliki, zaštitniče prirodoslovaca, zagovaraj nas! Sv. Dominiče i sv. Dominiče Savio, molite na zas!

Nikada ne ću moći dostatno zahvaliti svojoj obitelji, ponajprije roditeljima, što me othraniše, odgojiše i omogućiše mi postići sve što sam postigao u životu, a potom i bratu i sestrama, što ste mi oduvijek podrška i najbolji suputnici u životu. Velika zahvala baki Anki na svim molitvama i brizi za mene. Ovim redcima zahvalio bih i ujaku Smiljanu i svaku Josipu na tehničkoj i stručnoj potpori, a teti Vesni i Snješki na ustrajnoj podršci, kao i svim ostalim članovima uže i šire obitelji. Hvala svim mojim predcima, znanima i neznanima, bez čije ustrajnosti i svakodnevne životne borbe mene danas ne bi bilo.

Veliku zahvalu upućujem svojemu mentoru, prof. Ivanu Čanjevcu, na svesilnoj ljudskoj, stručnoj i znanstvenoj podršci, mentorstvu, strpljenju, na svim odvezenim kilometrima, odgovorenoj elektroničkoj pošti, svim odgovorenim pitanjima i svemu pruženomu znanju u ovih pet godina. Isto tako, od svega srca zahvaljujem doc. Ivanu Martiniću i doktorandu Juri Saboleku na svojoj pruženoj pomoći u provedbi istraživanja, ali i tijekom cijeloga studija – hvala vam na svim prohodanim stazama, svim savjetima, svim tablicama, kartama i podatcima, svim vožnjama i svim zajedničkim trenutcima. Uz vas, zahvalio bih i prof. Danijelu Orešiću, kao i cijeloj ekipi Zavoda za fizičku geografiju Geografskoga odsjeka.

Zahvaljujem i svojim kolegama, fantastičnoj osmorki: Ani, Lei, Kristijanu, Pavlu, Mariji, Borni, Lari i Ivani, kao i svim kolegama s preddiplomskoga studija, te mojoj ekipi Studenata za slobodu i PMF-a za slobodu s kojima smo dobar boj bili u vremenima koronaška jednoulja. Velika hvala mojim prijateljima – Dominicima, Ani, Martini i Matiji – koji su me bodrili u ovom studiju, kao i mojim maranathašima, kanagašima, markovčanima, ssmhašima, santovcima, obnovašima, lucijanerima i svima s kojima imam čast dijeliti svoj život.

„Zašto bi čovjek predao svoje dostojanstvo Sunčevu sustavu išta više negoli kitu? Ako puka veličina dokazuje da čovjek nije Božja slika, onda bi kit mogao biti Božja slika, pomalo bezoblična, nešto poput impresionističkoga portreta. Sasvim je beskorisno tvrditi da je čovjek malen u usporedbi s kozmosom jer je čovjek oduvijek bio malen u usporedbi s najbližim drvetom.“ (Chesterton, 2015, 83).

*Izvore svraćaš u potoke  
što žubore među brdima.  
Uz njih se gnijezde ptice nebeske  
i pjevaju među granama!  
(Ps 104)*

*Nek' se uzraduje pustinja, zemlja sasušena,  
neka kliče stepa, nek' ljiljan procvjeta,  
nek' bujno cvatom cvate, da,  
neka od veselja kliče i nek' se raduje.  
(...)*

*Jer će u pustinji provreti voda, i ustepi potoci,  
sažgana će zemlja postat' jezero, a tlo žedno - izvori.  
(Iz 35, 1-7)*

## **Suvaja**

Prosiplje se žubor  
tihano i britko,  
nemilice otječuć  
niz gaj.

Cvrkut iz trstika  
probijaju zrake  
tanane, sunčec  
griju ilovaču.

Rukama gladeć  
površja joj mreću  
studen mi promiče  
u zakuća duše.

(Vrljika, 9. listopada 2024.)

## 1. Uvod

Voda je u hrvatskoj povijesti pa tako i u Dalmaciji uvijek imala odsudnu ulogu u životu i razvitku ljudskih zajednica od prvih vremena čovjekove prisutnosti na njezinu tlu sve do danas. Njezina dostupnost, izdašnost i kakvoća uvelike je uvjetovala raspored i napučenost naselja te njihove međusobne gospodarske, društvene, kulturne, ali i političke odnose, često i izvan ovoga područja. Krška podloga i sredozemne odlike podneblja ovdje su je oduvijek činile nepredvidljivim resursom, što i objašnjava stotine hidroloških, hidrogeoloških, hidrogeografskih, ekoloških i inih istraživanja s ciljevima upoznavanja zakonitosti njezine pojavnosti i bujnosti te različitih utjecaja na okoliš, ali i samoga okoliša, radi njezina što učinkovitija iskorištavanja. Suvremeni gospodarski (osobito turistički) razvoj Dalmacije i njezina relativno velika naseljenost (u odnosu na većinu ostalih razdoblja u njezinoj povijesti) zahtijevaju održivo i učinkovito gospodarenje vodnim bogatstvima koja su taj razvoj umnogome i omogućila i podržavala. Ono pak nije moguće bez sustavnih, sveobuhvatnih i interdisciplinarnih istraživanja i motrenja površinskih i podzemnih voda te održavanja i poboljšavanja postojećih vodoopskrbnih, vodozahvatnih i vodoistražnih sustava na međusobnu dobrobit i suživot okoliša i društva.

### 1.1. Predmet istraživanja i cilj rada

Predmet ovog diplomskog istraživanja je srednjodalmatinska rječica Jadro s njezinim priobaljem, tj. temeljna hidromorfološka obilježja tekućice i geomorfološka obilježja užega prostora kroz koji protječe. Osim toga, istraživano je i hidromorfološko stanje samoga vodotoka, odnosno, hidromorfološka ocjena njegova hidrološka režima, kontinuiteta toka i morfoloških uvjeta u rijeci (v. 6. poglavlje), sukladno preporučenoj znanstvenoj i stručnoj praksi (usp. Selić, 2019; Pavlek, 2023).

Cilj je rada istražiti utjecaj dosadašnjih hidrotehničkih zahvata i gradske sredine na hidromorfologiju rijeke, odn. njezino korito, obalu i užu obalni pojas, koji čine okosnicu ovoga riječnog ekosustava. Analizom temeljenom na dostupnim i prikupljenim podacima odredit će se hidromorfološka obilježja Jadra metodologijom hidromorfološke ocjene stanja vodotoka temeljenoj na Okvirnoj direktivi o vodama Europske unije (ODV-u) prilagođenoj hidrografiji Hrvatske (Čanjevac i dr., 2022). Pomoću hidromorfološke ocjene, literaturnih spoznaja i

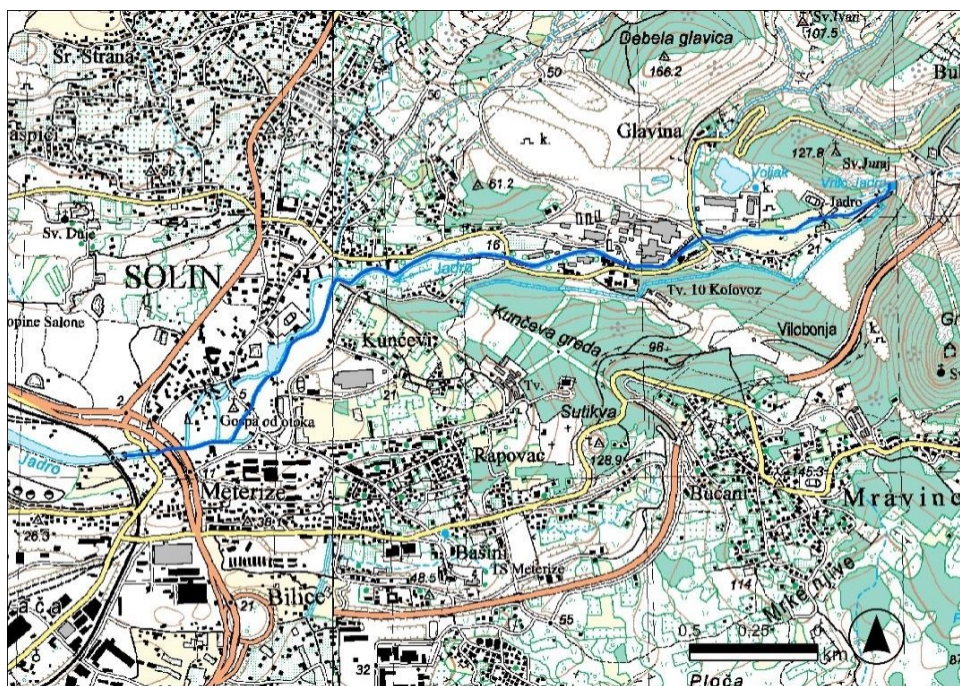


dostupnih podataka, ali i samoga stanja na terenu, odredit će se mikrolokacije za koje će se iznijeti prijedlozi revitalizacije.

U radu će se ponajprije iznijeti metodologija kojom se provodilo samo istraživanje, potom prirodno- i društvenogeografske odlike istraživanoga područja, s naglaskom na hidrotehničke zahvate u samoj rijeci i neposrednoj okolici te povijest korištenja toga prostora, osobito vodozahvata za potrebe vodoopskrbe. Nadalje, iznijet će se prikupljeni podatci potrebni za razumijevanje ovih odnosa, a potom i sama hidromorfološka ocjena rijeke po odabranim odsječcima, temeljena na terenskome istraživanju i kabinetskom radu, koja će poslužiti za iznošenje prijedloga revitalizacije odabranih dijelova toka. Sve navedeno potkrijepit će se grafičkim i tabličnim priložima te fotografijama.

## 1.2. Prostorni i vremenski obuhvat

Istraživano područje obuhvaća cjelokupni tok rijeke Jadro koja protječe kroz grad Solin u središnjemu dijelu Splitsko-dalmatinske županije i ulijeva se u Jadran, tekući iz brdskoga izvorskoga područja ka urbaniziranu nizinsku području u donjem toku. Prostorne analize odabrana dijela poriječja provedene su temeljem digitalnoga modela reljefa (DMR-a), Topografske karte Republike Hrvatske 1:25 000 (TK25; Sl. 1.). listova Split (Marinčić i dr., 1971) i Omiš (Marinčić i dr., 1976) Geološke karte SFRJ-a 1:100 000 te Digitalna ortofota Republike Hrvatske (Sl. 2.). Za obradu hidroloških podataka korišteni su podatci prikupljeni iz literature i dostupnih izvora (DHMZ, 2023; ViK, 2024) u razdoblju od druge polovine osamdesetih godina XX. stoljeća do danas. Dodjela ocjene hidromorfološkoga stanja tekućice zasniva se na terenskim izvidima u lipnju i rujnu 2024. godine.



SI. 1. Tok Jadr na Topografskoj karti Republike Hrvatske 1:25 000. (DGU, 2011)

### 1.3. Dosadašnja istraživanja (izbor)

Jadro je predmetom cijeloga niza hidroloških, hidrogeoloških, hidrotehničkih i prirodnogeografskih istraživanja od druge polovine XX. stoljeća naovamo, osobito u zadnjih dvadesetak godina (Božić, 1997; Štambuk-Giljanović, 2002; Mihelčić i Lalić, 2004; Kapelj i dr., 2012; Bonacci i Roje-Bonacci, 2023), dok se arheološka iskapanja i proučavanja Salone i njezina vodoopskrbna sustava provode još od druge polovine XIX. stoljeća (Marasović i Margeta, 2017; Margeta i Marasović, 2018; Margeta i Marasović, 2019). Hidrološka obilježja rijeke, osobito izdašnosti protoka i njihove povezanosti s oborinama (Bonacci, 2012; Bonacci i Roje-Bonacci, 2023), kao i hidroloških veza Jadr i Žrnovnice, međusobno, ali i unutar širega cetinskoga slijevnog područja (UNEP, 2000; Štambuk-Giljanović, 2006; Kapelj i dr., 2012), te ranjivost na različite pritiske i promjene u okolišu (Margeta, 2023; Novak, 2023) predmetom su ne samo znanstvenih istraživanja, već i desetaka diplomskih radova. Nezanemariv je i broj radova koji se bave društvenogeografskim aspektima, ponajviše raznovrsnim antropogenim utjecajima, hidrotehničkim (Mihelčić i Lalić, 2004), hidroenergetskim (Barić, 2022; Piplović, 2022), onečišćujućim (Štambuk-Giljanović, 2006) itd. Na Jadru su provedena i faunistička istraživanja (Rađa i Rađa, 2012; Rađa i Šantić, 2014; Jalžić i Kovač-Konrad, 2019), ponajviše ihtiološka (Snoj i dr., 2007). Obuhvatnija bibliografija istraživanja Jadr samo u hidrološkome surječju zahtijevala bi vlastito znanstveno istraživanje koje nije tema niti cilj ovoga rada.

## 2. Metodologija

Za pravovaljano hidromorfološko vrednovanje i određivanje možebitnih revitalizacijskih lokaliteta nužno je dobro poznavanje prostorno-ustrojbene organizacije riječnoga sustava (Pavlek, 2023), a za stjecanje takvih lokaliteta svojstvenih znanja neizostavno je terensko istraživanje. Terenskim izvidom 12. rujna 2024. pokriven je riječni tok cjelokupnom njegovom dužinom, pri čemu je svaki od odsječaka fotodokumentiran uz vođenje bilješki o zatečenu stanju i proučavanje neposredne okoline poradi mogućih pritisaka na vodeni ekosustav. Ta su saznanja kasnije bila itekako korisna u dodjeljivanju ocjena koje odražavaju stvarno stanje na terenu.

I prije, ali i nakon terenskih izvida pristupalo se prikupljanju podataka iz postojećih istraživanja (znanstvene i stručne literature), daljinskih istraživanja (ortofota, uporabe zemljišta), kartografskih izvora (Marinčić i dr., 1971; Marinčić i dr., 1976; Timár i dr., 2006; DGU, 2011; DGU, 2023), gospodarskih subjekata (ViK, 2024), kao i na samim terenima. Osim toga dijela, kabinetski dio rada uključivao je i izradu odabranih kartografskih prikaza temeljem prostornih analiza u ESRI-evu programu Arc GIS Pro 3.0.0, inačici iz 2022. godine, u kojemu je i provedena većina potrebne obrade podataka, dok se za manji dio podataka koristilo Microsoftovim Excelom.

Uoči terenske provjere, na temelju literaturnih izvora i dostupnih podataka donesene su okvirne (pr)ocjene hidromorfologije za svaku dionicu vodotoka sukladno korištenoj metodologiji (Čanjevac i dr., 2022), a koje su potom po potrebi u nekim podiocima preinačene uzevši u obzir situaciju na terenu, stanje tekućice i neposredne okoline te moguće antropogene pritiske. Konačno bodovanje čine kvalitativne i kvantitativne ocjene (tzv. razredbe A i B), u skladu s mogućnostima i stanjem u prostoru, a s ciljem postizanja najveće moguće preciznosti s prikupljenim skupom podataka i znanja.

### 2.1. Prostorne analize

Geografski pristup problematici zahtijeva dobro poznavanje reljefnih odlika područja obuhvaćena istraživanjem. Uobičajeni pristup u istraživanju geomorfometrijskih obilježja jesu metode opće morfometrije koje uključuju analizu hipsometrije (Sl. 4), nagiba (Sl. 5) i smjera padina (ekspozicije, Sl. 6) te vertikalne raščlanjenosti reljefa korištenjem GIS-ovih alata na digitalnu modelu reljefa (DMR-u; Kvetek, 2017; Čanjevac i dr., 2022). Svako od tih obilježja

može pokazivati utjecaj reljefa na istraživanu rijeku (i obratno) te osim same analize omogućuje i kvantifikaciju pojedinih prostornih pojava ili zakonitosti (Kvetek, 2017). Uz ove osnovne analize, za potrebe istraživanja provedena je i analiza korištenja zemljišnoga pokrova u porijeku temeljem europskoga sustava CORINE-a (Sl. 16.), koja se i preporučuje za ovakvu vrstu istraživanja (usp. Čanjevac i dr., 2022; Pavlek, 2023). U prostornim analizama tekućice u GIS-u koristilo se i dostupnim podacima iz daljinskih istraživanja na razini Republike Hrvatske, ponajviše onima Državne geodetske uprave (DGU-a; Sl. 2.).

## 2.2. Hidromorfološko vrednovanje

Poznavanje i praćenje hidroloških i morfoloških obilježja i procesa u tekućicama nužno je za kvalitetno gospodarenje i obnovu ovih ekosustava (usp. Čanjevac i dr., 2022). Različiti hidromorfološki pritisci, prirodni i ljudski, često degradacijski djeluju na hidromorfološka obilježja i procese pogoršavajući time hidromorfološko stanje vodotoka (usp. Čanjevac i dr., 2022). Stoga je upravo (pr)ocjena hidromorfološkoga stanja tekućice preduvjet za bilo kakvo razmatranje mogućnosti obnove, tj. revitalizacije (restauracije) nekoga njezinoga dijela. Čovjekove prilagodbe korita Jadra u ponajprije vodoopskrbne i gospodarske (industrijske), a u novije doba i rekreacijske i estetske svrhe na taj su se način uspjele kvantificirati za njihovo vrednovanje. Prvi korak pripreme bila je prostorna delineacija odn. određivanje odsječaka (dionica), morfološki homogenih dijelova rijeke (Pavlek, 2023), kojom je tok sveden na tri takve prostorne jedinice: gornji, srednji i donji tok (Sl. 17.). Potom se pristupilo prikupljanju svih potrebnih podataka za analizu svih zastupljenih obilježja, koja uključuju i riječni sediment, podlogu te priobalnu vegetaciju (usp. Čanjevac i dr., 2022, v. Tab. 1. – 4.). Saznanja stečena terenskim istraživanjem potrebna su za usporedbu prijašnjega (u ovom slučaju, druge austrougarske vojne izmjere Dalmacije 1851. – 1854.; Timár i dr., 2006) i današnjeg stanja, rekonstrukciju možebitnih promjena između promatranih razdoblja, tumačenje uzroka takvih promjena, ali i predskazivanje budućih mogućih promjena na razini odsječaka ili rijeke (Pavlek, 2023). S obzirom na to da je ova metoda postala standard u hidromorfologiji i ekologiji, osobito za redovita motrenja te da je u Hrvatskoj primjenjivana u cijelomu nizu istraživanja, držim kako nije potrebno iscrpnije opisivati sustav razredbe elemenata ocjene niti način njihova bodovanja (v. u Selić, 2019; Čanjevac i dr., 2022). U radu su priložene tablice vrednovanja s pripadajućim hidromorfološkim ocjenama za svaku dionicu te rijeku kao cjelinu (v. Tab. 1 – 4).

### 2.3. Obnova (revitalizacija, restauracija) vodotoka

Najsažetije sročeno, „obnovom vodotoka teži se postizanju prirodnijega stanja korita dok se istovremeno ostvaruju preduvjeti za povrat prirodnih procesa i funkcija vodotoka“ (Blagus i Tadić, 2018, 239). S ekološkoga motrišta odredba je nešto šira i uključuje procese obnove strukture i uloga ekosustava vraćanjem u stanje približno stanju prije određena narušavanja ravnoteže (usp. Ternjej i dr., 2023). To se ponajprije odnosi na abiotičke i biotičke čimbenike, koji utječu i na biotičke odnose (unutar i među vrstama), a time i na hranidbene mreže i etiologiju (ponašanje) tih vrsta što u konačnici pogađa cjelokupnu ekološku ravnotežu. Samopročišćavanje (autopurifikacija) rijeke, koje je u ovisnosti o količini organske tvari, mineralnih soli i otopljenog kisika u vodi, provode različite skupine beskralješnjaka u različitim dijelovima toka (usp. Ternjej i dr., 2023.) pa svako narušavanje ovih složenih odnosa neizbježno utječe i na kakvoću riječne vode. Stoga je cilj ekološki osviještene obnove vodotoka približavanje koliko god je to ostvarivo (negdašnjemu) prirodnomu stanju kako bi se time stvorio okvir za višenamjensko i održivo korištenje riječnoga ekosustava (Blagus i Tadić, 2018). Za postizanje takve revitalizacije potrebna je i „ocjena biološkog elementa kakvoće vode za makrozoobentos, koji najbolje reagira na organsko onečišćenje“ (Ćosić-Flajsig i dr., 2015, 301), kao i uključivanje svih vrsta i njihovih staništa koja su od važnosti za ocjenjivano vodno tijelo – takav pristup čest je u područjima s vrstama obuhvaćenima zaštitom ekološke mreže Natura 2000 (Ćosić-Flajsig i sur., 2015; Ćosić-Flajsig i dr., 2021).

Odabir područja pogodnih za restauraciju može se temeljiti na ocjeni hidromorfološkog stanja – (mikro)lokaliteti s niskom ocjenom upućuju na neodrživo hidromorfološko opterećenje (usp. Blagus i Tadić, 2018), bilo vodozahvatima bilo nekim okolišnim pritiskom. Ta međuovisnost opravdava zajedničku uporabu ovih dviju metoda radi stjecanja što bolje slike o mogućim „kriznim točkama“ u vodotoku čije bi se stanje moglo popraviti dobro planiranim i lokaliziranim čovjekovim zahvatima.

Osim očuvanja hidromorfološke integriteta i bioraznolikosti vodotoka, „na dijelovima vodotoka koji prolaze urbanim područjima cilj revitalizacije je i stvaranje atraktivnog odredišta pogodnog za razvoj turizma, rekreacije i sporta te uslužnih djelatnosti malog gospodarstva“ (Ožanić i dr., 2020), što je i primijenjivo na Jadro, koji cijelim tokom prolazi urbaniziranim Solinom (Pelivan, 2000; Kapelj i dr., 2012; Mlakić, 2020). Naravno, pri tomu uvijek treba imati u vidu koliki se stupanj ljudske intervencije može smatrati okolišno prihvatljivim (usp. Bišćan i dr., 2019).

### 2.3.1. Pristup DPSIR

DPSIR je konceptijski model za upravljanje kakvoćom vode u poriječju koji razmatra utjecaj pokretača (D, *driving forces*), pritisaka (P, *pressures*), stanja (S, *state*), utjecaja (I, *impact*) i mjera (R, *response*) koje se na temelju prethodnih čimbenika predlažu na istraživanu području (usp. Ćosić-Flajsig i dr., 2015). Prilagođen je zahtjevima ODV-a pa se njime u svojim procjenama služi i Europska okolišna agencija s ciljem informiranja javnosti o postojećem i vjerojatnu budućem stanju okoliša, utjecajima onečišćenja i ostalih pritisaka na europske prirodne sustave (usp. Ćosić-Flajsig i dr., 2015). Temeljem primjera iz prakse opisanih u literaturi (Ćosić-Flajsig i dr., 2015; Ćosić-Flajsig i dr., 2021) pristupom će se analizirati mogućnosti revitalizacije za područja odabrana hidromorfološkom ocjenom.

## 3. Prirodnogeografska obilježja prostora

Rječica Jadro izvire na području Općine Klis, protječe Solinskim poljem i Gradom Solinom te se ulijeva u Jadransko more u Solinskomu (Štambuk-Giljanović, 2002) odn. Kaštelanskomu zaljevu (ur. Kovačec, 2003; Ljubenkov, 2015; Novak, 2023). Smještena je u splitsko-kaštelanskom priobalju (Magaš, 2013) koje je od splitskoga zaleđa (Srednjodalmatinske Zagore) odijeljeno svojim izvorišnim područjem, padinama Mosora (usp. ur. Mohorovičić i dr., 1991), tj. topografskim preprekama s obiju strana (i zagorske i priobalne; Štambuk-Giljanović, 2002). Mezogeomorfološki, protječe područjem Središnje Dalmacije (usp. Bognar, 1999), a upravno Splitsko-dalmatinskom županijom. Pedološki gledano, pretežno protječe na slabo razvijenim pretaloženim tlima, tj. koluvijima (usp. Martinović, 1997), a fitogeografski u području eumediteranskog pojasa, u kojemu su mjestimično završni sukcesijski stadij šume hrasta crnike ili medunca (usp. ur. Glamuzina, 2009). Prevladava kamenjar sa siromašnim vegetacijskim pokrivačem (Marasović i Margeta, 2017). U nastavku rada iscrpnije se donose opća geološka, hidrogeološka, geomorfološka i klimatska obilježja prostora (poriječja), a kasnije u radu i hidrološka obilježja same rijeke (toka), čija je hidromorfologija najvažniji prirodnogeografski aspekt ovoga rada.





Sl. 2. Tok Jadra na ortofotu Hrvatske (DGU, 2023).

### 3.1. Geološka obilježja prostora

Poriječje Jadra u geološkoj građi i geomorfologiji prostora pokazuje obilježja krškoga reljefa (Pelivan, 2000; Štambuk-Giljanović, 2002; Matas, 2009; Sl. 3.). Zastupljeni su gornjokredni i eocenski vapnenci, dolomiti i laporoviti vapnenci, a rjeđe i permski vapnenci (usp. Štambuk-Giljanović, 2002). Klastične naslage čine eocenski fliš, trijaski klastiti i paleocenski lapori, dok su stratigrafski najmlađi pretežno siltozno-pjeskoviti kvartarni deluvijski sedimenti krških polja (Mučkoga, Dicmanskog, Dugopolja i Konjskog), s različitim udjelom karbonatnih ulomaka (Kapelj i dr., 2012). Vrelo Jadra na (jugo)zapadnim Mosorovim padinama javlja se na dodiru vodopropusnih karbonata (pretežno krednih vapnenaca) splitske Zagore i vodonepropusna obalna fliša (pretežno eocenska i mlađetercijarska), koji ima uspornu ulogu (Pelivan, 2000; Matas, 2009; Kapelj i dr., 2012). Vapnenačka građa dinaridnih Kozjaka s desne i Mosora s lijeve strane rijeke, a time i sama izvorišna područja, izrazito je podložna otapanju (karbonatnoj disoluciji), koroziji i okršavanju, koji su za sobom ostavili niz kanalića i pukotina u kojima se na površini, a osobito u podzemlju nakuplja i teče voda (Pelivan, 2000). Osim gravitacijski padom terena, voda u koritu Jadra teče upravo tim nepropusnim flišnim naslagama (usp. Biondić i Biondić, 2014), na kojima ne može ponirati u podzemlje, a koje se

zbog različitih morfologija i potencijala trošenja razdvajaju na „tvrđi“ i „meki“ fliš; „tvrđi“ sadrži krupnozrnate klastite i/ili karbonatne sedimente (kalkarenita, karbonatnih breča, vapnenaca i kalcitčnih lapora) koji su otporniji na fizikalno trošenje od onih „meki“ fliša, pretežno pelitnih i glinovitih (lapora, glinovitih lapora i mjestimičnih proslojaka kalkarenita), što je vidljivo i u morfologiji prostora (Jukić, 2018). Tako je „mekani“ fliš često prekriven slojem eluvijala, u kojemu je vidljiva razlika u sastavu gornjeg i donjeg dijela, pri čemu gornji ima veći udio gline, a manji matična kršja (Jukić, 2018). Povremene naslage fliša često su mjesta izbijanja podzemne vode na površinu u krškim poljima (usp. Biondić i Biondić, 2014). Nepropusne naslage eocenskog fliša u splitskom priobalju utječu na prodor mora u kopno nekoliko metara (Štambuk-Giljanović, 2002). Utjecaj podloge na obilježja vode vidljiv je na primjeru omjera Ca/Mg, koji je malen ( $< 1$ ) na ušću Jadra (pod utjecajem mora), a velik ( $> 5$ ) na izvoru, na vapnenačkoj podlozi (Štambuk-Giljanović, 2002).

Historijskogeološki, smatra se da je slijev Jadra bio dio Jadranske karbonatne platforme (Adriatika), koja je litostratigrafski slična Dinariku, no s izraženim podvlačenjima (seizmičkom aktivnosti) i eocenskim flišom (usp. Biondić i Biondić, 2014). Okršavanje na području Splitske zagore najizraženije je u kvartaru i odražava se nestankom tokova (čiji su površinski ostatci današnje suhe doline) te snižavanjem razine podzemnih voda (Štambuk-Giljanović, 2002).



Sl. 3. Geološki izdanci u reljefu izvorišta Jadra (snimljeno 12. rujna 2024.).



### 3.1.1. Hidrogeološka obilježja

S hidrogeološka motrišta, sedimenti važni za održavanje hidrološka ciklusa odn. toka i komunikacije podzemnih i površinskih voda te prihranu vodotoka jesu okršene naslage kvartara, ne samo za Jadro, nego i širi cetinski slijev (usp. UNEP, 2000; Štambuk-Giljanović, 2002). Kredni i eocenski vapnenci pretežno su dobre propusnosti (koja ovisi o zastupljenosti dolomitne i laporne sastavnice) i kao takvi imaju ulogu vodonosnika; nasuprot tomu, klastični sedimenti (eocenski fliš, paleocenski lapori, trijaski klastiti) su vodonepropusni pa, ovisno o prostornu položaju, djeluju kao potpune ili relativne hidrogeološke zapreke (Kapelj i dr., 2012), omogućujući nakupljanje podzemnih zaliha i vrela na rubovima polja u kršu (Štambuk-Giljanović, 2002). Zbog bočne i vertikalne nehomogenosti deluvijalnih naslaga polja u kršu, iste se ubrajaju u propusne naslage (Kapelj i dr., 2012). Propusnost podloge, tj. njezinu pukotinsku poroznost pomogli su i geotektonski pokreti u geološkoj prošlosti, olakšavajući time koroziju i potičući okršavanje (usp. Pelivan, 2000). Poriječje Jadra područje je naglašene razlomljenosti i tektonike (jačine potresa do 8° MCS-a; usp. ur. Glamuzina, 2009), koja utječe na promjene strukturnih odnosa rasjednih sustava i pukotina; takve promjene u strukturnu sklopu (pr. pomaci aktivnih rasjeda) održavaju se i na mrežu tokova u podzemlju, koji su važan izvor vode za površinski tok rijeke (usp. Kapelj i dr., 2012). I sama flišna podloga podložna je intenzivnim boranjima (nastanku polegnutih i prebačenih bora), rasjedanjima i stvaranju pukotinskih sustava (usp. Jukić, 2018). Zbog iznimne okršenosti prostora Splitske zagore, velika većina oborinske vode pukotinama i krškim provodnicima u propusnim stijenama brzo ponire u podzemlje, kao i svi povremeni površinski tokovi s nepropusnih naslaga u krškim poljima, što i objašnjava zašto u ovome području nema izdašnjih vodnih tijela (Štambuk-Giljanović, 2002). Manji viseći vodonosnici javljaju se na crvenici i diluvijima, dajući uglavnom povremene izvore koji presušuju ljeti, no i trajnim se izvorima uvelike smanjuje izdašnost zbog ograničene površine slijeva uslijed bočne izlomljenosti naslaga (Štambuk-Giljanović, 2002). Dubina do podzemne vode relativno je velika, a u sušnim razdobljima može doseći i stotinjak metara (Štambuk-Giljanović, 2002). Upravo su vrela Jadra, Pantane i Žrnovnice uz dva manja izvora u dolini Vrbe jedini trajni pripovršinski izvori ujedno pogodni i za vodoopskrbu, jer na nepropusnu flišu glavnina izvora i zdenaca ljeti nije raspoloživa za zahvaćanje vode (Štambuk-Giljanović, 2002). Vrelo s obiju strana izgrađuju lapori s ulošcima pješčenjaka, vapnenaca i paleogensko-krednih breča (Štambuk-Giljanović, 2002). Iscrpniji pogled na hidrogeologiju izvorišnoga područja i samoga toka te hidroloških veza dan je kasnije u radu, u hidrološkim obilježjima rijeke (v. odlomke 4.2. i dalje).

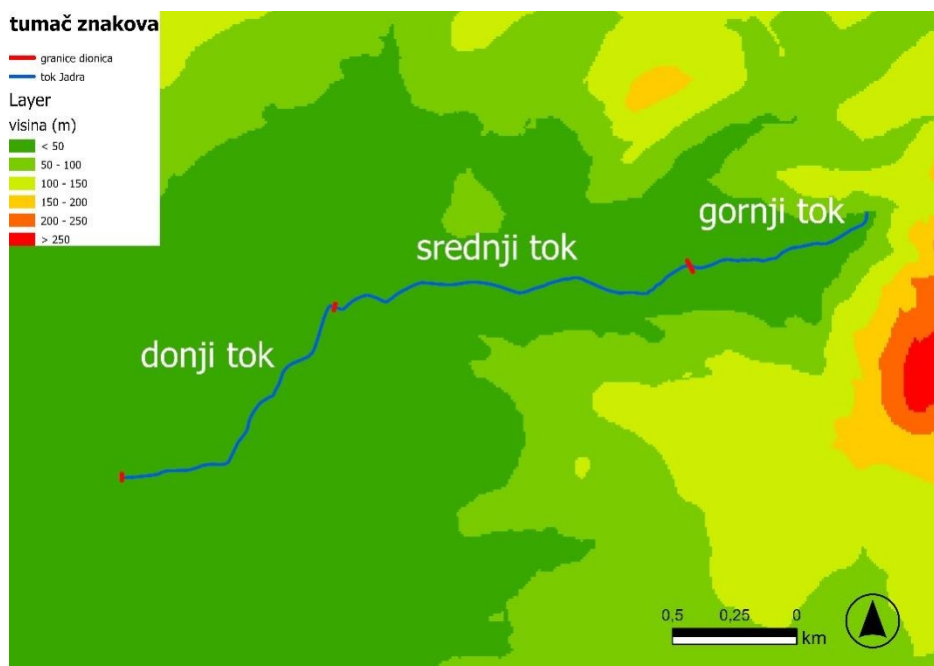
### 3.2. Geomorfološka obilježja prostora

S gledišta geomorfološke regionalizacije (usp. Bognar, 1999), područje Jadra megamakrogeomorfološki pripada Hrvatskom dijelu Dinarskoga gorskog sustava (jedinica 2.), makrogeomorfološki Centralnoj Dalmaciji s arhipelagom (jed. 2.4.), mezogeomorfološki Gorskomu hrbatu Mosora s podgorjem i gredama Kozjaka i Omiške dinare s pobrđima (jed. 2.4.1.), dok subgeomorfološki pripada području gorskoga hrbata Kozjaka s pobrđem (jed. 2.4.1.1.). Šire gledano, tok i slijev pripadaju području tzv. Splitske zagore (Štambuk-Giljanović, 2002). Površinska morfologija poriječja uvelike je uvjetovana stratigrafijom – na čvrstim karbonatima uzvišenijih dijelova reljefa javljaju se povremeni ponori, jame, spilje, ponikve, škrape, suhe doline (ostatci negdašnjih površnih tokova), strmo odsječene padine i ine pojave u kršu (Visković, 2015; Jukić, 2018), dok se u udolinama, građenima od raznorodnih prašinasto-glinovitih klastita, mjestimično javljaju terasoliki odsjeci, povremeni tokovi i ponori, ponajviše u rubnim dijelovima krških polja, za koja je svojstvena i pojava sufozijskih uleknuća u njihovim klastičnim sedimentima (Kapelj i dr., 2012). U podzemlju se pak javljaju različite vrste pukotina, šupljina i kanala, galerije i vodonosnici (Štambuk-Giljanović, 2002). Unatoč promjenljivoj tektodinamici u geološkoj prošlosti, položaji stijena u borama nisu znatnije utjecali na razvitak reljefa u širem splitskom zaleđu (Štambuk-Giljanović, 2002). Ipak, položaji suhih dolina i općenito reljefa (veći dio grebenâ, dolinâ, poljâ) podudaraju se s pružanjem bora i uzdužnim razmještanjima, uz iznimke nekih većih dolinâ čiji je razvoj vezan uz poprečne i kose rasjede (Štambuk-Giljanović, 2002). Podzemna ujezerenja na nepropusnim slojevima važna su za zadržavanje vode i prihranu vrela i toka Jadra (Pelivan, 2000). U poriječju se nalazi više od stotinu prirodnih izvora, ponora i jama (Štambuk-Giljanović, 2002; Štambuk-Giljanović, 2006; Jukić, 2018). Priobalna područja poriječja čine padine različitih strmina nagnute k jadranskoj obali (Visković, 2015), pretežno na eocenskom flišu (usp. Štambuk-Giljanović, 2002).

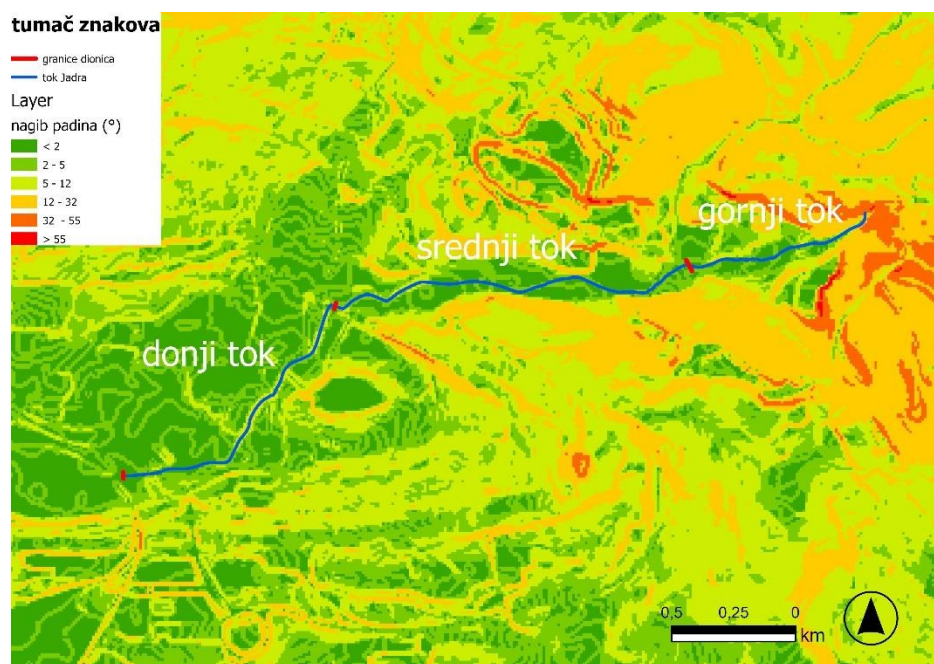
#### 3.2.1. Morfometrijska obilježja prostora

Vrelo Jadra smješteno je u podnožju Mosora, čiji se vrh s (procijenjenom) kotom izvora Jadra razlikuje za gotovo 1270 m.n.v. Već sam takav položaj ukazuje na dobru do izrazitu raščlanjenost (razvedenost) reljefa, koja je vidljiva u morfologiji poriječja (Kapelj i dr., 2012), no kod rijeke se to odnosi samo na izvorišno područje; prema izračunima u GIS-u vertikalna raščlanjenost uzduž cijeloga toka kreće se u vrijednostima između 93,57 i 99,45

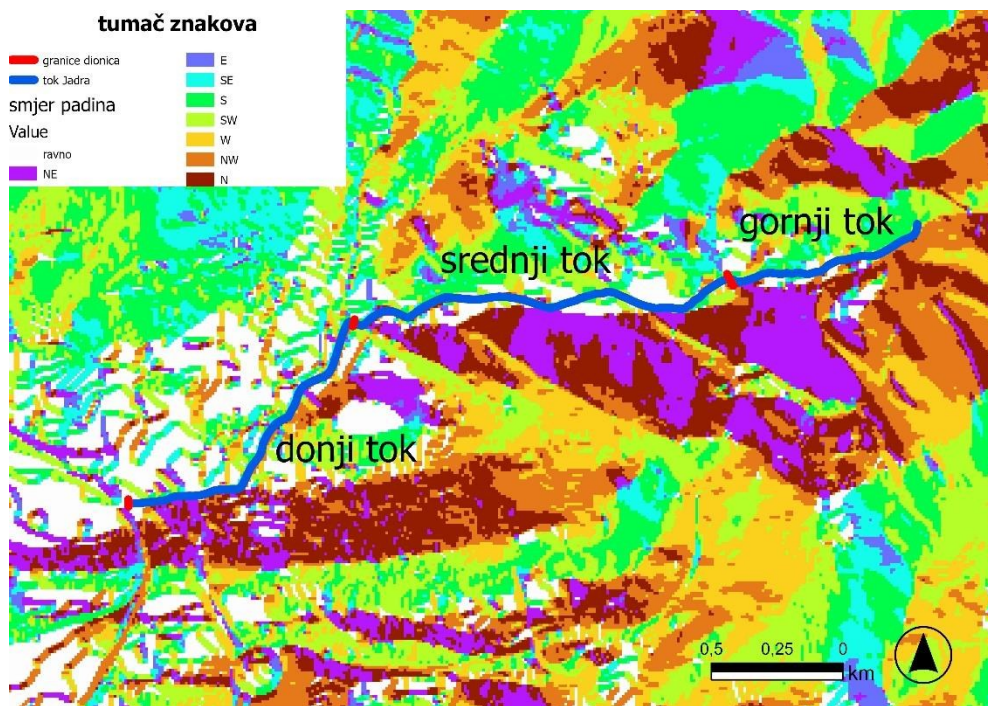
m/km<sup>2</sup>. Sama rijeka protječe područjem blagoga pada terena, što je vidljivo na hipsometrijskoj (Sl. 4.) i karti nagiba padina (Sl. 5.), na kojoj prevlast blagih nagiba duž većine toka (osobito kako se ide prema ušću) upućuje na mali intezitet padinskih procesa (usp. Bognar, 1992), s iznimkom izvorišna područja. Odnos ekspozicije terena (orijentacije padina) s pružanjem toka Jadra vidljiv je na Sl. 6.



Sl. 4. Hipsometrija Jadra s okolnim područjem.



Sl. 5. Nagibi padina uz tok Jadra i u okolnome području.



Sl. 6. Usmjerenje padina uz tok Jadra i u okolici.

### 3.3. Klimatska obilježja prostora

Klimatološki, topografsko poriječje smješteno je u području jadranskoga tipa sredozemne klime s blagim, kišnim zimama i sušnim, vrućim ljetima (Csa; usp. Denić-Jukić i Jukić, 2002; Šegota i Filipčić, 2003), no u povijesti ljudske naseljenosti uz Jadro mijenjala se uz određene varijacije, koje su imale osjetne društvenogeografske posljedice (usp. Margeta i Marasović, 2019). Uzevši u obzir smještaj u krškomu i sredozemnom području, većina godišnjih padalina (oko  $\frac{2}{3}$  od 1200 mm) Jadro prima u zimskom polugodištu (od rujna/listopada do ožujka; usp. Matas, 2009; Marasović i Margeta, 2017). U razdoblju 1995 – 2013. izmjerena je i minimalna godišnja količina oborina od 796 mm, te maksimalna od 1775 mm (Margeta, 2023). U istomu promatranu razdoblju, prosječno je najmanje oborina bilježeno u srpnju (24 mm), a najviše u studenom (233 mm; Margeta, 2023). Ipak, te vrijednosti ovise o mjernoj postaji; primjerice, za gotovo isto razdoblje (1995. – 2014.), na meteorološkoj postaji Muć minimum je zabilježen 2011. (879,4 mm), a maksimum 2010. (1819,6 mm) te na meteorološkoj postaji Dicmo minimum 2003. (838,3 mm), a maksimum 2010. (1836,4 mm; Lučin, 2016). Godišnja varijabilnost padalina iznosi oko 14 – 16 % (Maradin, 2013), no na dugogodišnjoj skali promjene u količini padalina gotovo su zanemarive (- 1,5 mm za 1950. – 2010.; Filipčić i dr., 2013). Do 1960. i izgradnje prve HE na Cetini (Peruća), hidrološki (vodni) režim Jadra bio je određen isključivo podnebljem, a

najviše oborinama (Margeta i Marasović, 2018). Prosječna godišnja temperatura zraka u užemu slijevnom području vrela iznosi 12 – 13 °C (13,2 °C za razdoblje 1995. – 2013.; Margeta, 2023), a, očekivano, najveće srednje mjesečne temperature postižu se u srpnju (oko 23 °C) i kolovozu (oko 25 °C), a najniže u siječnju (oko 4 °C) i prosincu (oko 6 °C), dok je amplituda srednjih dnevnih temperatura zraka veća u odnosu na mjesečne: od – 7 °C u prosincu i siječnju do oko 30 °C u srpnju i kolovozu (usp. Marasović i Margeta, 2017; Margeta, 2023). Mraz se prosječno pojavljuje petnaestak dana godišnje, od listopada do travnja (Marasović i Margeta, 2017).

Povijesno gledano, antička klima svrstavala se u tzv. rano subatlantsko doba (*Subatlantic period*), koje su obilježavala hladnija ljeta i blage, kišne zime. Na počecima starorimske civilizacije klimatske varijacije bile su manjega inteziteta u odnosu na kasnu antiku. Najpovoljnije je bilo podrazdoblje povoljne tople klime od početka I. st. pr. Kr. do svršetka II. st. Do pada Zapadnoga Rimskog Carstva dolazilo je do naglih zahlađenja (pr. sredinom III. st.) pa zatopljenja, utjecanima vulkanskim erupcijama, koje su dovodile do sušnih (pr. oko 300.), ali i hladnih podrazdoblja (pr. VI. st.) Ugrubo rečeno, V.-VII. st. bilo je razdoblje klimatskih nestabilnosti, nakon čega je uslijedila svojevrsna stabilizacija i manje zatopljenje (McCormick i dr., 2012, u: Marasović i Margeta, 2017). Za srednjeg subatlantika Jadro se nije intezivnije crpio za vodoopskrbu, tj. vrelo nije bilo kaptirano (Margeta i Marasović, 2018). Od oko 800. do 1200. ponovno je vladalo hladnije razdoblje, nakon kojega slijedi toplije razdoblje (nalik onomu u vrijeme procvata Rima) do druge polovine XIII. st., kada zbog erupcija nastupa zahlađenje, poznatije kao Malo ledeno doba (otprilike od 1250. do 1850.) Od industrijske revolucije do danas živimo u modernome klimatskom optimumu mlađega subatlantika, u kojemu se Jadrom ponovno koristi za vodopskrbu (Margeta i Marasović, 2018). Margeta (2023) analizira i procjenjuje mogući utjecaj klimatskih promjena temeljem klimatskih modela u bliskoj (do 2040.) i daljoj budućnosti (2040. – 2100.), pri čemu potonji (očekivano) predviđa veće promjene klimatskih elemenata (godišnje temperature zraka, godišnje količine i učestalosti oborina), na tragu suvremenih procjena utjecaja klimatskih promjena na vodotoke.

## 4. Hidrološka obilježja Jadra

### 4.1. Razlike u nekim literaturnim podacima

Istražujući dosadašnja istraživanja Jadra u literaturi, kod pojedinih autora nailazi se na različite vrijednosti (procjene), a koje nisu nevažne za ovaj hidrološki pregled. Naime, radi se o duljini toka Jadra, koti (nadmorskoj visini) vrela Jadra i površini hidrogeološka poriječja Jadra (ili Jadra i Žrnovnice, ako se promatraju zajedno). Premda u većini radova navedenih u popisu literature (v. 9.) postoji jedna ili možebitno dvije prevladavajuće vrijednosti (za koje pretpostavljam da su kompromisno uprosječene ili trenutačno prihvaćene), odlučio sam, preglednosti i samoga istraživanja radi, navesti i ostale zabilježene podatke. U nekim slučajevima i sami autori ukazuju na to da se radi o aproksimaciji.

Što se duljine (korita) rijeke tiče (dakle, od izvora do ušća), najčešće se spominju 4,5 km (Štambuk-Giljanović, 2002; ur. Kovačec, 2003; Štambuk-Giljanović, 2006; Rađa i Rađa, 2012; Lučin, 2016; Barić, 2022; Rijeka Jadro, n. d.) i 4318 m (Bonacci, 2012; Marasović i Margeta, 2017; Bonacci i Roje-Bonacci, 2023; Šubić, 2023; Izvor, n. d.), no navode se i 4,2 km (Kapelj i dr., 2012), 4,3 (Ljubenkov, 2015) i 4,4 km (Novak, 2023). Ove razlike vezane su i uz problem odredbe ušća i prodora mora u estuarij rijeke (usp. Štambuk-Giljanović, 2002).

Glede kote vrela, najčešće se navodi 33 m. n. v. (ur. Kovačec, 2003; Kapelj i dr., 2012; Radanović, 2015; Bonacci i Roje-Bonacci, 2023; Izvor, n. d.), no spominju se i 28 (UNEP, 2000), 30-ak (Matas, 2009), 32 – 33,5 (Marasović i Margeta, 2017), 34,2 (Ljubenkov, 2015; Jukić, 2018), 34,6 (Štambuk-Giljanović, 2002) i 35 m. n. v. (Lučin, 2016; Mlakić, 2020). Pretpostavljam kako točna visina ovisi o izboru geolokacije (koordinatnu položaju) za samu kotu vrela, ali i mikrolokacije zbog neravna dna vrela (Margeta i Marasović, 2018).

Što se površine poriječja tiče, gotovo svi autori ističu kako je ono još uvijek nedorečeno radi složenosti hidroloških odnosa u kršu pa redovito donose procjene, koje se kreću između 250 i 500 km<sup>2</sup> (Kapelj i dr., 2012), pri čemu treba razlikovati Jadrovo od zajedničkoga poriječja Jadra i Žrnovnice (radi hidroloških veza). Tako se iznose procjene 227 – 257 (Visković, 2015), 260 (Rađa i Rađa, 2012), 260 – 300 (Štambuk-Giljanović, 2002), 300 (Štambuk-Giljanović, 2006), 400 (Mihelčić i Lalić, 2004), više od 400 (Jukić, 2018), 450 – 550 km<sup>2</sup> (Margeta i Marasović, 2018). S druge strane, za površinu topografska poriječja uzima se 22 km<sup>2</sup> (Mihelčić i Lalić, 2004; Ljubenkov, 2015; Jukić, 2018).

## 4.2. Opća hidrološka obilježja

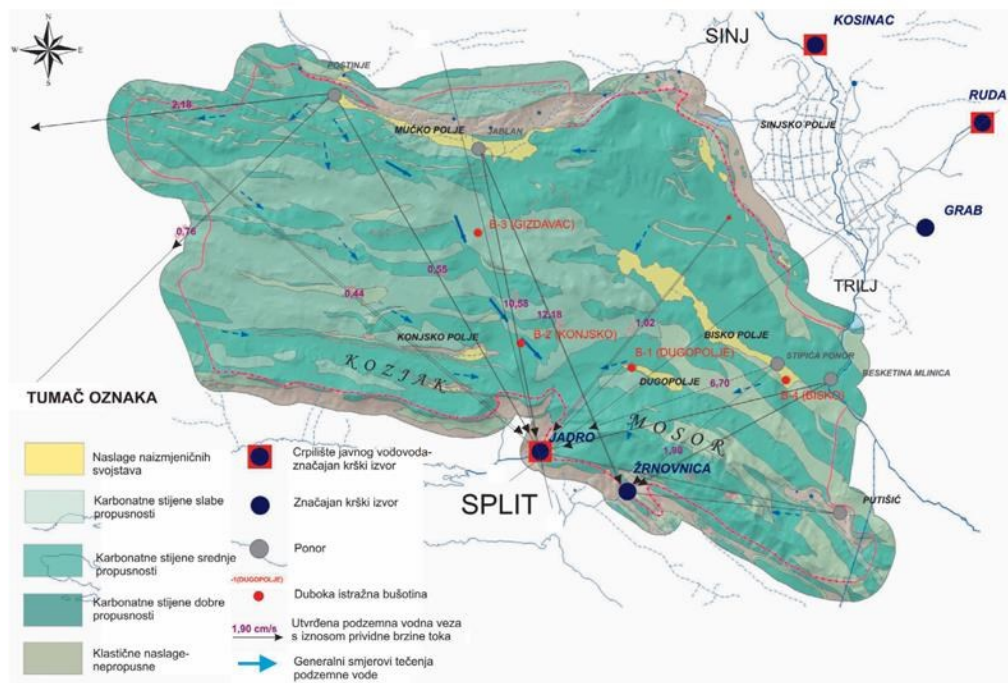
U literaturi se često navodi kako je Jadro tipična krška rijeka (Pelivan, 2000; Kapelj i dr., 2012). Po ekotipu (usp. Hrvatske vode, 2016), ona je nizinska tekućica kratkih tokova s padom većim od 5 ‰, dok se s motrišta ekoregije (usp. Illies, 1978) radi o maloj ili srednje velikoj (ovisno prelazi li slijevna površina 100 km<sup>2</sup>) nizinskoj tekućici, na vapnenačkoj podlozi. Ima sredozemni kišno-snježni režim, s primarnim maksimumom zimi (prosinac), a sekundarnim u proljeće (travanj), te primarni minimum ljeti (srpanj i kolovoz), a sekundarni krajem zime (veljača i ožujak) (Čanjevac, 2013; Šafarek, 2018). S obzirom na to da su sekundarni ekstremi slabo izraženi, režim bi se mogao opisati i kao jednostavan, s jednim maksimumom i minimumom (Čanjevac, 2013). Režim je do početaka izgradnje hidroelektrana na Cetini 1960. u potpunosti ovisio o padalinama (Kapelj i dr., 2012), no od tada ovisi i o obližnjim cetinskim hidroenergetskim postrojenjima (pr. brani Prančevići, od koje voda izravno dolazi do vrela Jadra; UNEP, 2000). Hidroelektrane i hidroakumulacije na Cetini utjecale su na porast razina voda zbog čega razmjerno veće količine dotječu u vodonosnik vrela rijeke (Štambuk-Giljanović, 2002). Dok su podzemne vode Jadra pretežno prirodnih obilježja, one u topografskom poriječju imaju obilježja urbanih površinskih voda (Novak, 2023). Prevladava laminaran („miran“) tok, uz mjestimične prijelaze u turbulentan (Lučin, 2016).

### 4.2.1. Poriječje i hidrološke veze

Već je istaknuto kako se Jadrovo poriječje najčešće promatra kao cjelina sa Žrnovničanim zajedno čineći prostorno veliko poriječje (slijev) u Dinaridima (Kapelj i dr., 2012), koje graniči s onima Pante na zapadu, Čikole na sjeveru i Cetine na istoku (Jukić, 2018). Zapadna granica je podzemna razvodnica, sjeverna je topografski, a južna hidrogeološki uvjetovana, dok je istočna teško određiva zbog zamršenih geoloških odnosa (Štambuk-Giljanović, 2002). Jadro promatran zasebno svrstava se u male slijevove Srednjodalmatinskoga primorja s otocima (Hrvatski sabor, 2023). *Odlukom o utvrđivanju slivnih područja u Republici Hrvatskoj* Vlade Republike Hrvatske od 14. svibnja 1991., Jadro je dio slijevnoga područja Cetine i vodnog područja dalmatinskih slijevova (Balić i dr., 1991). Zračna udaljenost vrela Žrnovnice i Jadra iznosi oko 4,2 km (Bonacci i Andrić, 2015). Njihova međusobna i vodne veze s pojedinim izvorima (Grab i Ruda; Jalžić i Kovač Konrad, 2019) i ponorima Cetine (pr. u Biskome polju; Kapelj i dr., 2012) na istočnome rubu poriječja (Visković, 2015) dokazivane su u nekoliko trasiranja (obilježavanja voda bojama) provedenih između 1963. i 2010., a čiji popis



donose Kapelj i dr., 2012. Veza s Rudom i Grabom hidrokemijski je dokazana velikom sličnosti kisikovih i vodikovih izotopa (Šubić, 2023). Jaka podzemna veza s Cetinom utvrđena je oko 5 km sjeverno od Prančevića (UNEP, 2000). Vanjsko ili šire poriječje Jadra obuhvaća i dio cetinskog (usp. UNEP, 2000; Jukić, 2018). Zbog površine hidrogeološkoga poriječja, smatra se kako se Jadro dijelom prihranjuje iz zajednička krška vodonosnika sa susjednim vodotocima (Jukić, 2018) odn. iz širega splitskog zaleđa (Štambuk-Giljanović, 2002) južno od Svilaje (Matas, 2009), manje površinskim, a više podzemnim dotocima (Štambuk-Giljanović, 2002; Mlakić, 2020). Konkretno, velik dio voda dolazi iz ponora Grabov mlin u klancu Cetine (Štambuk-Giljanović, 2002), a ta veza dokazana je i prvim provedenim trasiranjem 11. rujna 1963. (Kapelj i dr., 2012). Topografsko poriječje prihranjuje pet bujičnih pritoka, od kojih se veličinom i izdašnošću ističu Poklinovac i Rupotina (Kapelj i dr., 2012), bujični i povremeni pritoci koji ljeti uglavnom presušuju (Ljubenkov, 2015). Poklinovac je desni pritok koji se ulijeva u gornjem toku (km 3+550), dok se Rupotina Jadru priključuje nizvodnije, na čvorištu Šljukica (km 2+000), nizvodno od hidrološka profila Majdana (Jukić, 2018). Bujični dotoci Poklinovca uključeni su u limnografska mjerenja na Majdanu (Jukić, 2018). Površina prijelaznih voda procijenjena je na 0,338 km<sup>2</sup> (Hrvatske vode, 2013) odn. 0,32 km<sup>2</sup> (Hrvatske vode, 2023). Dijelovi poriječja pokazuju visok stupanj ranjivosti izvora podzemnih voda (Japačić, 2022).

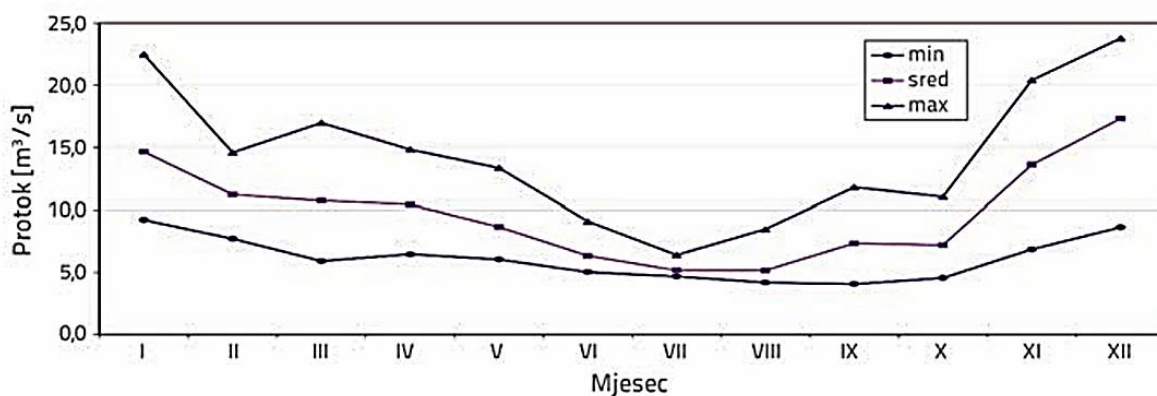


Sl. 7. Shematska hidrogeološka karta priljevnoga područja izvora Jadra i Žrnovnice bez strukturnih elemenata (Kapelj i dr., 2012).



#### 4.2.2. Protoci

Protok je jedan od temeljnih hidroloških pokazatelja. Kretanja protoka izravno ovise o količini padalina u poriječju (Bonacci, 2012; Lučin, 2016; Kadić i dr., 2017), tj. protoci brzo rastu pri pojavi novih padalina (Visković, 2015), ali i kolebanjima vodostaja u podzemnim vezama s Cetinom (Štambuk-Giljanović, 2002). Linearna korelacija/regresija Jadrovih protoka s oborinama bolja je što je promatrano razdoblje duže (Visković, 2015; Kadić, 2017). Kao prirodna najmanja izdašnost spominje se 2 – 3 m<sup>3</sup>/s (Štambuk-Giljanović, 2002; Matas, 2009), no navodi se i 3,6 – 3,9 m<sup>3</sup>/s (Kapelj i dr., 2012) i 4 m<sup>3</sup>/s (UNEP, 2000). Najmanja je u sušnome razdoblju (ljeti), kada su vodoopskrbne potrebe najveće (Kapelj i dr., 2012). Drugim riječima, razdoblja najvećih i najmanjih protoka poklapaju se s onima najvećih i najmanjih oborina (Lučin, 2016; Sl. 8.). Jedno od prvih, ako ne i prvo mjerenje protoka na Jadru proveo je ing. Fernand Mayer, koji je 1881. na temelju mjerenja procijenio dnevni protok na 715 435 200 litara, tj. oko 8,25 m<sup>3</sup>/s (Barić, 2022). Prosječni srednji protok vrela Jadra 1995. – 2005. iznosio je 9,96 m<sup>3</sup>/s, pri čemu je najveći izmjereni protok dosegnuo 70,06 m<sup>3</sup>/s (prosinac 2004.), a najmanji 3,72 m<sup>3</sup>/s (kolovoz 1995.; Lučin, 2016; Kadić, 2017). Ako se uzme širi vremenski okvir, najmanji protok zabilježen na Majdanu iznosio je 0,22 m<sup>3</sup>/s (16. studenoga 1985.), a najveći 78,1 m<sup>3</sup>/s (13. studenoga 1997.) (Visković, 2015). Prosječno se srednji protoci kreću između 3,5 i 12,5 m<sup>3</sup>/s (Lučin, 2016), a kao standardna vrijednost često se navodi 9,5 m<sup>3</sup>/s (UNEP, 2000). Zbroj protoka na hidrološkome profilu Majdana uzima se kao prirodni protok Jadra odn. njegova ukupna izdašnost (Jukić, 2018). Biološki minimum Jadra određen je na 1,8 m<sup>3</sup>/s (Jukić, 2018).



Sl. 8. Karakteristične veličine srednjih mjesečnih protoka izvora Jadra za 1995. – 2001. godinu (Margeta i Marasović, 2018).

#### 4.2.3. Izvorišno područje

Jadro je krški gravitacijski (silazni) izvor (Lučin, 2016) ili izvor preljevna tipa sa stalnim vodenim tokom (Jalžić i Kovač Konrad, 2019) te brzim i velikim oscilacijama protoka (Margeta i Marasović, 2018). Hidrološki režim vrela ima bujična obilježja (Lučin, 2016; Bonacci i Roje-Bonacci, 2021). Korelacijske analize pokazale su brz odgovor na pojavu oborina, osobito u kišnim godinama, što upućuje na brzo otjecanje izvora (Kadić i dr., 2017). Prosječno vrijeme podzemna otjecanja za sušno razdoblje u Jadru iznosi tridesetak dana (Štambuk-Giljanović, 2002). Dio vode koji Cetina gubi na potezu Trilj-Blato na Cetini prihranjuje i vrelo Jadra, koje je pod utjecajem stalnih pritjecanja izvan slijevnog područja, prosječno oko 5 m<sup>3</sup>/s, što je približno polovina voda koje tako istječu iz vrela (Denić-Jukić, 2002). Pod utjecajem cetinskih hidroelektrana na vode Jadra došlo je do promjena u hidrološkome režimu vrela, što se ogleda u povećanju srednjega protoka na Vidovića mostu s 5,4 m<sup>3</sup>/s (prije izgradnje) na 8,8 m<sup>3</sup>/s (Kadić, 2017) te blagu porastu minimalnih, srednjih i maksimalnih vodostaja Jadra na istome mjernom profilu u razdoblju 1950. – 1985. (Kadić, 2017). Srednja brzina toka na vrelu mjerena aplikacijom CpoRT 2017. iznosila je 0,4 m/s (Peović, 2019), a ona u daljnjemu toku (pr. ponori kod Muća) doseže i oko 10,5 m/s (Štambuk-Giljanović, 2002). Margeta i Marasović (2018, 988-9) navode kako „izvorni izgled izvorišta nije poznat“ te kako „danas izvor nije vidljiv jer je natkriven i zatvoren betonskom konstrukcijom“, a „potopljeni dio izvora vrlo je složen sustav otvora i kanala različitih dimenzija i još uvijek nije dovoljno istražen“. Od druge polovine XIX. st. do danas u izvorišnome obluku provedeno je nekoliko hidrotehničkih zahvata za potrebe vodoopskrbe i hidroenergije koji su ostavili trajan utjecaj na hidrologiju i geoekologiju područja (Margeta i Marasović, 2018; v. 5.1.4. i 5.1.5.). Danas su razine vode na vrelu određene razinom vode hidroakumulacije ispred njega (Margeta i Marasović, 2018). Dio izvorišta uređen je u obiteljsko „Izletište-park Jadro“, s tjelovježbenim i obrazovnim sadržajima (Izletište, n. d.; v. 5.1.7.).

#### 4.2.4. Pregled toka

Jadro teče od vrela na Majdanu, na (jugo)zapadnu obronku Mosora, riječnom dolinom kroz Solin. Prvih petstotinjak metara toka ima relativno velik pad (oko 30 %), a potom rijeka dalje protječe blagim padom do istočna ruba Kaštelanska zaljeva. U samome središtu Solina, kod prilijeva bujičnoga Ilijina potoka u Jadro uz Šljukicu, razdjeljuje se na glavno korito i rukavce (desni odvojak prema Grabovoj Mlinici) koji se nizvodno od Gospina otoka ponovno

spajaju u zajedničko korito (usp. Štambuk-Giljanović, 2002; Kapelj i dr., 2012; Lučin, 2016; Jukić, 2018; Mlakić, 2020). U srednjemu toku javljaju se prudovi. Nizvodno od Gospina otoka tok se potpuno smiruje kako se približava moru, a vidljiv je i utjecaj plime, pri kojoj more ulazi u rijeku (usp. Štambuk-Giljanović, 2002; Mlakić, 2020). Na području ušća, procijenjene širine 43 m (Peović, 2019), trinaest je otočića oblikovanih rukavcima Jadra (ur. Durman, 2006). Estuarij Jadra je većinu godine uslojen (stratificiran), a haloklina debljine dvadesetak cm dijeli slatki gornji od slana donjeg sloja (Vitlov, 2022).

#### 4.2.5. Obilježja i kakvoća voda

Vode vrela Jadra svrstavaju se u krške pukotinske vode odn. vode kalcijsko-bikarbonatna tipa, male mineralizacije, mala isparna ostataka i niskih udjela otopljenih CO<sub>2</sub>, klorida i sulfata (Štambuk-Giljanović, 2002). Kišnička su tipa, razmjerno tvrde, no manje tvrdoće, alkaliteta i koncentracija koliforma u odnosu na žrnovničke (Štambuk-Giljanović, 2002). Prosječna temperatura vrela (na Vidovića mostu) iznosi 10 – 15 °C, s godišnjim prosjekom 12,3 – 12,8 °C (Štambuk-Giljanović, 2002). Vrijednosti pH kreću se 7,6 – 8,2 (Štambuk-Giljanović, 2002). Kolebanja u ionskome sastavu, zasićenosti i parcijalnu tlaku CO<sub>2</sub> posljedica su nehomogenosti i kratka vremena zadržavanja vode u vodonosniku (Šubić, 2023). Za sušnih razdoblja prirodno imaju povećane količine klorida, zbog utjecaja vodâ Cetine iz zaslanjenih perućkih izvora (Štambuk-Giljanović, 2002). Zamućenje se javlja u prosjeku 11 dana godišnje, prirodno nakon obilnih kiša koje unose vanjski sediment u vodonosnik, a i pri pojavi zamućenja voda ostaje mikrobiološki i kemijski ispravna, tj. ispod 4 NTU-a (Pročistač, n. d.). Iznimka je bila pojava mutnoće u studenome i prosincu 1998., koja je trajala 40 dana (Pročistač, n. d.). Prirodna zamućenja Jadra jedinstvena su pojava u odnosu na ostala vrela u cetinskome slijevu (usp. Bokšić, 2021). Osim toga, na vrelu se povremeno javljaju povećane količine mineralnih ulja, fenola, nitrata i fosfata (Bokšić, 2021), no one su do sada gotovo uvijek bile ispod propisanih razina maksimalnih dopuštenih koncentracija (MDK-a; usp. Mlakić, 2020).

Jadro ima dobro količinsko i kemijsko stanje podzemnih voda (Hrvatski sabor, 2023). Više istraživanja od 1970.–ih do danas pokazalo je zadovoljavajuću kakvoću vode i na izvoru i na ušću (Štambuk-Giljanović, 2002; Jukić, 2018; Mlakić, 2020). Tako praćenje količina ukupna dušika, amonijaka, nitrata i fosfata od rujna 1983. do rujna 1993. nije pokazalo prelazak prosječnih tereta MDK-a (Štambuk-Giljanović, 2002). Ponovljeno istraživanje fizikalno-kemijskih pokazatelja onečišćenja (biološke potrošnje kisika te količine hranjiva – dušika i

fosfora) za izrazito sušnu 2003. godine pokazale su količine daleko manje od maksimalnih dopuštenih (Jukić, 2018). Istraživanje opterećenja Jadra za razdoblje 1993. – 2004. također je pokazalo kako nije bilo onečišćenja niti prijetnji od istoga dušikom, fosforom, amonijakom, nitratima i fosfatima (Štambuk-Giljanović, 2006; Mlakić, 2020). Istraživanjima u razdoblju 1996. – 2005. utvrđeno je kako je kakvoća i na vrelu i na ušću zadovoljavajuća, pri čemu su se koncentracije klorida kretale 13 – 22, a sulfata 8 – 36 mg/L (Mlakić, 2020). Mineralna ulja i teški metali nisu prelazili dopuštene količine za pitku vodu, a zamućenja iznad propisanih 4 NTU-a javlja su se do 13,5 % dana godišnje (Mlakić, 2020). I u požarnoj 2017. koncentracije nitrata, sulfata, klorida i teških metala (Cu, Al, Hg) bile su ispod propisanih vrijednosti (Mlakić, 2020). Uspoređujući vrijednosti istraživanih pokazatelja za izvorišno područje i ušće, može se primijetiti njihova veća koncentracija u ušću (pr. kloridi, sulfati, hidrogenkarbonati, tvrdoća, natrij, ukupni broj bakterija te fekalnih kolinforma; Mlakić, 2020), što je zasigurno posljedica djelovanja različitih pritisaka duž rijeke, osobito u donjem toku (usp. Štambuk-Giljanović, 2006). Kao i za većinu krških vodnih tijela, i za podzemne vode Jadra motre se koncentracije nitrata, amonijaka, otopljenog kisika i električne provodnosti (Hrvatske vode, 2013).

Glede pokazatelja kakvoća (boniteta) voda, Jadrove vode od vrela do vodnih pragova nizvodno od središta Solina (tzv. „Šljukice“) pripadaju prvoj kategoriji (najvišemu razredu), dok nizvodni dio i ušće, pod utjecajima mora i antropogenih pritisaka, pripadaju drugoj kategoriji kakvoće (usp. Štambuk-Giljanović, 2002; Lučin, 2016; Jukić, 2018). Još je car Konstantin Porfirogenet u X. st. hvalio vodu kao „najukusniju od svih voda“ (Marasović i Margeta, 2017, 511). Danas se voda s vrela prije puštanja u vodopskrbni sustav dezinficira kloriranjem (Marasović i Margeta, 2017; Mlakić, 2020). Kakvoća vode rezultat je miješanja površinskih voda Cetine s izvorskim vodama Jadra, pri čemu je udio cetinskih voda u vodama Jadra 14 – 30 % (ovisno o protoku), što je ovisnost koja se mora uzimati u obzir (Margeta i Marasović, 2018).

#### 4.2.6. Faunistička obilježja

U izvorišnome području obitavaju špiljska kozica (*Troglocaris*), voden babure (*Sphaeromides*, *Monolistra*), rakušci (*Niphargus*), cjevčice mnogočetinaša (*Marifugia*), čovječja ribica, a speleoroničkim istraživanjima potopljena podzemna kanala na vrelu Jadra opisane su i tri do tada nepoznate vrste podzemnih vodenih puževa (Jalžić i Kovač Konrad, 2016). Biospeleologiju izvora s popisom vrsta opisali su Jalžić i Kovač Konrad, 2019. Od rakova zabilježen je *Echinogammarus thoni* (Hrvatske vode, 2013), a u estuariju *Gammarus*

*aequicauda* te alge *Enteromorpha flexuosa* i *Ulva lactuca* (Rađa i Rađa, 2012). Na rijeci, osobito na područjima vodozahvata, relativno često provode se istraživanja makrozoobentosa (Rađa i Rađa, 2012). Desetogodišnjim istraživanjem 2000. – 2010. identificirano je 27 vrsta vodenih kukaca u rijeci (Rađa i Šantić, 2014). Ipak, Jadro je najpoznatiji kao stanište endemske pastrve mekousne (Šolić i Šafarek, 2011; Tomljanović, 2014), poznatije i kao solinka (*Salmo obtusirostris salonitana*), koja je u rijeci opstala kao svojevrsan relikv prošliosti (Kramarić i Kramarić, 2023). Prirodni je križanac (hibrid) izvorna oblika mekousne (*Salmo obtusirostris oxyrhynchus*) s potočnom pastrvom (*Salmo trutta*; Tomljanović, 2014). Opisao ju je Stanko Karaman 1956., kao jednu od četiriju vrsta mekousnih (pastrva) u Dalmaciji (Kramarić i Kramarić, 2023). Hrane se zlatnim i zlatnožutim algama skupine *Chrysophyceae* (Kramarić i Kramarić, 2023). Ukupna populacija 2005. procijenjena je na 1150 – 1300 jedinki (Snoj i dr., 2007). Godine 1965. 24 odrasle jedinke preseljene su iz Jadra u Žrnovnicu (Snoj i dr., 2007). Dio gornjega toka Jadra, od vrela do Uvodića mosta, proglašen je 1984. posebnim ihtiološkim rezervatom radi zaštite solinke (Šolić i Šafarek, 2011; Službeni vjesnik, 2014), na ukupno 78 000 m<sup>3</sup> (Rezervat, n. d.).

## 5. Hidrosociologija Jadra

### 5.1. Povijesni pregled

Povoljan geografski smještaj u zaklonu Solinska zaljeva i stalan tok Jadra kao jedan od rijetkih u sušnu području između Cetine i Krke odvijek su bili okosnica ljudske naseljenosti i opstanka u njegovu porijeku, od (e)neolitika do danas (usp. Božić, 1997; Beleš, 2014; Mratović, 2017), što se pokazalo odsudnim za osnutak i razvoj kako Salone, tako i starohrvatskoga Solina (Mimica, 2004). U više od dva tisućljeća stalne čovjekove prisutnosti uz Jadro su obitavali, gradili, trgovali i razvijali se Bulini, Delmati (Iliri), Stari Grci i Rimljani, Avari i Hrvati (usp. Božić, 1997). Kako je Jadro na njihova naselja, živote, običaje i vjerovanja ostavio neizbrisive tragove, tako su i oni utjecali na Jadro u suživotu s i korištenju njime. Koliko je Jadro bio važan za svaki od tih naroda svjedoče i promjene naziva rijeke kroz povijest (Kramarić i Kramarić, 2024): *Salancho* i *Salon* prije grčkih utjecaja, *Iader* u antici ili srednjovjekovlju, a kasnije *Solinska Rika*, *Rika*, *Reka* (v. Sl. 9.) ili *Solinčica* te danas uvriježeni *Jadro*. Ta rječica i danas uvjetuje, utječe na i podržava život u Solinu i širemu području Srednje Dalmacije pa je i danas njezin utjecaj nezamjenjiv u planiranju održiva gospodarska razvitka

(usp. Mikelić, 2021), u skladu s okolišem i povijesno-kulturnom baštinom. Kako već postoji opširna arheološka i historiografska bibliografija o Saloni (usp. Božić, 1997; ur. Durman, 2006; Margeta i Marasović, 2019), kao i o hrvatskome Solinu od narodnih vladara u srednjovjekovlju do danas, tako će naglasak u ovom pregledu biti na ljudskim zahvatima u Jadro za potrebe stanovništva u svakodnevici (vodopskrba, odvodnja, ratarstvo i sl.).



Sl. 9. Tok Jadra na karti Druge vojne izmjere Austro-Ugarske Monarhije (Timár i dr., 2006).

#### 5.1.2. Salonitanska mreža

Smatra se da su na prostoru od Solina do Stobreča prije grčke kolonizacije živjeli tzv. Bulini, a nalazi keramike, posuđa i novca upućuju na razvijenu trgovinu (Grga, 2013). Procjenjuje se da se početkom IV. st. pr. Kr. na ušću Jadra razvija delmatsko naselje s lukom, koju spominje i Strabon, a koja se vjerojatno nalazila u središtu buduće rimske Salone (Božić, 1997). Naselje se krajem II. st. pr. Kr. oziđuje, a na važnosti pred susjednim utvrđenim gradovima osobito dobiva nakon pada Delminiuma, još u istome stoljeću (Božić, 1997). Zajedno su ta utvrđena naselja činila okosnicu buduće *Salonae* – Salone i njezina širega gradskog područja (Božić, 1997; Beleš, 2014). Upravo su Rimljani otišli najdalje u iskorištavanju Jadravih vodnih resursa za vodopskrbu, odvodnju, poljoprivredu i promet za potrebe rastuće Salone, koja je u II. st. brojila 40 – 60 tisuća žitelja (Božić, 1997; Beleš, 2014), dvostruko, ako ne i više doli danas (usp. Mikelić, 2021). Vodna infrastruktura Salone gradila se i proširivala te podržavala njezin razvoj od I. st. pr. Kr. do VII. st. te „iz toga proizlazi da je urbani vodni sustav kvalitetno planiran, građen, održavan i organiziran“ (Margeta i Marasović, 2019, 82). Salona se i gradila planski kako bi se rasporedom i prirodnim, topografskim padom

ulica osiguravala gravitacijska odvodnja voda iz svih dijelova grada do mora (Margeta i Marasović, 2019). U I. st. pr. Kr. izgrađen je *Salonitanski akvedukt* (*conductum de aqua de Salona*) od vrela Jadra do Salone u dužini 5 km, s kapacitetom 450 – 650 l/s pri visini punidbe od 50 cm (Marasović i Margeta, 2017). Akvedukt Dioklecijanove palače (*Dioklecijanov akvedukt*, Sl. 10.), dužine 9,5 km, građen je na prijelazu iz III. u IV. st., a kapaciteta je 356 l/s pri visini punidbe od 72 cm (Marasović i Margeta, 2017). Salonitanski je akvedukt prolazio desnom stranom Jadra, a Dioklecijanov lijevom; salonitanski je bio postavljen uzdužno, a Dioklecijanov bočno/okomito u odnosu na istjecanje vode iz vrela odn. samo vrelo (Marasović i Margeta, 2017) Zajedno su zahvaćali do 1000 l/s, uz pretpostavljenu minimalnu izdašnost od 3000 l/s (Marasović i Margeta, 2017). Vrijedi istaknuti kako salonitanski akvedukt odlikuje znatna krivudavost te je njegova dionica 54 % duža od zračne udaljenosti početne i krajnje točke (Margeta i Marasović, 2019). Dosadašnja arheološka istraživanja pokazala su kako se akvedukti nisu mijenjali, nego su se promjene događale unutar gradskih zidina – proširenja vodoopskrbne raspodjelne mreže (cjevovoda, vodoskoka, vodosprema) i izgradnja novih odvodnih kanala do mora (Margeta i Marasović, 2019). Salonitanski vodni sustav činili su funkcijski međusobno povezani vodoopskrbni te (pod)sustav odvodnje otpadnih i oborinskih (površinskih) voda; drugim riječima, „energetski potencijal glavnog dovodnog kanala unutar granica grada (19 – 14 m. n. m.) je osiguravao potencijalnu energiju za kretanje vode od odvodnog kanala do mjesta istjecanja“ pa se „grad nije mogao širiti iznad kanala već samo ispod kanala do mora, lijevo i desno“ (Margeta i Marasović, 2019, 89). Procjena je kako je salonitanskim kanalom u grad dnevno pritjecalo oko 38 880 m<sup>3</sup>, tj. oko 150 l/stan., što je zadovoljavalo potrebe; kako je vodovod bio protočan zahtijevao je veće količine vode po stanovniku od današnjih sustava (Margeta i Marasović, 2019). „U slučaju Salone uzrečica da 'voda oblikuje grad' u cijelosti vrijedi. Grad je po svemu sudeći u najvećoj mjeri oblikovala voda, slatka voda za piće (izvor Jadro), voda za potrebe poljoprivrede i ribarstva (delta rijeke Jadro) te more kao luka i plovni put“ (Margeta i Marasović, 2019, 96).



**Sl. 10.** Dioklecijanov akvadukt u gornjemu toku Jadra.



### 5.1.3. Hrvatsko srednjovjekovlje

Pretpostavlja se da su prvi mlinovi (vodenice) na Jadru mogli biti izgrađeni već u ilirsko, a gotovo sigurno postojali su u rimsko doba (Knezović, 2007). Knezović (2007, 44-45) ističe: „Mogućnost gradnje vodenica uz Jadro bio je jedan od glavnih razloga zašto su Hrvati tako rano naselili okolicu Salone i tu stvorili jedno od svojih sjedišta.“ Drži se kako mlinovi nisu služili samo za mljevidbu žita, nego i u obradi sukna, a moguće je i da su bili važan izvor poreznih prihoda hrvatskih narodnih vladara (Knezović, 2007). Većina mlinova nalazila se kod Gospina otoka na kojemu se nalazio mauzolej hrvatskih vladara (Knezović, 2007). Epitet „hrvatskoga Jordana“ (Pelivan, 2000; Kramarić i Kramarić, 2024) Jadru je dodijeljen ne samo radi vladarskoga mauzoleja i crkve koju je kraljica Jelena dala podići na Gospinu otoku (Pavličević, 2000) ili samostana benediktinki kojima Zvonimir poklanja mlin (Knezović, 2007), nego i radi važne uloge u hrvatskoj povijesti (pr. solinska bazilika sv. Petra uzima se za mjesto Zvonimirove krunidbe; ur. Durman, 2006), o kojoj svjedoči niz (rano)srednjovjekovnih spomenika (Pelivan, 2000). Na spomenutu Gospinu otoku postoji vrutak kratka toka Gospin bunarić, čija se pitka voda zahvaća stoljećima (Kramarić i Kramarić, 2024). Osim riječna toka, zahvaćala su se i manja obližnja vrela (Kramarić i Kramarić, 2024). Važnost mlinova u (rano)srednjovjekovnu korištenju Jadra vidljiva je „ne samo zato što se radi o vodenom toku s obiljem vode, nego i zato što se njegovi mlinovi nalaze u neposrednoj blizini mora“ (Knezović, 2007, 45). U razdoblju od VII. do XIX. st. naselja uz Jadro opskrbljivala su se kišnicom, vodom iz zdenaca i manjih izvora te izravno iz rijeke, a dio tako zahvaćene vode prevezio se i prodavao u Splitu (Margeta i Marasović, 2017). Za sada nema pronalazaka koji bi upućivali na to da je u navedenu razdoblju vrelo bilo kaptirano za vodoopskrbu (Margeta i Marasović, 2018).

### 5.1.4. Novovjekovna obnova

Tijekom srednjega i novog vijeka glavna usluga ekosustava Jadra bila je snaga vode za potrebe brojnih mlinova (mlinica), koje su radile sve do početka XX. st. (Sl. 11. i 14.) Nekima su poznata i imena („Velika galija“, „Mala mlinica“, „Jankova mlinica“, „Mala i Velika Gabrića“, „Šeketalo“, „Kulini“, „Vapor“, „Dalmacija“, „Rešetalo“, „u Bati“ itd.), a o njihovoj važnosti za mjesno gospodarstvo i život ljudi svjedoči zapis iz 1901. (Barić, 2022, 100): „Otraga dvadesetak godina bilo je velike rađe i dobitaka u tim mlinicama, u kojima imade osamdeset kola. Neprestano su bili krcati vrećama razna žitja, te bi pomlioci čekali po osam dana i više na red. Dosta bi bilo obitelji posjedovati dvadeseti dio mlina, imali bi kruha za cijelu



godinu.“ Prva dozvola za iskorištavanje vode Jadrta u obrtne svrhe izdana je 1832. talijanskomu konzorciju koji je na „predjelu Majdan osnovao željeznu kovnicu, kotlarski obrt, ljevaonicu zvona i sličnih proizvoda“, no tvornica je radila samo nekoliko godina (Barić, 2022, 100). Prvi prijedlog izgradnje splitskog vodovoda iznesen je 1845., a obnova Dioklecijanova akvedukta počela je 1862. te je „vodovod trebao poslužiti za navodnjavanje Splitskog polja te naročito za potrebe splitske željezničke stanice“ (Marasović i Margeta, 2017, 513). Prije obnove, oko 35 % kanala bilo je sačuvano (u njima i žbuka), 25 % je trebalo presvoditi, a 40 % rekonstruirati (Marasović i Margeta, 2017). Radi osiguravanja dotoka voda u kanal i povećanja protoka u vrijeme najnižih vrijednosti, ispred početka kanala izvedena je 1877. – 1880. betonska pregrada (Marasović i Margeta, 2017). Obnovljen Dioklecijanov vodovod pušten je u uporabu 14. ožujka 1880. (Marasović i Margeta, 2017). Za potrebe obnove akvedukta na vrelu Jadrta dovršena je 1886. „zahvatna građevina vodovoda Dioklecijanove palače“, tj. niski prag, čiji se ostatci danas nalaze na jezerskom dnu (Marasović i Margeta, 2017). Poduzetnik Grga Vidović kupuje 1877. bivšu tvornicu s namjerom izgradnje predionice i tkaonice, no zbog nedostatka sredstava pretvara „zapuštenu sljevaonicu gvozdja na 'Majdanu' u veliki moderni hidraulični mlin, a na vrelu rijeke postavlja stroj za drobljenje kamena“ (Barić, 2022, 101). Sinovac Mate Vidović podiže uz mlinicu 1898. tvornicu mraza (leda), koja je prema splitskom Jedinstvu bila „prava blagodat za naš grad i cijelu Dalmaciju, jer nam pruža svaki čas izvrsnog i čistog mraza od dobre i pitke vode našeg Jadrta“ (Barić, 2022, 101). Kako se 1901. splitska Općinska uprava počela zanimati za vode Jadrta ne samo za vodoopskrbu, nego i predlaganu elektrifikaciju, tako je i došlo do prijepora s Vidovićem koji je zahtijevao produljenje koncesije (Barić, 2022). Inače, tadašnje vodoopskrbne potrebe splitske općine iznosile su 600 - 700 l/s (Barić, 2022). Vidović je u pregovorima pristao osigurati dovoljno vode za postizanje potrebne snage (35 KS) za zahvaćanje vode te ograditi i zatvoriti vrelo kako bi se podigla razina vode i osigurao stalni priljev u vodovodni kanal (Barić, 2022, 104). Nakon godina rasprava i otezanja, Vidović je u konačnici svoja prava na Majdan prenio na „Split d. d. za cement portland“, čija se tvornica cementa počela graditi 1908. (Barić, 2022). Istovremeno s izgradnjom tvornice, započela je i izgradnja hidroelektrane „Majdan“ („Vrilo“, Sl. 13.) 170 m nizvodno od vrela (Tvornica, n. d.) za potrebe elektrifikacije Splita (Barić, 2022; Piplović, 2022). Zato je i na desnoj obali vrela izgrađen dovodni kanal kapaciteta 6000 l/s iznad Dioklecijanova akvadukta (Margeta i Marasović, 2018). Elektranu je iskorištavala prirodni pad od 16 m u dva agregata (hidraulične centrale), uz nizvodnju manju elektranu s padom od 3,9 m, s ukupnom snagom svih triju agregata od 1340 kW (Barić, 2022). U okolnim selima (osobito Mravnicama) okupljena su zemljišta i osiguran je izvor kvalitetna lapora (tupine) (Barić, 2022). Tako su djelovale tvornica

cementa „10. kolovoz“ (Cemex) i tvornica betonskih proizvoda „Voljak“ (Sl. 12.), a u njihovu sklopu i tvorničko naselje s kulturnim sadržajima; tvornica na Majdanu bila je jedna od najdugovječnijih u Dalmaciji, a zatvorena je 2020. god. (Tvornica, n. d.) Prije uvođenja same električne rasvjete, izračunato je kako se s oko 1900 l vode iz Jadra može dobiti 304 KS dostatnih za tada procijenjene potrebe (Barić, 2022). U konačnici, u studenome 1911. zasvijetlila je prva električna rasvjeta u Splitu (Piplović, 2022). Na taj je način Jadro imao odsudnu ulogu u energetsom razvoju, industrijalizaciji i osuvremenjavanju Splita.



Sl. 11. – 14. Jedna od mlinica na Jadru (*gore lijevo* i *dolje desno*), napušteno Cemexovo postrojenje kod Mosta Voljak (*gore desno*), Hidroelektrana Majdan (*dolje lijevo*),

#### 5.1.5. Daljnja proširenja u XX. st.

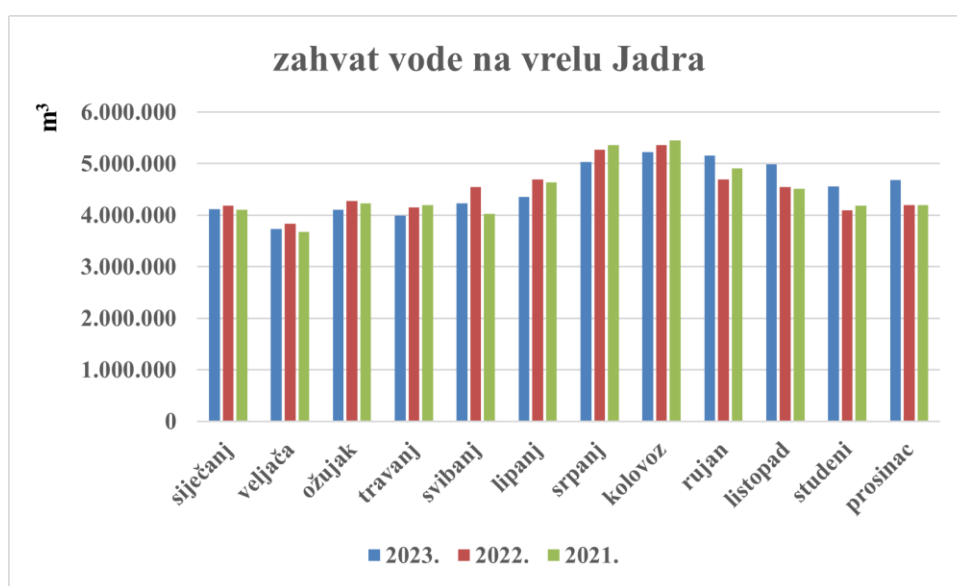
Daljnjim širenjem Splita u uporabu su 1923. i 1924. stavljenja hidroforska postrojenja te je 1927. – 1931. građena crpna stanica Kopilica, u koju se voda dovođila Dioklecijanovim kanalom, a uz koju je modernizirano postrojenje za obradu vode s taložnikom, zahvatnim bazenom i vodospremom (Margeta i Marasović, 2018). Za međuraća (1930. – 1935.) je ispred izvorišta podignuta nova armiranobetonska brana (Marasović i Margeta, 2017). Razdoblje

druge polovine XX. st. obilježava gospodarski razvoj splitskog područja, koji je uvjetovao i proširenja vodoopskrbnoga sustava (Margeta i Marasović, 2018). Nad vrelom je 1946. podignuta zaštitna građevina od odrona s okolnih litica (Marasović i Margeta, 2017). Za vodoopskrbu istočnih dijelova Splita puštene su u rad 1952. godine Crpna stanica Ravne njive (200 l/s) i vodosprema Visoka (500 l/s; Margeta i Marasović, 2018). Prvi prihrani kanal koji povezuje vodospremu Prančevići s HE Zakučac izgrađen je 1962., drugi 1980., a Jadrova voda upravo je putem podzemlja pod utjecajem vode iz brane Prančevići (UNEP, 2000). Vodovodna mreža širila se na područja Solina, Kaštelanskoga zaljeva, otoka i zaleđa (Margeta i Marasović, 2018). Za potrebe tvornice „Jugovinil“ izgrađen je novi betonski kanal maksimalna kapaciteta 2000 l/s, a to je iznos koji je 1958. usklađen s biološkim minimumom Jadra (Marasović i Margeta, 2017). U nastavku kanala prema Splitu (Kunčeve grede-Ravne njive) izgrađen je 1970./’71. azbestno-cementni gravitacijski cjevovod ( $\Phi$  1000 mm; Margeta i Marasović, 2018), a Dioklecijanov kanal ipak je nastavio s radom zbog rastućih potreba Splita i okolice (Marasović i Margeta, 2017). Tih godina prestao je raditi uređaj za obradu vode u Kopilici pa se od tada voda klorira (Margeta i Marasović, 2018). Godine 1978. izgrađen je azbestno-cementni vodovod ( $\Phi$  800 mm) za tadašnju tvornicu „Partizan“ (danas Sv. Juraj; Izvor, n. d.). Od 1979. do 1989. reguliran je uzdužni nagib korita izgradnjom pridnenih poprečnim betonskih pragova (Izvor, n. d.). Devedesetih se uspjelo smanjiti potrošnju vode u vodovodu za oko 35 % (Marasović i Margeta, 2017). Proširenja i povećanja učinkovitosti postignuta su 1998. projektom „EKO – Kaštelanski zaljev“ (Marasović i Margeta, 2017), no bez većih radova na zahvatu izuzev osuvremenja stanice za kloriranje (Margeta i Marasović, 2018).

#### 5.1.6. Današnje stanje vodoopskrbe i vodozahvata

Dioklecijanovim se vodovodom i dalje po potrebi služi na dionici do CS Ravne Njive (Margeta i Marasović, 2018), rekonstruiranoj u dužini 7,45 km, te se na crpnim stanicama Kopilica i Ravne njive voda tlači u pripadajuće vodospreme (Izvor, n. d.). Jasno je kako se vodoopskrba Kaštelanskoga zaljeva temelji na Jadru (UNEP, 2000). Svakodnevno se pitkom vodom iz Jadra opskrbljuje barem 200 000 ljudi u Splitsko-dalmatinskoj županiji (Štambuk-Giljanović, 2002; Kapelj i dr., 2012; Novak, 2023), i to u četiri grada (Splitu, Trogiru, Kaštelima i Solinu) i četirima općinama (Podstrani, Okrugu, Segetu i dijelu Općine Klis; Pročistač, n. d.) putem dvaju prije spomenutih cjevovoda (kanala), Dioklecijanova (propusne moći 550 – 800 l/s) i Novoga betonskog (2000 l/s u gornjemu i 1350 l/s u donjem dijelu; Jukić, 2018). Premda dostupnim podacima (Sl. 15.), zahvat vode na vrelu Jadra zadnjih godina iznosio je oko 4,1

milijuna m<sup>3</sup> mjesečno (ViK, 2024). U sušnom (ljetnom) razdoblju dolazi do povećana zahvaćanja vode iz Jadra pa se tada uzima i do 2,9 m<sup>3</sup>/s mjesto dopuštenih 2 m<sup>3</sup>/s (Visković, 2015). Tako se u kritičnim, ljetnim mjesecima zna odvoditi i preko 50 % prirodna protoka, što nije održivo i povećava pritisak na ekologiju srednjega i donjeg toka (Bonacci, 2012). U lipnju 2020. potpisan je ugovor o sufinanciranju izgradnje uređaja za kondicioniranje (tj. pročištača) vode za ljudsku potrošnju, kapaciteta 2000 l/s, na izvorištu Jadra, za filtraciju zahvaćene vode prije isporuke za potrošnju (Izgradnja, n. d.; Uređaj, n. d.). Početkom svibnja 2023. započela je izgradnja odvodnog i dijela vodoopskrbnog sustava u kliškim naseljima Bačićima, Klis Kosi, Majdanu i središtu Klisa (Šubić, 2023).

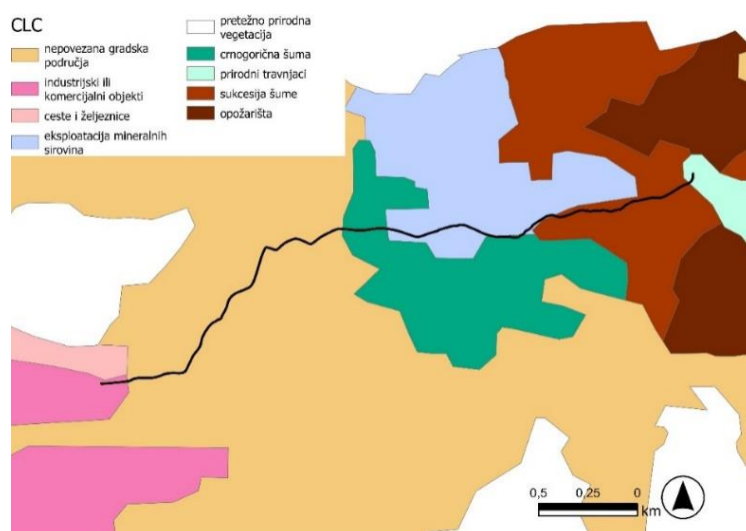


Sl. 15. Količine zahvaćene vode za potrebe vodoopskrbe na vrelu Jadra po mjesecima za 2021., 2022. i 2023. godinu (ViK, 2024).

#### 5.1.7. Antropogeni utjecaji

Razvidno je kako na hidrologiju i hidromorfologiju rijeke, a time i (kakvoću) vodu za vodoopskrbu djeluje nekoliko antropogenih čimbenika. Najvidljiviji pritisak je svakako dinamična urbanizacija vodotoka (Mlakić, 2020; usp. Sl. 22. i 23.) zbog koje je stanje površinskih, ali i podzemnih voda Jadra loše, za što Novak (2023, 27) primijećuje da je „tok rijeke Jadro i njenih bujica velikim dijelom izgubio svoje prirodne funkcije te služi za odvodnju urbanih oborinskih voda“ pri čemu je „najranjivije područje ušća na kojem se zbrajaju sva onečišćenja koja dolaze iz sliva i najveći su rizici od obalnog plavljenja“. To se odnosi na opterećenje dušikom i fosforom iz Jadra u rubne dijelove Bračkoga akvatorija gdje za

smanjenih protoka u sušnim razdobljima količine ukupnoga dušika i fosfora mogu iznositi i desetke puta više od najviših dozvoljenih (Peović, 2019). Kao izvor navedenih hranjivih tvari najčešće se navodi nesavjesnost mjesnoga stanovništva u rješavanju otpadnih voda (septičke jame, divlja odlagališta smeća, nepostojanje kanalizacijske mreže) i prekomjerne ili nesavjesne uporabe pesticida u poljoprivredi (Mlakić, 2018). Uz ove, istraživanja su utvrdila i prisutnost šire lepeze tvari iz lijekova i proizvoda osobne higijene (Šubić, 2023). Ne može se zanemariti ni pritisak prometnica koje prate vodotok uz neizbježan smještaj Jadra u urbaniziranu području, ali i dobra povezanost i blizina središtu Urbane aglomeracije Splita (Mlakić, 2020). U ušću je procijenjena srednja ukupna gustoća prometa 2017. – 2021. na 336 plovila/km<sup>2</sup> (Hrvatske vode, 2023). Osim urbaniziranosti okolice, velik hidromorfološki pritisak jest hidrotehnička uređenost (reguliranost) obale gotovo cijelom dužinom toka (Mlakić, 2020), primjerice gabionima (mrežastim košarama ispunjenima kamenjem) i kamenim blokovima, ali i regulacije uzdužna nagiba rijeke poprečnim betonskim pragovima (Izvor, n. d.). Među pritiscima treba navesti i turističko-rekreacijske sadržaje na samomu izvorištu (obiteljsko izletišta) i donjemu toku: uz vrelo je 2015. – 2021. proveden projekt vrednovanja izvorišta Jadra preinakom bunkera iz II. svjetskog rata u interpretacijski centar mekousne (Jadro izletišta, n. d.), postavljanjem informativnih ploča, uređenjem vježbališta i sadržaja za osobe s poteškoćama revitalizacijom tupinoloma, čime se osigurava prihvata posjetitelja, ali i nadzire i ograničava njihov broj unutar obuhvat područja strogoga rezervata (Mlakić, 2020). Od prirodnih pritiska povremeno se javlja mutnoća uzrokovana spojem vremenskih uvjeta i prirode krških izvora (Pročistač, n. d.).



**Sl. 16.** Načini korištenja zemljišta metodologijom CLC-a (*Corine Land Cover*) uz tok Jadra.

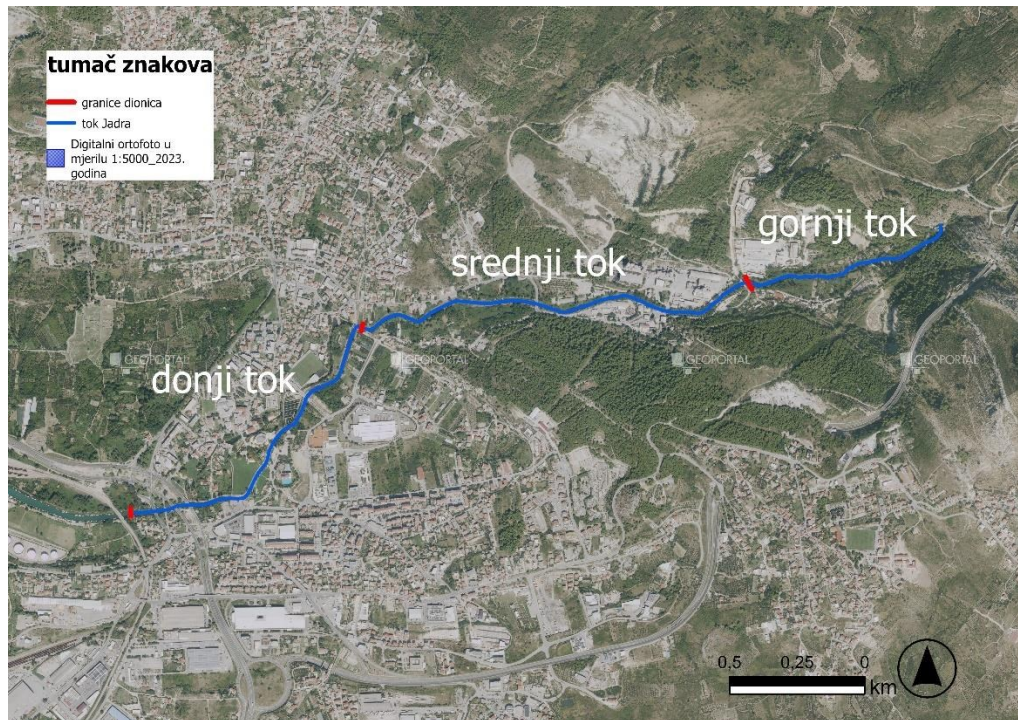
## 6. Hidromorfološka ocjena

Stanje svih triju propisanih hidromorfoloških sastavnica Jadra (hidrološki režim, kontinuitet toka i morfološki uvjeti) već je prigodom ulaska Hrvatske u Europsku uniju (uredba NN 73/2013) (pr)ocijenjeno kao vrlo loše, a ista je neprolazna ocjena dana i temeljem analiza opterećenja i utjecaja za 2018., 2021. godinu, ali i za nakon 2021. godine, uz napomenu kako, pod tadašnjim opterećenjima, vodno tijelo ne postiže ciljeve zaštite okoliša (usp. Jukić, 2018). Osim hidromorfološkoga, i ekološko stanje rijeke (pr)ocijenjeno je kao vrlo loše, dok su kemijsko stanje, biološke sastavnice kakvoće, fizikalno-kemijski pokazatelji i specifične onečišćujuće tvari dobile okolišno zadovoljavajuće, dobre ocjene (usp. Jukić, 2018).

Prethodnom kabinetskom pripremom, na temelju daljinskih i kartografskih izvora, rijeka je podijeljena na tri odsječka (dionice) odn. gornji, srednji i donji tok (usp. 2.2.; Sl. 17.). Granične pregrade pribrajane su nizvodnoj dionici. Terenskim izvidima prijeđena je cijela rijeka u dužini njezina toka, pri čemu su, shodno stanju na terenu, odabrane tri ljudske vodotehničke intervencije u vodotoku (u srednjemu toku i na prijelazu u donji tok), čijom bi se sanacijom moglo pridonijeti revitalizaciji hidromorfologije Jadra. Nadalje, na terenu i nakon njega rijeka je hidromorfološki vrednovana (v. 2.2.), a rezultati su za svaku dionicu (v. Tab. 1. – 3.) i cijelu rijeku (v. Tab. 4.). U odlomku 4.2.4. dan je pregled toka s glavnim hidrološkim obilježjima. U trenutno važećemu *Planu upravljanja vodnim područjima Hrvatskih voda*, za Jadro se navode dvije mjere (Hrvatske vode, 2023, 499-500): „osigurati longitudinalnu povezanost vodotoka prilagodbom postojećih pregrada u koritu te, gdje je to moguće, uklanjanjem pregrada/hidrotehničkih objekata koji više nisu u funkciji“ i „očuvati pojas riparijske vegetacije uz vodotoke u pojasu širine najmanje 2 metra“, a „na dijelovima obale bez riparijske vegetacije, uspostaviti je barem s jedne strane rijeke u pojasu od najmanje 2 metra širine“. Tim smjernicama vodilo se i u provedbi istraživanja i vrednovanja.



## 6.1. Ocjene po odsječcima (dionicama)



Sl. 17. Podjela toka Jadr po dionicama na ortofotu Hrvatske (DGU, 2023).

### 6.1.1. Gornji tok

Dionica gornjega toka proteže se od vrela do od prilike Mosta Vojak. Ukupno hidromorfološko stanje ocijenjeno je kao *neznatno promijenjeno* (v. Tab. 1, Sl. 18.). Stanje hidrološkoga režima je najmanje promijenjeno u odnosu na ostale dionice. Protok je umjereno promijenjen (vodoopskrba), a oko 41 % duljine dionice ima promijenjenu dinamiku toka. Iz stanja na terenu i dosad iznesenih saznanja, procjena je kako mala derivacijska protočna Hidroelektrana Vrilo (1,2 MW) uz samo vrelo nema većega utjecaja (usp. Hrvatske vode, 2023), kao ni hidrotehnički zahvati na njemu s kraja XIX. i početka XX. st. (opisani u 5.1.3.), uzevši u obzir njihov razmjer. Uzdužna povezanost ocijenjena je najpovoljnijom ocjenom (1,00) jer hidrotehnički zahvati nemaju znatnijega utjecaja niti na selidbu riba, ni na slobodan tijek sedimenta (Sl. 21.). Morfologija gornjega toka odražava prirodnost geometrije korita, gotovo bez promjena u tlocrtnom obliku, no oko 30 % duljine dionice s promijenjenim presjekom korita. U koritu nema puno tvrdih umjetnih materijala (izuzev Sl. 19.), a i mješavina sedimenta je gotovo prirodna. Erozijsko-taložni elementi pokazuju umjereno odstupanje od prirodna stanja. Obalna (riprarijska) vegetacija je gotovo prirodna i prevladava drvenasto bilje



(Sl. 19.), no korištenje zemljišta je nepovoljnije ocijenjeno zbog oko trećine neprirodna zemljišna pokriva iza obalna pojasa. Bočna (lateralna) povezanost i moguća plavljenja su djelomično ograničena.



Sl. 18. – 21. Gornji tok (*gore lijevo*), kameni nabačaji na desnoj obali kod Voljaka (*gore desno*), pogled na tok s Voljaka (*dolje lijevo*) i ustava izvan funkcije kod Voljaka (*dolje desno*).

#### 6.1.2. Srednji tok

Protezanje srednjega toka određeno je od Mosta Voljak do tzv. Šljukice. Za razliku od prethodne dionice, ukupno hidromorfološko stanje ovoga odsječka ocijenjeno je kao *promijenjeno u velikoj mjeri* (v. Tab. 2). Shodno tomu, hidrološki je režim znatnije izmijenjen u odnosu na uzvodniji tok, s oko 30 % duljine dionice s promijenjenom dinamikom toka, kao i protok i povezanost površinskih i podzemnih voda. Uzdužna povezanost je loša jer hidrotehničke građevine u vodotoku utječu na selidbu riba i pronos sedimenta. Morfologija je isto tako ocijenjena znatnije promijenjenom (Sl. 22. i 23.), uzevši u obzir kako je na oko 35 % duljine izmijenjen tlocrtni oblik, a na čak 94 % toka korito u uzdužnu i poprečnu presjeku.



Znatan je udjel tvrdih umjetnih materijala i u koritu (oko 34 %) i na obalama (oko 65 %), dok je sastav sedimenta djelomično neprirodan. Vodeno raslinje uz korito se kosi, no većinu riparija (55 %) čine umjetni, građevinski materijali, što se nastavlja i u poplavnoj zoni udaljavanjem od samoga vodotoka gdje je zatečeno oko 65 % neprirodna zemljišna pokrova. Odstupanje erozijsko-sedimentacijskih elemenata je veliko u odnosu na prirodno stanje. Za interakcije korita i poplavna područja može se pretpostaviti da su uvelike utjecane vodotehničkim zahvatima.



Sl. 22. i 23. Primjeri regulacija obale: betonirana lijeva obala i kameni nabačaj na desnoj obali rijeke nizvodno od hidrološke stanice Jadro-Majdan (*lijevo*) te pogled nizvodno sa sličnim obrascem (*desno*).

### 6.1.3. Donji tok

Odsječak koji je označen kao donji tok Jadra protječe od Šljukice do ušća u Jadran. Ovaj odsječak ima uvjerljivo najlošiju ocjenu ukupna hidromorfološka stanja, naime, *izrazito promijenjeno stanje* (v. Tab. 3), koje je odraz urbaniziranosti i regulacijskih mjera u toku (Sl. 24. i 25.). Stanje hidromorfološka režima je nepovoljno jer je 98 % dužine odsječka promijenjene dinamike toka, uz umjerene promjene u protoku. Uzdužna povezanost ove dionice ocijenjena je najlošijom mogućom ocjenom (5,00) zbog utjecaja vodotehničkih objekata na selidbu riba i pronos sedimenta. Nadalje, morfologija je isto tako ocijenjena vrlo nepovoljno jer oko 82 % toka ima promijenjen tlocrtni oblik, a 90 % i presjek korita. Ispod vodnog lica procijenjeno je oko 20 % tvrdog materijala, a na obalama gotovo 85 %. Sedimentna mješavina u koritu je djelomično promijenjena. Erozijsko-sedimentacijski elementi pokazuju velika

odstupanja od prirodna stanja, a u ripariju je zabilježeno više od 55 % antropogene strukture, dok je na oko tri četvrtine površine poplavne zone neprirodan zemljišni pokrov. Lateralna povezanost rijeke i poplavna područja te stupanj lateralna kretanja korita također su ocijenjeni najlošijim ocjenama.



Sl. 24. i 25. Donji tok Jadra kod crkve Gospe od Otoka.

#### 6.1.4. Ukupna ocjena toka

Ocjena za cijelu rijeka donesena je u Tab. 4. i glasi: *stanje promijenjeno u velikoj mjeri*. Sve tri skupine elemenata (hidrologija, uzdužna povezanost i morfologija) imaju relativno loše ocjene. Naime, na oko 55 % duljine toka rijeke zabilježene su promjene obilježja toka, pri čemu je na više od tri četvrtine toka uočena promjena presjeka korita, a na oko 43 % i izmjene tlocrtna oblika. Na oko 61 % duljine toka uz obalu zabilježeni su tvrdi materijali te je oko dvije trećine riparija umjetno. U naplavnoj ravnici je oko 68 % neprirodna zemljišna pokrova.

#### 6.1.5. Predložene revitalizacijske mjere

Vodeći se pristupom DPSIR-a (objašnjen u 2.3.1.), u dosadašnjem su dijelovima rada uvelike opisana prva četiri činitelja. Pokretači su u velikoj mjeri antropogeni (ljudski), a u manjoj prirodni (npr. klimatski), pritisci su tisućljetna ljudska naseljenost (v. 5. poglavlje) i gospodarske djelatnosti (v. pr. 5.1.4. i 5.1.5.) te njihove posljedice na Jadro i okružujući prostor (pr. onečišćenje, promet, turizam). Stanje je relativno loše zadnjih nekoliko godina (usp. Jukić, 2018), što je i potvrđeno ovim istraživanjem, odnosno, provedenim hidromorfološkim vrednovanjem (v. 6.1.4.). Prevladavaju antropogeni utjecaji (v. 5.1.6.), što i ne iznenađuje uzevši u obzir cjelokupnu dinamiku istraživana prostora. Po provedenu terenskom istraživanju i hidromorfološkom ocjenjivanju ovim se radom predlažu revitalizacijske mjere na trima lokalitetima, koje su i konačan cilj provedbe ovoga istraživanja, a valja ih razmatrati u sklopu širega zajedničkog hidroekološkog projekta Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije Republike Hrvatske, Hrvatskih voda, Prirodoslovno-matematičkoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Javne ustanove More i krš Splitsko-dalmatinske županije „Improve River LIFE“, koji je trenutno u provedbi (usp. Improve, n. d.).

Predložene mjere odnose se na uklanjanje ili prilagodbu hidrotehničkih intervencija tj. objekata u koritu, a za koje je utvrđeno da znatno utječu kako na hidromorfologiju, tako i na ekološki cilj razmatran prethodno spomenutim projektom – neometanu migraciju riba, posebice ciljne vrste mekousne. Prvi takav objekt je prelijevajuća stuba na prijelazu iz gornjega u donji tok, kod hidrološke stanice Jadro-Majdan (Sl. 26.), za koju je razvidno kako otežava uzvodno kretanje ribama, dok sam prag pak utječe i na taloženje sedimenata uzvodno smanjivanjem erozijskoga djelovanja riječna toka. Ovu pregradu moguće je prilagoditi snižavanjem krune brane te dodavanjem krupnijeg sedimenta nizvodno kako bi se dijelom zadržala funkcija zaštite od erozijskoga djelovanja vode te omogućila uzvodna selidba (migracija) riba.



**Sl. 26.** Stuba kod hidrološke stanice.

Nizvodnije, u srednjem toku, u već vidljivo urbaniziranijemu dijelu (Sl. 27.), nedaleko od stuba izgrađenih iznad vodoopskrbnih cijevi (Sl. 28.) nalazi se stuba za uspor (Sl. 29.), s pružanjem u širini cijeloga toka (od jedne do druge obale), koja itekako utječe na hidromorfologiju i dinamiku toka. Procijenjeno je kako bi njezino uklanjanje pomoglo migraciji ciljne vrste, a moguće manje ubrzanje toka vjerojatno ne bi narušilo hidrodinamiku u širem razmjeru (izvan toga mikrolokaliteta). No, osim stuba, u koritu je primijećen i kameni nabačaj (Sl. 30.), oblika otočića, koji bi se mogao sanirati, no ovim se radom to ne predlaže kao nužna mjera obnove. Nabačaji su vidljivi i uz obalu (Sl. 27.). Na naplavnoj ravnici lijeve obale vidljiv je vjerojatni ostatak negdašnjega meandra (Sl. 34.), čije se pretpostavljeno pružanje može teoretizirati i na starijim zemljovidima (pr. austrijskim vojnim izmjerama; usp. Timár i dr., 2006). Za moguću djelomičnu restauraciju meandra (kao dodatnoga povoljnog staništa) potrebno je dodatno istraživanje, temeljeno na praćenju hidrotehničkih zahvata od druge polovine XIX. st., podkrijepljeno terenskim mjerenjima i izvidima kao i poželjnom izradom hidrodinamičkoga modela i modela staništa.





Sl. 27. – 30. Srednji tok Jadra (*gore lijevo*), stube iznad vodovodnih cijevi (*gore desno*), stuba za uspor (*dolje lijevo*) i kameni nabačaj u koritu (*dolje desno*).

Konačno, kod lokaliteta Šljukica, na prijelazu iz srednjega u donji tok, vrlo veliki utjecaj na hidrodinamiku imaju taložnice (Sl. 31. i 32.), koje uvelike zadržavaju sediment otežavajući njegov slobodan pronos tečenjem rijeke. Naravno, one mehanički i otežavaju uzvodnu migraciju organizama.



Sl. 31. i 32. Taložnice kod Šljukice.



Osim samih taložnica, na tom se dijelu glavnome toku povremeno ulijevaju i vode koje s desne obale dolaze kanaliziranim „pritokom“, odvodnim kanalom (Sl. 33.). Kao i u slučaju prijespomenuta meandra, za sanaciju tog kanala bilo bi potrebno zasebno istraživanje i pristup. Ovaj lokalitet predstavlja najveći izazov za prilagodbu jer se radi o složenoj hidrotehničkoj strukturi.



**Sl. 33.** Desni, kanalizirani „pritok“ Jadra kod Šljukice.



**Sl. 34.** Naplavna ravnica u srednjem toku.

## 7. Zaključak

Kao što je i navedeno u metodologiji (v. 2.) i vidljivo rezultatima istraživanja (v. 6. i Tab. 1. – 4.), postignuti su glavni ciljevi istraživanja: terensko istraživanje Jadrta, opis geografskih i hidroloških obilježja te hidromorfološko vrednovanje riječnoga toka radi iznošenja prijedloga revitalizacije i poboljšanja hidroekološkoga stanja rijeke, koje je prije svega nužno za očuvanje endema mekousne i održavanje ekološke ravnoteže. Samo istraživanje je ograničeno i sigurno ima svojih nedostataka, a za daljnju revitalizaciju Jadrta svakako je potrebno proširiti obuhvat (metoda) istraživanja; primjerice, u hidromorfološko vrednovanje moglo bi se uključiti procjena količine nataložena sedimenta terenskim i daljinskim mjerenjima, važna za uklanjanje pregrada (usp. Čanjevac i dr., 2022), mjerenje fizikalno-kemijskih pokazatelja kakvoća voda i onečišćivala, geoekološko vrednovanje korita i naplavne ravnice (ocjene fizičke i estetske pogodnosti, rekreacijskoga potencijala i dr.), hidrodinamičko modeliranje itd. Bilo bi višestruko korisno kada bi se na Jadru provodila redovita sveobuhvatna i dugogodišnja (tzv. longitudinalna) istraživanja, ne samo za njegovu hidroekologiju, nego i za mjesno stanovništvo, za razvoj održiva korištenja uslugama ekosustava koje Jadro i njegovo naplavno područje pružaju (poljoprivreda, turizam). Uzevši u obzir vodooskrbnu važnost Jadrta, ali i njegovu ranjivost u vidu smanjenih vodnih kapaciteta za sušnih, ljetnih mjeseci, kako prirodnu (niski protoci vrela), tako i antropogeno potaknutu (pritisak na vodoopskrbu radi turizma; usp. Bonacci, 2012), za opstojnost vododoopskrbe u cetinskome poriječju nužno je tražiti i zamjenske izvore, za osiguravanje dodatnih količina pitke i tehnološke vode po potrebi (pr. vrela Ruda i Pantan; Mlakić, 2020). Što se tiče sama Jadrtova toka, koji je neraskidivo vezan uz šireće urbanizirano područje Solina i splitske okolice, dugoročno bi trebalo težiti integralnu upravljanju prostorom: preispitati mogućnosti odmaka gradnje od same rijeke tj. izmješati gradnju iz naplavne ravnice (Marasović i Margeta, 2017), primijeniti tzv. zelena rješenja na kritičnim točkama (pr. ušću), a urbana područja u poriječju oblikovati po načelima „osjetljivosti na vodu“ (Novak, 2023). Izmicanjima vodozahvatnih objekata iz glavnoga toka, neka od kojih su i predložena ovim istraživanjem (v. 6.1.5.), zahvaćala bi se voda veće kakvoće, a i sami bi zahvati bili zaštićeniji od razornih djelovanja fluvioerozijskih procesa (Marasović i Margeta, 2017). Primjena ovakvoga pristupa nužna je zbog smještaja u propusnome kršu, ranjivomu na onečišćenja, kao i spomenute urbanizacije poriječja i ostalih pritisaka i utjecaja već raspravljanih u radu (v. 5.1.6.). U svim tim nastojanjima treba obvezno uključivati i mjesno stanovništvo, ne samo radi podizanja svijesti i obrazovanja, nego i održiva suživota s rijekom i njezinim živim svijetom.

## 8. Prilozi

**Tab. 1. Hidromorfološka ocjena gornjega toka.**

NAZIV: JADRO IZ OVRHOSVETVOLJAK		KOMENTAR (TOČNI POSTOJ)	
ŠIRINA BIERNE POSTAJE			
ŠIRINA VODNOG TJELEA			
TIP			
Ocjena		Odsječak	
3.33		Obrazloženje	
<b>Hidromorfološko obilježje koje se ocjenjuje</b>			
<b>1. Hidrologija (hidrološki režim)</b>			
1.1. Učinak umjetnih građevina u koritu unutar dionice	A	4	35-75% dužine dionice s promijenjenom dinamikom (obilježjima) toka
1.2. Učinak promjena širine silva na karakter prirodnog toka	B	3	Protok je umjereno promijenjen
1.3. Učinak promjene u dnevnom protoku	A	NC	Elemente se ne ocjenjuje jer nema promjena u dnevnom protoku vodnog tijela odnosno nema hidrocentrale
1.4. Utjecaj građevina i zahvata na povezanost podzemnih i površinskih voda	B	3	Postoji utjecaj na povezanost - tok je umjereno produktivan, djelomično utvrđen ili povišen razina vodotoka
<b>2. Uzdužna povezanost</b>		<b>1.00</b>	
2.1. Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina s aspekta migracije riba	B	1	Nema hidrotehničkih građevina ili ako su prisutne nemaju utjecaja na slobodu migraciju biote (riba i dr.)
2.2. Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina s aspekta tijeka sedimenta	B	1	Nema hidrotehničkih građevina ili ako su prisutne nemaju utjecaja na slobodni tijek sedimenta
<b>3. Morfologija</b>		<b>2.75</b>	
<b>3.1. Geometrija korita</b>			
3.1.1. Točtni odlik	A	1	0-5% dužine dionice s promijenjenim točtnim oblikom
3.1.2. Presjek korita (uzdužni i poprečni presjek)	A	3	15-35% dužine dionice s promijenjenim presjekom korita
<b>3.2. Podloge</b>			
3.2.1. Količina umjetnih tvrdih materijala ispod vodnog lica	A	3	5-15% tvrdog umjetnog materijala
3.2.2. Prirodnost sedimenta na istraženom odsjeku	B	1	Gotovo prirodna mješavina
3.2.3. Struktura sedimenta i promjene na pokosu obale odsjeka i vodnog tijela	A	3	Obale pod utjecajem > 15-35% teških, ili > 50-100% mekih materijala
<b>3.3. Vegetacija i organski ostaci u koritu</b>			
3.3.1. Uklanjanje/održavanje vodene vegetacije na odsjeku i vodnom tijelu	B	1	Vodena vegetacija se ne uklanja iz korita
3.3.2. Količina drevnih ostataka, na odsjeku i vodnom tijelu (ukoliko se isti očekuju)	B	1	Gotovo prirodna količina i veličina drevnih ostataka, nema aktivnog uklanjanja ili dotavljanja
3.3.3. Obilježja erozije/tačenja na odsjeku i vodnom tijelu	B	3	Elementi erozije/tačenja očituju umjereno odsutnost, parje od gotovo prirodnog stanja (odsutno 10% do 50% očiglednih elemenata)
3.3.4. Vrsnost/skultura vegetacije na obalama i na dnom zemljištu unutar zadane bufer zone (10m) na odsjeku i vodnom tijelu	A	2	60-80% drevnaste vegetacije, ostalo čini zeljasta vegetacija. Nema prisutnosti umjetnih materijala (beton, asfalt, metalizam, šljunak...)
3.3.5. Korištenje zemljišta (u prirodnoj poplavnoj zoni) i s time povezana obilježja na odsjeku i vodnom tijelu	A	3	15-35% neprirodnog zemljišnog pokrivača obalnog pojasa
<b>3.4. Interakcija između korita i poplavnog područja</b>			
3.4.1. lateralna povezanost (tjeka i poplavnog područja (dužinski iznos) na cijelom vodnom tijelu	E	3	15-35% vodnog tijela pod utjecajem naspila ili ostalih mjera koje sprječavaju plavljenje poplavnog područja (npr. regulacija korita i obale)
3.4.2. Stupanj lateralnog kretanja ijskog korita	A	3	15-35% odsjeka ograničeno
<b>UKUPNA OCJENA ODSJEKA I VODNOG TJELEA</b>		<b>2.29</b>	
<b>KATEGORIJA VODNOG TJELEA</b>		Prirodno	
		Stajfna zasađ B metodologija	
		Prepisano iz 3.2.3. (početna veličina na terenu)	
		33,55% neprirodnog zemljišnog pokrivača obalnog pojasa	
		67,38% drevnaste vegetacije, 26,66% zeljaste vegetacije, 5,96% umjetnog materijala	



Tab. 2. Hidromorfološka ocjena srednjega toka.

NAZIV: JADRO MOST VOLJAK-ŠLUKICA				Komentari (točni postoci)
Šifra mjerne postaje				
Šifra vodnog tijela				
TIP				
Hidromorfološko obilježje koje se ocjenjuje	Ocjena	Odsječak		
	3,00	Obrazloženje		
1.1. Učinci umjetnih građevina u koritu unutar dionice	A	3	15 - 35% dužine dionice promijenjenom dinamikom (obilježjima) toka	29,88 % dužine dionice s promijenjenom dinamikom (obilježjima) toka
1.2. Učinci promjena širom siiva na karakter prirodnog toka	B	3	Protok je umjeren promijenjen	
1.3. Učinci promjene u dnevnom protoku	A	N.O	Element se ne ocjenjuje jer nema promjena u dnevnom protoku vodnog tijela odnosno nema hidrocentrala	
1.4. Utjecaj građevina i zahvata na povezanost podzemnih i površinskih voda	B	3	postoji utjecaj na povezanost – tok je umjereni produbljen, djelomično utvrđen ili povišena razina vodnog lica vodotoka	
<b>2. Uzdužna povezanost</b>				
2.1. Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina s aspekta migracije riba	B	5	Hidrotehničke građevine sprječavaju migraciju biote (riba i dr.)	
2.2. Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina s aspekta tijeka sedimenta	B	3	Hidrotehničke građevine djelomično utječu na tijek sedimenta	
<b>3. Morfologija</b>				
3.1. Geometrija korita				
3.1.1. Tlocrtni oblik	A	4	35 - 75% dužine dionice s promijenjenim tlocrtnim oblikom	35,45 % dužine dionice s promijenjenim tlocrtnim oblikom
3.1.2. Presjek korita (uzdužni i poprečni presjek)	A	5	>75% dužine dionice s promijenjenim presjekom korita	94,92 % dužine dionice s promijenjenim presjekom korita
<b>3.2. Podloge</b>				
3.2.1. Količina umjetnih tvrdih materijala ispod vodnog lica	A	5	30% tvrdog umjetnog materijala	34,43 % tvrdog umjetnog materijala
3.2.2. Prirodnost sedimenta na istraživanom odsječku	B	3	Prirodna mješavina / značajka umjereni promiješana	
3.2.3. Struktura sedimenta i promjene na pokosu obale odsječka i vodnog tijela	A	4	Obale pod utjecajem > 35 - 75% teških tvrdih materijala	65,72 % tvrdog materijala, 34,28 % mekog materijala
<b>3.3. Vegetacija i organski ostaci u koritu</b>				
3.3.1. Uklanjanje/održavanje vodene vegetacije na odsječku i vodnom tijelu	B	3	Vodena vegetacija se održava košnjom u koritu	
3.3.2. Količina drvenih ostataka, na odsječku i vodnom tijelu (ukoliko se isti očekuju)	B	3	Količina i veličina drvenih ostataka je neznatno do umjereni promijenjena, povremeno aktivno uklanjanje ili dodavanje	
3.3.3. Obilježja erozije/taloženja na odsječku i vodnom tijelu	B	5	Elementi erozije/taloženja odražavaju veliko odstupanje od gotovo prirodnog stanja (odsutno ≥ 50% očekivanih elemenata)	
3.3.4. Vrsta/struktura vegetacije na obalama i na okolnom zemljištu unutar zadane buffer zone (10 m) na odsječku i vodnom tijelu	A	4	20 - 40 % drvenaste vegetacije, ostalo čini zeljasta vegetacija ili je prisutno 25 - 50% umjetnih materijala (beton, asfalt, makadam, šljunak...)	31,17 % drvenasto, 38,29% zeljasto, 30,55 % umjetno antropogeno
3.3.5. Korištenje zemljišta (u prirodnoj poplavnjivoj zoni) i s time povezana obilježja na odsječku i vodnom tijelu	A	4	35 - 75% neprirodnog zemljišnog pokriva iza obalnog pojasa	65,45% neprirodnog zemljišnog pokriva
<b>3.4. Interakcija između korita i poplavnog područja</b>				
3.4.1. Lateralna povezanost rijeke i poplavnog područja (dužinski/iznos) na cijelom vodnom tijelu	B	5	> 75% vodnog tijela pod utjecajem nasipa ili ostalih mjera koje sprječavaju plavljenje poplavnog područja (npr. regulacija korita i obale)	Stavljena zasad B metodologija
3.4.2. Stupanj lateralnog kretanja riječnog korita	A	4	>75% odsječka ograničeno starije promiješana u velikoj mjeri	Prepisano iz 3.2.3. (potrebna validacija na terenu)
<b>UKUPNA OCJENA ODSJEČKA / VODNO TIJELO</b>				
3,88				
<b>KATEGORIJA VODNOG TIJELA</b>				

Tab. 3. Hidromorfološka ocjena donjega toka.

		NAZIV: JADRO ŠLUKICA-UŠĆE		KOMENTARI (TOČNI POSTOCI)	
		ŠIFRA MIERNE POSTAJE			
		ŠIFRA VODNOG TIJELA			
		TIP			
		Ocjena		Odsječak	
		4,33		Obrazloženje	
<b>Hidromorfološko obilježje koje se ocjenjuje</b>					
<b>1. Hidrologija (hidrološki režim)</b>					
1.1. Učinci umjetnih građevina u koritu unutar dionice	A	5	>75% dužine dionice s promijenjenom dinamikom (obilježjima) toka	98,21 % dužine dionice s promijenjenom dinamikom (obilježjima) toka	
1.2. Učinci promjena širom sliva na karakter prirodno toka	B	3	Protok je umjereno promijenjen		
1.3. Učinci promjene u dnevnom protoku	A	N.O	Element se ne ocjenjuje jer nema promjena u dnevnom protoku vodnog tijela odnosno nema hidrocentrala		
1.4. Utjecaj građevina i zahvata na povezanost podzemnih i površinskih voda	B	5	tok je većnom dužine značajno produbljen, utvrđen ili povišena razina vodnog lica vodotoka		
<b>2. Uzdužna povezanost</b>					
2.1. Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina s aspekta migracije riba	B	5	Hidrotehničke građevine sprječavaju migraciju biote (riba i dr.)		
2.2. Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina s aspekta tije ka sedimenta	B	5	Hidrotehničke građevine sprječavaju tijek sedimenta		
<b>3. Morfoloģija</b>					
<b>3.1. Geometrija korita</b>					
3.1.1. Tlocrtni oblik	A	5	>75% dužine dionice s promijenjenim tlocrtnim oblikom	82,23 % dužine dionice s promijenjenim tlocrtnim oblikom	
3.1.2. Presjek korita (uzdužni i poprečni presjek)	A	5	>75% dužine dionice s promijenjenim presjekom korita	90,26% dužine dionice s promijenjenim presjekom korita	
<b>3.2. Podloge</b>					
3.2.1. Količina umjetnih tvrdih materijala ispod vodnog lica	A	4	15 - 30% tvrdog umjetnog materijala	20, 76 % tvrdog materijala	
3.2.2. Prirodnost sedimenta na istraživanom odsječku	B	3	Prirodna mješavina/znatjaka umjereno promijenjena		
3.2.3. Struktura sedimenta i promjene na pokosu obale odsječaka i vodnog tijela	A	5	Obale pod utjecajem > 75% teških tvrdih materijala	84,83 % tvrdog materijala, 2,42 % mekog materijala	
<b>3.3. Vegetacija i organski ostaci u koritu</b>					
3.3.1. Uklanjanje/održavanje vodene vegetacije na odsječku i vodnom tijelu	B	3	Vodena vegetacija se održava košnjom u koritu		
3.3.2. Količina drvenih ostataka, na odsječku i vodnom tijelu (ukoliko se isti očekuju)	B	5	Količina i veličina drvenih ostataka je u velikoj mjeri promijenjena, redovno aktivno uklanjanje ili dodavanje		
3.3.3. Obilježja erozije/taloženja na odsječku i vodnom tijelu	B	5	Elementi erozije/taloženja odražavaju veliko odstupanje od gotovo prirodnog stanja (odsutno ≥ 50% očekivanih elemenata)		
3.3.4. Vrsta/struktura vegetacije na obalama i na okolnom zemljištu unutar zadane buffer zone (10 m) na odsječku i vodnom tijelu	A	5	<20% drvenaste vegetacije, ostalo čini zeljasta vegetacija ili je prisutno > 50% umjetnih materijala (beton, asfalt, makadam, šljunak...)	12, 73 % drvenasto, 31, 15 zeljasto, 56, 12 antropogeno umjetno	
3.3.5. Korištenje zemljišta (u prirodnoj poplavnoj zoni) i s time povezana obilježja na odsječku i vodnom tijelu	A	5	>75% neprirodnog zemljišnog pokriva iza obalnog pojasa	75,5 % neprirodnog zemljišnog pokriva	
<b>3.4. Interakcija između korita i poplavnog područja</b>					
3.4.1. Lateralna povezanost rijeke i poplavnog područja (dužinski iznos na cijelom vodnom tijelu)	B	5	> 75% vodnog tijela pod utjecajem nasipa ili ostalih mjera koje sprječavaju plavljenje poplavnog područja (npr. regulacija korita i obale)	Stavljana zasad B metodologija	
3.4.2. Stupanj lateralnog kretanja riječnog korita	A	5	>75% odsjeka ograničeno	Prepisano iz 3.2.3. (potrebna validacija na terenu)	
<b>UKUPNA OCJENA ODSJEČKA / VODNO TIJELO</b>		<b>4,59</b>		<b>Izrazito promijenjeno stanje</b>	
<b>KATEGORIJA VODNOG TIJELA</b>		<b>Prirodno</b>			

Tab. 4. Hidromorfološka ocjena za cjelokupnu rijeku.

NAZIV/JADRO		ŠIFRA I MERNE POSTAJE		TP	Ocjena	Odsječak	Obrazloženje	KOMENTAR (TOČNI POSTOJK)
ŠIFRA I MERNE POSTAJE		ŠIFRA VODNOG TIJELA						
<b>Hidromorfološko obilježje koje se ocjenuje</b>								
<b>1. Hidrologija (hidrološki režim)</b>								
1.1. Učinak umjetnih građevina u koritu unutar dionice	A	4			3,67		35 - 75% dužine dionice s promijenjenom dinamikom (obilježjima) toka	55,17% dužine dionice s promijenjenom dinamikom (obilježjima) toka
1.2. Učinak promjenašom silva na karakter prirodno protoka	B	3					Protok je umjeren promijenjen	
1.3. Učinak promjene udelnog protoka	A	NO					Element se ne ocjenuje jer nema promjena u dnevnom protoku vodnog tijela odnosno nema hidrocentrale	
1.4. Utjecaj građevina i zahvata na povezanost podzemnih i površinskih voda	B	4					Postoji utjecaj nepovezanost – tok je umjeren produbljen, djelomično umrđen ili povišena razina vodnog lica vodotoka	
<b>2. Uzdužna povezanost</b>								
2.1. Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina s aspekta migracije riba	B	4					Hidrotehničke građevine sprječavaju migraciju biote (riba i dr.)	
2.2. Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina s aspekta tijeka sedimenta	B	3					Hidrotehničke građevine djelomično utječu na tijek sedimenta	
<b>3. Morfologija</b>								
3.1. Geometrija korita								
3.1.1. Točtni oblik	A	4					35 - 75% dužine dionice s promijenjenim točtnim oblikom	43,5% dužine dionice s promijenjenim točtnim oblikom
3.1.2. Presjek korita (uzdužni i poprečni presjek)	A	5					>75% dužine dionice s promijenjenim presjekom korita	78,9% dužine dionice s promijenjenim presjekom korita
<b>3.2. Podloge</b>								
3.2.1. Količina umjetnih tvrdih materijala ispod vodnog lica	A	4					15 - 30% tvrdog umjetnog materijala	23,56% tvrdog materijala
3.2.2. Prirodnost sedimenta na istražvenom odsječku	B	3					Prirodna ravnjina/zračjaka umjerenopro mijerjena	
3.2.3. Struktura sedimenta i promjene na pokosu obale odsječaka i vodnog tijela	A	4					Obale pod utjecajem > 35 - 75% teških tvrdih materijala	61,84% tvrdi materijal, 14,49% meki materijal, ostatak prirodno
<b>3.3. Vegetacija i organski ostaci u koritu</b>								
3.3.1. Uklanjanje/održavanje vodene vegetacije na odsječku i vodnom tijelu	B	3					Vodena vegetacija se održava košnjom u koritu	
3.3.2. Količina dvehnih ostataka, na odsječku i vodnom tijelu (ukoliko se isti očekuju)	B	3					Količina i veličina dvehnih ostataka je neznačajno umjerenopro mijerjena, povremeno aktivno uklanjanje ili dotvaranje	
3.3.3. Obilježja erozije/kaloženja na odsječku i vodnom tijelu	B	4					Elementi erozije/kaloženja odražavaju veliku odstupanje od gotovo prirodno stanja (obutno ≥ 50% očakivanih elemenata)	
3.3.4. Vrsta/struktura vegetacije na obalama i na okolnom zemljištu unutar zadane buffer zone (10 m) na odsječku i vodnom tijelu	A	4					20 - 40% dvehnaste vegetacije, ostalo čini zeljasta vegetacija ili je prisutno 25 - 50% umjetnih materijala (beton, asfalt, maledern, šjunak...)	33,14% dvehnasto, 33,19% zeljasto, 33,67% antropogeno umjerenopro mijerjeno
3.3.5. Konfitenje zemljišta (u prirodnoj poplavnoj zoni) i s time povezana obilježja na odsječku i vodnom tijelu	A	4					35 - 75% neprirodnog zemljišnog pokrivača obalnog pojasa	68,35% neprirodnog zemljišnog pokrivača
<b>3.4. Interakcija između korita i poplavnog područja</b>								
3.4.1. Lateralna povezanost rijeke i poplavnog područja (dužinski iznos) na cijelom vodnom tijelu	B	5					> 75% vodnog tijela pod utjecajem naspaja ili ostalih mjera koje sprječavaju plavljenje poplavnog područja (npr. regulacija korita i obale)	Slavljana zasadi B metodologija
3.4.2. Stupanj lateralnog kretanja riječnog korita	A	4					35 - 75% odsječaka ograničeno	prepisano iz 3.2.3. (potrebna validacija na terenu)
<b>UKUPNA OCJENA ODSJEČKA / VODNO TIJELO</b>								
3,82								
<b>KATEGORIJA VODNOG TIJELA</b>								
Prirodno								

## 8.1. Zusammenfassung

### **Hydromorphologischer Zustand und Möglichkeiten der Revitalisierung des Flusses Jadro**

Der Fluss Jadro, der „kroatische Jordan“, war von der Antike bis zur Neuzeit die Lebensader von Solin und der Umgebung von Split und auch der Garant für das Überleben der Bevölkerung dieses Gebiets. Jadro ist ein Ökosystem mit einzigartigen hydroökologischen Eigenschaften, das in zunehmender Maße mit der Urbanisation, Touristifizierung und Verunreinigung belastet wird. Diese Untersuchung wurde gezielt durchgeführt, damit man den hydroökologischen Zustand des Flusses verbessern kann und die Balance zwischen dem Fluss und dem Menschen in der Zukunft erreicht; das Hauptziel der Untersuchung war, die Revitalisierungsmaßnahmen innerhalb des Flussbettes vorzuschlagen. Mit der konkreten Vorbereitung, die auf vorhandenen kartographischen Quellen und Literatur von bisherigen Untersuchungen basiert war, wurde im Sommer 2024 der hydromorphologische Zustand des Flusses bestimmt und dokumentiert. Nach der Bearbeitung und Komparation von den Informationen, die man durch konkrete Untersuchung und Literatur gesammelt hat, wurde mit der Methode der "hydromorphologischen Note" die hydromorphologische Bewertung an gewählten Standorten durchgeführt.

Auf der Grundlage dieser Schätzung wurden drei Ortschaften im Fließgewässer gewählt und danach wurden Vorschläge für Revitalisierungsmaßnahmen in der Richtung der Naturalisierung des Flusslaufes bzw. der Beseitigung von unnötigen wassertechnischen Eingriffen und der Regulierung von Überschwemmungsgebieten gegeben.

Für die Verbesserung und Erhaltung des gesunden ökologischen Zustands des Flusses braucht man langfristige und umfassende Untersuchungen und regelmäßige Analysen von allen hydrologischen Indikatoren und Entwicklungen.

(Übersetzung: Dominik Jelić, Iva Fučkar)

## 9. Literatura

Balić, Z. i dr., 1991: *Vode Hrvatske*, Ministarstvo vodoprivrede Republike Hrvatske i Hrvatska vodoprivreda, Zagreb.

Barić, J., 2022: Izgradnja hidroelektrane na rijeci Jadro i elektrifikacija Splita, u: Teklić, B. i Čiščić, M. (ur.), 2022: I bi svjetlo! Zbornik radova sa znanstvenog skupa povodom 100. obljetnice elektrifikacija Splita održanog 20. listopada 2021. u Muzeju grada Splita, Muzej grada Splita, Društvo prijatelja kulturne baštine – Split i Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split, 99-118.

Bereš, M., 2014: Salona, *Essehist* 6 (6), 2-7.

Biondić, B., Biondić, R., 2014: Hidrogeologija dinarskog krša u Hrvatskoj, Geotehnički fakultet, Varaždin.

Bišćan, M., Marković, K., Marković, B., Bušić, P., Kotaran Munda, M., Vidaković Šutić, R., 2019: Revitalizacija rukavaca na rijeci Dravi u sklopu DRAVA LIFE projekta, u: 7. hrvatska konferencija o vodama: Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode, Opatija, 673-682.

Blagus, M., Tadić, L., 2018: Obnova vodotoka – mjera zaštite i poboljšanja riječnog ekosustava, *Hrvatske vode* 26 (106), 239-248.

Bognar, A., 1992: Inženjerskogeomorfološko kartiranje, *Acta Geographica Croatica* 27 (1), 173-184.

Bognar, A., 1999: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 34 (1), 7-26.

Bokšić, D., 2021: Onečišćenje i zaštita podzemnih voda na području Republike Hrvatske, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac.

Bonacci, O., 2012: Hidrološka analiza odvođenja vode iz krškog izvora rijeke Jadro ; Hidrološka analiza odvođenja vode iz krškog izvora rijeke Jadro, *Hrvatske vode* 20 (79-80), 37-42.

Bonacci, O., Andrić, I., 2015: Hidrološka analiza krškog izvora Žrnovnice kod Splita, *Hrvatske vode* 23 (94), 311-320.

Bonacci, O., Roje-Bonacci, T., 2021: Analiza oduzimanja vode izvora Jadra u razdoblju 2010. – 2021., *Hrvatske vode* 31 (123), 27-36.

Božić, N., 1997: Solin - Pregled povijesnoga i urbanističkog razvoja grada, *Prostor* 5 (14), 357-378.

Čanjevaca, I., 2013: Tipologija protočnih režima rijeka u Hrvatskoj, *Hrvatski geografski glasnik* 75 (1), 23-42.

- Čanjevac, I., Bočić, N., Martinić, I., Pavlek, K., Alegro, A., Rimac, A. 2022: Hidromorfološka istraživanja Bijele rijeke - Završno izvješće o provedenom istraživanju s analizom rezultata, Geografski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Čosić-Flajsig, G., Vučković, I., Karleuša, B., 2015: Stanje voda rijeke Sutle i mogućnosti restauracije rijeke, u: 6. Hrvatska konferencija o vodama s međunarodnim sudjelovanjem: Hrvatske vode na investicijskom valu. Zbornik radova (ur. Biondić, D., Holjević, D. i Vizner, M.), Hrvatske vode, Zagreb, 269-277.
- Ćosić-Flajsig, G., Karleuša, B., Glavan, M., 2021: Integrated Water Quality Management Model for the Rural Transboundary River Basin—A Case Study of the Sutla/Sotla River, *Water* 13 (18), 2569, DOI: 10.3390/w13182569.
- Denić-Jukić, V., Jukić, D., 2002: Kompozitne kernel funkcije i njihova primjena na izvor Jadra, *Hrvatske vode* 10 (39), 107-126.
- Durman, A. (ur.), 2006: *Stotinu hrvatskih arheoloških nalazišta*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb.
- Filipčić, A., Orešič, D., Maradin, M., 2013: Promjene količine padalina u Hrvatskoj od sredine 20. stoljeća do danas, *Geoadria* 18 (1), 29-39.
- Glamuzina, D. (ur.), 2009: *Geografski atlas Hrvatske*, Monde Neuf i Profil, Zagreb.
- Grga, A., 2013: Prostor od Trogira do Stobreča, Odjel za povijest Sveučilišta u Zadru, Zadar.
- Illies, J., 1978: *Limnofauna Europea*, Gustav Fischer Verlag i Swets & Zeitlinger B. V., Stuttgart-Amsterdam.
- Jalžić, B., Kovač Konrad, P., 2019: Izvor-špilja Jadro, *Subterranea Croatica* 17 (1), 26-33.
- Japarić, E., 2022: Primjena KAVA metode u procjeni ranjivosti sliva Jadra i Žrnovnice s ciljem zaštite podzemnih voda, Geotehnički fakultet, Zagreb.
- Jukić, A., 2018: Utjecaj varijacija protoka na raspodjelu koncentracija hranjivih tvari u rijeci Jadro, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split.
- Kadić, A., 2017: Hidrološki odnosi susjednih krških izvora, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split.
- Kadić, A., Denić-Jukić, V., Jukić, D., 2017: Analiza meteoroloških i hidroloških odnosa u kršu primjenom parcijalne kros-korelacijske funkcije višeg reda, *Hrvatske vode* 27 (109), 201-210.
- Kapelj, S., Kapelj, J., Švonja, M., 2012: Hidrogeološka obilježja sliva Jadra i Žrnovnice, *Tusculum* 5 (1), 205-216.
- Knezović, M., 2007: Voda u hrvatskim ranosrednjovjekovnim ispravama, *Ekonomska i ekohistorija* 3 (3), 35-61.

- Kramarić, I., Kramarić, J. M., 2023: Solinka – relikat prošlosti i kraljica tekućica, *Hrvatska vodoprivreda* 31 (242), 104-108.
- Kramarić, I., Kramarić, J. M., 2024: Jadro – u legendi i zbilji, *Hrvatska vodoprivreda* 32 (246), 118-124.
- Kovačec, A. (ur.), 2003: *Hrvatska enciklopedija 5 Hu-Km*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb.
- Lučin, I., 2016: Analiza hidroloških veza između oborina na postajama Muć i Dicmo i otjecanja na izvoru Jadra, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split.
- Ljubenković, I., 2015: Hydrodynamic modeling of stratified estuary: case study of the Jadro River (Croatia), *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 63 (1), 29–37, DOI: 10.1515/johh-2015-0001.
- Maradin, M., 2013: Varijabilnost padalina na području Hrvatske s maritimnim pluviometrijskim režimom, *Geoadria* 18 (1), 3-27.
- Marasović, K., Margeta, J., 2017: Istraživanje antičkih vodnih zahvata na izvoru rijeke Jadro, *Vjesnik za arheologiju i historiju dalmatinsku* 110 (2), 509-532.
- Margeta, J., Marasović, K., 2018: Vodoopskrbni zahvati na izvoru rijeke Jadro od antike do danas, *Građevinar* 68 (11), 985-996.
- Margeta, J., Marasović, K., 2019: Interdisciplinarna istraživanja antičkog urbanog vodnog sustava Salone, *Izdanja Hrvatskog arheološkog društva* 33, 80-98.
- Margeta, J., 2023: Procjena ranjivosti krških izvora i utjecaja klimatskih promjena na zahvat vode, *Hrvatske vode* 31 (123): 15-25.
- Martinović, J., 1997: *Tloznanstvo u zaštiti okoliša*, Državna uprava za zaštitu okoliša, Zagreb.
- Matas, M., 2009: *Krš Hrvatske: geografski pregled i značenje*, Hrvatsko geografsko društvo – Split, Split.
- McCornik, M., Ulf Buntgen, M., Cane, M. A., Cook, E. R., Harper, K., Huybers, P. J., Litt, T., 2012: Climate Change during and after the Roman Empire: Reconstructing the Past from Scientific and Historical evidence, *Journal of Interdisciplinary History* 43 (2), 2012, 169-220.
- Mihelčić, D., Lalić, R., 2004: Vodoopskrbni sustav Split - Solin - Kaštela – Trogir, *Građevinar* 56 (6), 329-339.
- Mikić, D., 2021: Gospodarska obilježja grada Solina: sadašnje stanje i scenarij razvoja, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Mimica, B., 2004: *Dalmacija u moru svjetlosti: povijest Dalmacije od antike do kraja XX. st. I. dio.*, Dušević & Kršovnik, Rijeka.
- Mlakić, A., 2020: Kemijska analiza vode za piće, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split.

- Mohorovičić, A., Zlamalik, V., Peić, M., Brale, Š. (ur.), 1991: *Lijepa naša Hrvatska*, Tipografija Marin Držić, Zagreb.
- Mratović, M., 2017: Urbani razvoj Solina, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Novak, M., 2023: Projekt Change we care – klimatski rizici u obalnom području, *Hrvatska vodoprivreda* 31 (243), 22-27.
- Ožanić, N., Sušanjan Čule, I., Karleuša, B., Horvat, B., 2020: Revitalizacija vodotoka u urbanim područjima, u: Okrugli stol s međunarodnim sudjelovanjem "Nanos u vodnim sustavima - stanje i trendovi", Hrvatsko hidrološko društvo, Zagreb, 173-183.
- Pavlek, K., 2023: Geomorfološke promjene tekućica: pristupi, rezultati i izazovi istraživanja, *Hrvatski geografski glasnik* 85 (1), 5-39. DOI: 10.21861/HGG.2023.85.01.01.
- Pavličević, D., 2000: *Povijest Hrvatske*, Naklada P.I.P. Pavičić, Zagreb.
- Pelivan, A., 2000: Naše rijeke kratka toka – Jadro, *Ekološki glasnik* 8 (12), 45-50.
- Peović, J., 2019: Procjena unosa hranjivih tvari u akvatorij Bračkog kanala, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split.
- Piplović, S., 2022: Elektrifikacija Splita između dvaju svjetskih ratova, u: Teklić, B. i Čiščić, M. (ur.), 2022: I bi svjetlo! Zbornik radova sa znanstvenog skupa povodom 100. obljetnice elektrifikacija Splita održanog 20. listopada 2021. u Muzeju grada Splita, Muzej grada Splita, Društvo prijatelja kulturne baštine – Split i Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split.
- Radanović, I., 2015: Usporedba koeficijenata recesije krških izvora Dalmacije (Opačac, Jadro i Žrnovnica), Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split.
- Rađa, B., Rađa, T., 2012: The first record of *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931) (Amphipoda, Gammaridea) in the stuary of the River Jadro (Adriatic Sea, Croatia), *Crustaceana* 85 (8), 987-991, DOI: 10.1163/156854012X651691.
- Rađa, B., Šantić, M., 2014: Community structure of aquatic insects in the karstic Jadro River in Croatia, *Journal of Insect Science* 14 (54).
- Selić, H., 2019: Hidromorfološka analiza potoka Gradna, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Snoj, A., Razpet, A., Tomljanović, T., Treer, T., Sušnik, S., 2007: Genetic composition of the Jadro softmouth trout following translocation into a new habitat, *Conservation Genetics* 8, 1213-1217, DOI: 10.1007/s10592-006-9262-2.
- Šafarek, G., 2018: *Vodena blaga Hrvatske*, Mozaik knjiga, Zagreb.
- Šegota, T., Filipčić, A., 2003: Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje, *Geoadria* 8, 17–37.



Šolić, T., Šafarek, G., 2011: *Rijeke Hrvatske*, Veda, Križevci.

Štambuk-Giljanović, N., 2002: *Vode Cetine i njezina poriječja*, Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske, Split.

Štambuk-Giljanović, N., 2006: The Pollution Load by Nitrogen and Phosphorus in the Jadro River, *Environmental Monitoring and Assessment* 123, 13-30, DOI: 10.1007/s10661-005-9066-8.

Šubić, S., 2023: Fizikalno-kemijska svojstva farmaceutika otkrivenih u rijeci Cetini i na izvoru rijeke Jadro, Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Zagreb.

Tomljanović, T., 2014: Endemska mekousna pastrva solinka (*Salmo obtusirostris salonitana*), *Tusculum* 7 (1), 215-224.

Vitlov, N., 2022: Estuariji rijeka u jadranskom slivu na području Republike Hrvatske, Sveučilište u Zadru, Zadar.

## 10. Izvori

Chesterton, Gilbert Keith. 2015. *Pravovjerje*, Verbum, Split.

Državna geodetska uprava (DGU), 2011: Topografska karta 1:25 000 (TK25), n. d., <https://dgu.gov.hr/proizvodi-i-usluge/sluzbene-drzavne-karte-i-ostale-karte/topografska-karta-1-25-000-tk25/176>

Državna geodetska uprava (DGU), 2023: Digitalni ortofoto u mjerilu 1:5000, 2023. godina – WMS, [https://geoportal.dgu.hr/services/inspire/orthophoto\\_2023/wms?service=WMS&request=GetCapabilities](https://geoportal.dgu.hr/services/inspire/orthophoto_2023/wms?service=WMS&request=GetCapabilities)

Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) – Sektor za hidrologiju, [https://hidro.dhz.hr/Ihtiološki\\_rezervat\\_Izletište-park\\_Jadro\\_n\\_d\\_](https://hidro.dhz.hr/Ihtiološki_rezervat_Izletište-park_Jadro_n_d_), <https://jadro-izletiste.hr/kulturna-bastina/ihtioloski-rezervat/>

Improve River LIFE, Hrvatske vode, n. d., <https://voda.hr/hr/projekt/improve-river-life>

Izvješće o stanju okoliša u RH za razdoblje od 2017. do 2020., Hrvatski sabor, Zagreb, 2023.

Izvor i gornji tok, Virtualni muzej grada Solina, n. d., <https://vmgs.hr/znamenitosti/jadro/izvor-i-gornji-tok/>

Jadro izletište, Izletište-park Jadro, n. d., <https://jadro-izletiste.hr/o-nama/jadro-izletiste/>

Jalžić, B., Kovač Konrad, P., 2016: Zaron u izvoru Jadra – iznenađujuće speleološko otkriće, <https://speleologija.hr/arhiva/1466> (13. 9. 2016.)

Službeni vjesnik Općine Klis 1/2014, [www.klis.hr](http://www.klis.hr), (13. 2. 2014.)

Službeni vjesnik Općine Klis 1/2021, [www.klis.hr](http://www.klis.hr), (7. 4. 2021.)

Marinčić, S., Magaš, N. & Borović, I. (1971): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Split K33–21. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb, (1968–1969); Savezni geološki institut, Beograd.

Marinčić, S., Korolija, B. & Majcen, Ž. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Omiš L33–22. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb, (1968–1969); Savezni geološki institut, Beograd.

Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

Timár, G., Molnár, G., Székely, B., Biszak, S., Varga, J., Jankó, A., 2006: Digitalized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the second military survey and their georeferenced version. Arcanum, Budimpešta.

Ternjej, I., Mihaljević, Z., Gottstein, S., 2023: Predavanja iz kolegija Ekologija životinja za akademsku godinu 2023./2024., Prirodoslovno-matematički fakultet – Biološki odsjek, Zagreb. Tvornica cementa, Izletište-park Jadro, n. d., <https://jadro-izletiste.hr/kulturna-bastina/tvornica-cementa/>

Plan upravljanja vodnim područjima 2013. - 2015., Hrvatske vode, Zagreb, 2013.

Plan upravljanja vodnim područjima 2022. - 2027., Hrvatske vode, Zagreb, 2023.

Rijeka Jadro, Izletište-park Jadro, n. d., <https://jadro-izletiste.hr/prirodna-bastina/rijeka-jadro/>  
River Cetina watershed and the adjacent coastal area: environmental and socio-economic profile, UNEP/MAP/PAP (Priority Actions Programme), Split, 2000.

Vodovod i kanalizacija Split (ViK), zahtjev br. 243862003 (podatci za zahvaćenu vodu)

Započinje izgradnja uređaja za kondicioniranje vode sa izvorišta rijeke Jadro, Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, n. d., <https://mingo.gov.hr/vijesti/zapocinje-izgradnja-uredjaja-za-kondicioniranje-vode-sa-izvorista-rijeka-Jadro/5904?big=0>

133,57 milijuna kuna za izgradnju uređaja za kondicioniranje vode za ljudsku potrošnju s izvorišta rijeke Jadro, Hrvatske vode, n. d., <https://voda.hr/hr/novost/13357-milijuna-kuna-za-izgradnju-uredaj-za-kondicioniranje-vode-za-ljudsku-potrosnju-s>

## **Dodatak 1. Popis slikovnih priloga**

Sl. 1. Tok Jadra na Topografskoj karti Republike Hrvatske mjerila 1:25 000.	3
Sl. 2. Tok Jadra na ortofotu Hrvatske.	8
Sl. 3. Geološki izdanci u reljefu izvorišta Jadra.	9
Sl. 4. Hipsometrija Jadra s okolnim područjem.	12
Sl. 5. Nagibi padina uz tok Jadra i u okolnome području.	12
Sl. 6. Usmjerenje padina uz tok Jadra i u okolici.	13
Sl. 7. Shematska hidrogeološka karta priljevnoga područja izvora Jadra i Žrnovnice bez strukturnih elemenata.	17
Sl. 8. Karakteristične veličine srednjih mjesečnih protoka izvora Jadra za 1995. – 2001. godinu.	18
Sl. 9. Tok Jadra na karti Druge vojne izmjere Austro-Ugarske Monarhije.	23
Sl. 10. Dioklecijanov akvadukt u gornjem toku Jadra.	24
Sl. 11. Jedna od mlinica na Jadru.	27
Sl. 12. Napušteno Cemexovo postrojenje kod Mosta Voljak.	27
Sl. 13. Hidroelektrana Majdan.	27
Sl. 14. Jedna od mlinica na Jadru.	27
Sl. 15. Količine zahvaćene vode za potrebe vodoopskrbe na vrelu Jadra po mjesecima za 2021., 2022. i 2023. godinu.	29
Sl. 16. Načini korištenja zemljišta metodologijom CLC-a uz tok Jadra.	30
Sl. 17. Podjela toka Jadra po dionicama na ortofotu Hrvatske	32
Sl. 18. Gornji tok.	33
Sl. 19. Kameni nabačaji na desnoj obali kod Voljaka.	33
Sl. 20. Pogled na tok s Voljaka.	33
Sl. 21. Ustava izvan funkcije kod Voljaka.	33
Sl. 22. Betonirana lijeva obala i kameni nabačaj na desnoj obali rijeke nizvodno od hidrološke stanice Jadro-Majdan.	34
Sl. 23. Pogled nizvodno sa sličnim obrascem.	34
Sl. 24. Donji tok Jadra kod crkve Gospe od Otoka.	35
Sl. 25. Donji tok Jadra kod crkve Gospe od Otoka.	35
Sl. 26. Stuba kod hidrološke stanice.	37
Sl. 27. Srednji tok Jadra.	38
Sl. 28. Stube iznad vodovodnih cijevi.	38
Sl. 29. Stuba za uspor.	38

Sl. 30. Kameni nabačaj u koritu.	38
Sl. 31. Taložnice kod Šljukice.	38
Sl. 32. Taložnice kod Šljukice.	38
Sl. 33. Desni, kanalizirani „pritok“ Jadra kod Šljukice.	39
Sl. 34. Naplavna ravnica u srednjem toku.	39

## **Dodatak 2. Popis tablica.**

Tab. 1. Hidromorfološka ocjena gornjega toka.	41
Tab. 2. Hidromorfološka ocjena srednjega toka.	42
Tab. 3. Hidromorfološka ocjena donjega toka.	43
Tab. 4. Hidromorfološka ocjena za cjelokupnu rijeku.	44