Zajednica makrozoobentosa povremene mediteranske tekućice

Grgić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:411202

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

BIOLOŠKI ODSJEK

IVANA GRGIĆ

ZAJEDNICA MAKROZOOBENTOSA POVREMENE MEDITERANSKE TEKUĆICE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

Ovaj rad izrađen je na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Ane Previšić i prof. dr. sc. Zlatka Mihaljevića. Predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra znanosti o okolišu.

ZAHVALE

Najveće hvala mentorici doc. dr. sc. Ani Previšić na pristupačnosti, beskrajnom strpljenju, poticanju i ohrabrivanju, bez Vas bi izrada ovog rada bila puno kaotičnija i stresnija. Hvala što ste se u pravo vrijeme vratili na posao 😉

Hvala mentoru izv. prof. dr. sc. Zlatku Mihaljeviću na brojnim korisnim savjetima i ustupljenoj literaturi potrebnoj za izradu ovog rada.

Također, iskreno se zahvaljujem svojoj nesuđenoj neposrednoj mentorici dr. sc. Marini Vilenici, koja je glavni „krivac“ što sam počela izolirati uzorke iz rijeke Krčića, a hvala i doc. dr. sc. Andreji Brigić na ustupljenom materijalu i uvjeravanju da će „tu biti super podataka“.

Hvala Valentini Dorić zbog nesebične pomoći u teškim i naizgled beznadnim situacijama prilikom određivanja Chironomidae, meni je to sve bilo isto…

Posebno zahvaljujem svojim dragim roditeljima i sestri Martini na razumijevanju i podršci u svim teškim i lijepim trenucima prije i tijekom studija.

Za kraj, ogromno hvala Franu bez kojeg bih u mnogim trenucima bila izgubljena. Hvala što si uvijek tu 😊

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

ZAJEDNICA MAKROZOOBENTOSA POVREMENE MEDITERANSKE TEKUĆICE

Ivana Grgić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Povremene tekućice su dinamični ekosustavi koji periodično presušuju, što dovodi do nastanka kopnenog staništa na kojem se mogu zadržavati izolirana jezera i lokve. Ovo istraživanje provedeno je duž povremenog toka rijeke Krčića smještene podno planine Dinare. Krčić je mala rijeka koja obično presušuje u ljeto ili ranu jesen. Budući da gotovo uopće nije promijenjena ljudskim djelovanjem, mogla bi biti pogodna referentna povremena tekućica u sub-mediteranskoj dinarskoj regiji. Uzorkovanje je provedeno tijekom vodene faze 2016. godine; u lipnju i prosincu na gornjem, srednjem i donjem dijelu toka, prilikom čega su obuhvaćena dominantna mikrostaništa (mahovina, fital, kamenje, valutice, pijesak i ksilal). Na svakoj postaji mjereni su fizikalno-kemijski parametri, od kojih su pH i provodljivost imali najveći utjecaj na zajednicu makrozoobentosa. Sastav i struktura zajednice bili su tipični za povremene tekućice, s najzastupljenijom grupom kukaca – Chironomidae (14 svojti), nakon koje slijede Plecoptera (5 svojti), Ephemeroptera (3 svojte) i Trichoptera (3 svojte). Rezultati dobiveni klaster i MDS analizom ukazali su na odvajanje zajednice makroskopskih beskralježnjaka prema sezonama uzorkovanja, dok odvajanje prema mikrostaništima nije uočeno. Takvi rezultati stavljaju naglasak na izraženu sezonalnost u povremenim tekućicama, zbog čega bi se biomonitoring na ovim sustavima trebao provoditi barem dva puta godišnje.

(56 stranica, 17 slika, 2 tablice, 95 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: sastav zajednice, raznolikost, trofička struktura, EPT i Ep indeksi, sezonska varijabilnost, referentna postaja

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Voditelji: doc. dr. sc. Ana Previšić i izv. prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević

Ocjenitelji: izv. prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović
izv. prof. dr. sc. Neven Bočić
doc. dr. sc. Duje Lisišić

Rad prihvaćen: 19. rujna 2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

MACROINVERTEBRATE COMMUNITY OF A TEMPORARY MEDITERRANEAN RIVER

Ivana Grgić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Temporary rivers and streams are dynamic ecosystems in which water stops flowing periodically and flows become terrestrial habitats that can contain isolated pools and lakes. This research was conducted along a temporary karst river Krčić, situated beneath the Dinara Mountain. Krčić is a small river which usually dries up during summer and early autumn months. It is minimally influenced by anthropogenic activities and can thus be regarded as a reference site of temporary rivers in this region. The sampling was performed in 2016 during the flowing phase; in June and December, on the upper, middle and lower reaches. The sampling encompassed all major microhabitat types (moss, fital, megalital, makrolital, mikrolital and xylal). On each site the physico-chemical parameters were measured and pH value and conductivity had the highest influence on the community. Community composition and structure recorded were typical for temporary rivers, with Chironomidae as the most abundant insect group (14 taxa), followed by Plecoptera (4 taxa), Ephemeroptera and Trichoptera (3 taxa). Generally, high diversity and evenness of the community was observed. The results of Cluster analyses and MDS showed macroinvertebrate assemblage separation by sampling seasons, not by macrohabitats. These results highlight the importance of seasonality in temporary rivers and streams, why it is necessary to perform seasonal monitoring at least twice a year.

(56 pages, 17 figures, 2 tables, 95 references, original in: Croatian)

Key words: community composition, diversity, feeding types, EPT and EP indexes, seasonal variability, referent site

Thesis deposited in the Central Biological Library.

Supervisor: Dr. Ana Previšić, Asst. Prof. and Dr. Zlatko Mihaljević, Full Prof.

Reviewers: Dr. Blanka Cvetko Tešović, Assoc. Prof.
Dr. Neven Bočić, Assoc. Prof.
Dr. Duje Lisičić, Asst. Prof.

Thesis accepted: 19th September, 2018

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Povremene tekućice 1

1.2. Biološka raznolikost povremenih tekućica 1

1.3. Upravljanje povremenim tekućicama 3

1.4. Makrozoobentos u ekološkim istraživanjima kopnenih voda 4

1.5. Osnovna obilježja odabranih skupina kukaca (Insecta) dominantnih u zajednici makrozoobentosa 5

1.5.1 Vodencvjetovi (Insecta, Ephemeroptera) 5

1.5.2 Obalčari (Insecta, Plecoptera) 6

1.5.3. Tulari (Insecta, Trichoptera) 6

1.5.4. Trzalci (Insecta, Diptera, Chironomidae) 7

1.6. Trofička struktura zajednice makrozoobentosa (funkcionalne hranidbene skupine) 8

1.7. Koncept riječnog kontinuiteta (RCC) 8

1.8. Ciljevi rada 10

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA 11

3. MATERIJALI I METODE 13

3.1. Uzorkovanje zajednice makrozoobentosa 13

3.2. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode 16

3.3. Izolacija i determinacija uzoraka makrobeskralježnjaka 16

3.4. Analiza podataka 16

4. REZULTATI 19

4.1. Fizikalno-kemijski parametri vode duž toka rijeke Krčić 19

4.1.1. Temperatura vode 19

4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika 20
4.1.3. Zasićenje kisikom 21
4.1.4. Provodljivost 22
4.1.5. pH vrijednost vode 23
4.1.6. Alkalinitet vode 24
4.1.7. Sastav zajednice makrozoobentosa povremene rijeke Krčića 24
4.2. Promjene sastava i strukture zajednice makrozoobentosa rijeke Krčića u prostornom i vremenskom smislu 28
4.2.1. Broj svojti i gustoća jedinki makrozoobentosa rijeke Krčića 28
4.2.2. Raznolikost i ujednačenost zajednice makrozoobentosa rijeke Krčića 29
4.2.3. EPT i EP indeksi zajednice makrozoobentosa rijeke Krčića 30
4.3. Trofička struktura zajednice makrozoobentosa rijeke Krčića 32
4.4. Sličnost zajednice makrozoobentosa na postajama rijeke Krčića 34
4.5. Utjecaj okolišnih parametara na zajednicu makrozoobentosa rijeke Krčića 35
5. RASPRAVA 37
5.1. Utjecaj fizikalno-kemijskih svojstava vode na sastav i strukturu zajednice makrobeskralježnjaka 37
5.2. Usporedba sastava i strukture makrozoobentosa na istraživanim postajama na rijeci Krčiću 38
5.3. Raznolikost i ujednačenost zajednice makrozoobentosa u rijeci Krčić 40
5.4. Prilagodbe skupina makrobeskralježnjaka na preživljavanje sušnih perioda 42
5.5. Krčić – potencijalna referentna povremena tekućica u sub-mediteranskoj dinarskoj regiji 43
6. ZAKLJUČAK 45
7. LITERATURA 46

1. UVOD

1.1. Povremene tekućice

Tekućice se s obzirom na trajnost mogu podijeliti na stalne, povremene i bujične. Povremene tekućice u pravilu tijekom sušnih mjeseci gube vodu te korito rijeke postepeno presušuje stvarajući izolirane lokve i jezera. Naposljetku može doći i do potpunog gubitka vode prilikom čega korito rijeke postaje kopneno stanište. Neke povremene tekućice imaju periodičku izmjenu vodene i suhe faze, dok je kod drugih izmjena faza i njihovo trajanje nepredvidivo (Stubbington i sur. 2017). Iako ovi sustavi čine više od polovice globalne riječne mreže i mogu se pronaći u svim klimatskim zonama, u prošlosti su često previđani (Datry i sur. 2017). Međutim, posljednjih godina interes za povremene tekućice raste te je sve veći broj istraživanja i novih saznanja o njima (Stubbington i sur. 2017). Povremene tekućice su najzastupljenije u aridnim, semiaridnim i mediteranskim klimatskim regijama (Skoulikidis i sur. 2011, Tockner i sur. 2009), ali javljaju se i u hladnim područjima gdje zbog smrzavanja dolazi do prekida vodenog toka (Stubbington i sur. 2017). Uslijed klimatskih promjena te ljudskih utjecaja poput pretjeranog iscrpljivanja vodenih resursa ili zahvata koji utječu na promjenu hidrologije rijeka (gradnja hidroelektrana, kanaliziranje korita itd.) dolazi do povećavanja broja povremenih tekućica u umjerenim klimatskim regijama (Stubbington i sur. 2017). Stoga je vrlo važno dobro poznavanje ovih sustava, osobito strukture i sastava njihovih zajednica, kako bismo mogli predvidjeti i spriječiti negativne utjecaje koji im prijete (Corti i Datry 2016).

1.2. Biološka raznolikost povremenih tekućica

Raznolikost i brojnost vodene faune u povremenim tekućicama u pravilu je niska u usporedbi sa zajednicama stalnih tekućica. Povećanjem intenziteta i trajanja suša, iz zajednice nestaju vrste osjetljive na isušivanje, što rezultira manjim brojem vrsta u zajednici, a najčešće i smanjenim brojem jedinki preostalih vrsta (Arscott i sur. 2010). Zajednice makrozoobentosa u povremenim tekućicama uglavnom su podskupovi faune stalnih tekućica, koje su izvori za širenje generalista (vrsta široke ekološke valencije) i kolonizatorskih vrsta (vrsta koje prve naseljavaju novonastalo stanište) u povremene tekućice (Corti i Datry 2015). Povremene tekućice stoga imaju sličan sastav vrsta kao stalne tekućice, ali sa znatno manjom brojnošću i

raznolikošću zajednica. U ovim sustavima možemo pronaći i nekolicinu vrsta specijaliziranih na nestalnost vodenog toka (Corti i Datry 2015). Vrste specijalisti evolucijski su razvile posebne načine preživljavanja nepovoljnih sušnih razdoblja te s povećanjem trajanja suhe faze često zamjenjuju generaliste unutar zajednice (Hill i sur. 2016). Uslijed izolacije i specijacije povećava se endemizam, a time i bioraznolikost (Stubbington i sur. 2017), zbog čega su povremene tekućice izuzetno bitne ali istodobno i vrlo ranjive.

Budući da su povremene tekućice prijelazne zone između kopnenog i vodenog staništa, većina ekoloških istraživanja ovih tekućica bila je bazirana na odvojenom istraživanju kopnene i vodene faune makrobeskralježnjaka (Corti i Datry 2015). Iz tog razloga smatralo se da su ovi sustavi siromašni vrstama (Garcia-Roger i sur. 2011). Međutim, sagledavanjem šire slike te proučavanjem prostorne i vremenske dinamike povremenih tekućica, ustanovljeno je da je broj vrsta mnogo veći od prvotne pretpostavke (Stubbington i sur. 2017).

Zajednice makrobeskralježnjaka možemo promatrati kroz α raznolikost - lokalna raznolikost na mjestu uzorkovanja; β raznolikost - heterogenost između postaja i među sezonama i γ raznolikost - raznolikost na regionalnoj skali. Lokalna raznolikost je u pravilu manja kod povremenih tekućica nego kod stalnih, ali je raznolikost među postajama i sezonama mnogo veća kod povremenih tekućica zbog specifične dinamike ovih sustava i jedinstvenih značajki svakog povremenog toka (Stubbington i sur. 2017).

Promjenom uvjeta u povremenoj tekućici mijenja se sastav i struktura zajednica. Primjerice, tijekom tekuće faze povećava se zastupljenost lotičkih (riječnih) generalista i kolonizatora (Bogan i sur. 2015), čija se brojnost zbog promjene fizikalno-kemijskih parametara smanjuje prestankom tekuće faze i nastankom ujezerenja, pri čemu se brojnost novopridošlih lentičkih (jezerskih) vrsta povećava (Subbington i sur. 2017). Potpunim nestankom vode, pojedine lotičke i lentičke vrste preživljavaju ukopane u sediment, a dominiraju kopneni kolonizatori koji se šire iz okolne riparijske zone (Stubbington i sur. 2017). Promatrajući cjelogodišnji ciklus, pojedine povremene tekućice mogu imati čak i veću raznolikost od stalnih (Korhonen i sur. 2010).

1.3. Upravljanje povremenim tekućicama

Povremene tekućice imaju važnu ulogu u kruženju vode, hranjivih tvari, energije, materijala i organizama čak i kad površinska voda nije prisutna (Acuna i sur. 2014). Plitki podzemni tokovi mogu povezivati suha korita povremenih tekućica s nizvodnim stalnim tekućicama, koje opskrbljuju vodom (Acuna i sur. 2014.). Uslijed poplavljivanja i presušivanja riječnog korita dolazi i do lateralnog prijenosa tvari i organizama, što pogoduje razvoju riparijske vegetacije i vegetacije na presušenom koritu. Razvijena vegetacija pruža stanište i izvor hrane za životinje (Fonseca i sur. 2013). Navedeno ukazuje da su povremeni tokovi izuzetno bitan funkcionalni dio riječne mreže i hidrologije podzemlja, te postoji potreba za njihovom zaštitom i adekvatnim upravljanjem.

Do danas su mnogi povremeni tokovi uništeni ljudskim djelovanjem. Osim hidroloških promjena, poput pretjeranog iscrpljivanja vodnih resursa i kanaliziranja korita, povremene tekućice su degradirane na brojne druge načine. Korištene su za odlaganje poljoprivrednih i gradskih ostataka ili kao koridori za prolazak stoke i radnih strojeva te kao prostori za vađenje riječnog sedimenta. Neadekvatno upravljanje i poplavljivanje presušenih kanala također dovodi do negativnih posljedica, primjerice širenja invazivnih vrsta iz okolnih rijeka i jezera (Datry i sur. 2014). Ovakve degradacije posljedica su nerazumijevanja funkcioniranja povremenih tokova te njihove uloge u ekosustavu (Datry i sur. 2017).

U Europskoj uniji povremene tekućice se mogu, ali i ne moraju smatrati vodenim tijelima, ovisno o načinu klasifikacije vodenih tijela, koja je specifična za svaku pojedinu regiju (Acuna i sur. 2014). Zbog neujednačenosti regulativa na razini Europske unije i nedostatka prikladne metodologije, do danas nije propisan precizan, pouzdan i standardiziran biomonitoring (praćenje biološkog stanja) za povremene tekućice. Međutim, posljednjih godina pokrenuti su brojni projekti za razvoj metoda, smjernica i protokola za poboljšanje metoda upravljanja i očuvanja povremenih tekućica (Datry i sur. 2017; Stubbington i sur. 2018.).

1.4. Makrozoobentos u ekološkim istraživanjima kopnenih voda

Makrozoobentos je taksonomski raznolika zajednica makroskopskih beskralježnjaka koji obitavaju na dnu vodenog tijela u slatkovodnim ekosustavima. Definicija ove zajednice temeljena je na veličinskoj frakciji organizama, odnosno predstavlja najveću veličinsku frakciju organizama u zoobentosu. Ovi su organizmi jedna od najvažnijih karika u hranidbenom lancu vodenih ekosustava te se pomoću analiza strukture zajednice bentičkih makrobeskralježnjaka može uočiti gotovo svaka neravnoteža u sustavu. Makrozoobentos je izrazito osjetljiv i na promjene uvjeta u vodi, zbog čega se često koristi kao pokazatelj ekološkog stanja voda (Sharma i Chowdhary 2011). Promjene u prisutnosti ili odsutnosti, broju, morfologiji, fiziologiji i ponašanju ovih organizama ukazuju da su fizikalno-kemijski parametri izvan optimalnih granica. Velika brojnost pojedinih porodica s izuzetno otpornim organizmima ukazuje na lošu kvalitetu vode (Rosenberg i sur. 1993). Najzastupljenije svojte unutar makrozoobentosa su: Annelida (kolutićavci), Mollusca (mekušci) i Arthropoda (člankonošci). Unutar člankonožaca, razred Insecta (kukci) je najbitnija i najbrojnija skupina. Čine ju uglavnom ličinke Ephemeroptera (vodencvjetovi), Plecoptera (obalčari), Trichoptera (tulari) i Odonata (vretenca), čije su ličinke strogo vezane uz vodena staništa, te Diptera (dvokrilci), Hemiptera (polukrilci) i Coleoptera (kornjaši), koji mogu imati i kopnene i vodene ličinke. Prisutnost određenih svojti na pojedinom staništu prvenstveno određuju fizikalno-kemijski parametri vode poput temperature vode, brzine strujanja vode, količine otopljenog kisika, kemije vode, dostupnosti i količine hranjivih tvari te vrste supstrata (Hershey i Lamberti 1998). Međutim, veliku važnost imaju i drugi abiotički i biotički faktori, kao što su struktura staništa, klima, geologija, kompeticija, predacija i ostalo (Moog 2002).

Supstrat je bitan za bentičke makroskopske beskralježnjake, budući da određuje dostupnost hrane i/ili služi kao zaklon od grabežljivaca, a brojne vrste koriste podlogu i kao mjesto za polaganje jaja. Vrsta supstrata znatno utječe na sastav i strukturu makrozoobentosa te njegovu organizaciju unutar zajednice. Smatra se da je veličina čestica supstrata kritični čimbenik koji utječe na raznolikost vrsta i gustoću populacija (Schleuter i Tittizer 1988). Gustoća populacija pada s povećanjem količine finije granuliranog materijala, dok raznolikost vrsta raste s raznolikošću veličinskih kategorija sedimenta. Različiti tipovi supstrata predstavljaju različita mikrostaništa uz koje su vezane pojedine zajednice životinja. Neke vrste makroskopskih

beskralješnjaka ne pokazuju isključivu sklonost jednom mikrostaništu, nego se pojavljuju u zajednicama koje se razvijaju na različitim supstratima (Schleuter i Tittizer 1988).

Vodeni makrobeskralježnjaci pokazuju veliku raznolikost i u životnim ciklusima i u razvojnim fazama. Neke svojte imaju jednu generaciju godišnje dok druge imaju dvije ili tri. Kod većine svojti koje imaju kopnenu fazu, životni ciklusi su sinkronizirani (mužjaci i ženke spolno sazrijevaju otprilike u isto vrijeme) bez obzira na broj generacija u godini, što najčešće uvjetuje temperatura vode ili duljina dana. Zbog sinkroniziranih životnih ciklusa dolazi do masovne emergencije (izlijetanja) kukaca u kratkom vremenskom razdoblju, što rezultira velikim sezonskim varijacijama u strukturi njihovih zajednica na pojedinom vodenom staništu (Hershey i Lamberti 1998).

1.5. Osnovna obilježja odabranih skupina kukaca (Insecta) dominantnih u zajednici makrozoobentosa

U uvodu ovog diplomskog rada bit će opisana osnovna obilježja skupina vodenih kukaca koji su najzastupljeniji u zajednici makrozoobentosa povremenih tekućica mediteranskog područja, pa tako i u istraživanoj rijeci Krčiću; redovi vodencvjetovi (Ephemeroptera), obalčari (Plecoptera) i tulari (Trichoptera), te porodica dvokrilaca trzalci (Chironomidae).

1.5.1 Vodencvjetovi (Insecta, Ephemeroptera)

Vodencvjetovi su razmjerno malen, ali drevan red kukaca koji broji preko 3000 opisanih vrsta (Macadam i Bennett 2010). Rasprostranjeni su na svim kontinentima osim Anktarktike. Najveći dio životnog ciklusa provode u vodenom mediju, a kratka kopnena faza usko je vezana uz traženje partnera i reprodukciju (Brittain 1990). Vodencvjetovi imaju nepotpunu preobrazbu i jedini su kukci koji u životnom ciklusu imaju dva odrasla stadija: sub-imago i imago. Sub-imago je stadij u kojem jedinke vodencvjetova imaju razvijena krila, ali se još jednom presvlače, nakon čega postaju spolno zrele te se mogu reproducirati. Kod većine vrsta postoje jasne razlike u izgledu krila te razvijenosti očiju i/ili spolnih organa između stadija sub-imaga i imaga, dok su kod nekih ta dva stadija morfološki vrlo slična, a kod nekih vrsta stadij imaga potpuno izostaje (Edmunds i McCafferty 1988). Vodencvjetovi kao odrasle jedinke nemaju razvijen usni aparat te

se u stadiju imaga uopće ne hrane, dok su u ličinačkom stadiju herbivori i detritivori. Hranu najčešće uzimaju struganjem obraštaja s tvrde podloge ili usitnjavanjem krupne organske tvari (Elliot i sur. 1988). Predstavljaju vrlo bitnu komponentu u hranidbenoj mreži slatkovodnih sustava, jer čine značajan izvor hrane za brojne vodene i kopnene predatore (Brittain i Sartori 2003). Ličinke vodencvjetova vrlo su osjetljive na promjene uvjeta u staništu. Među prvim su organizmima koji pokazuju odgovore, a dugotrajnim i intenzivnim izlaganjem promjenama mogu i potpuno nestati na degradiranom staništu. Iz tog razloga široko se koriste kao indikatori kvalitete vode te u programima biomonitoringa (Menetrey i sur. 2008).

1.5.2 Obalčari (Insecta, Plecoptera)

Uz vodencvjetove, obalčari se ubrajaju među starije redove letećih kukaca, čiji su se preci pojavili na Zemlji već u donjem permu, a poznato je oko 3000 recentnih vrsta (Popijač 2007). Obalčari također imaju nepotpunu preobrazbu s ličinkom koja živi u vodenom ekosustavu te odraslim jedinkama koje žive na kopnu. Ličinke su najčešće stanovnici hladnih tekućih voda s vrlo visokim udjelom otopljenog kisika te obitavaju na stjenovitim ili valutičastim podlogama. Samo mali broj vrsta može opstati na pješčanom supstratu (Frantz i Cordone 1996). Ličinke obalčara zauzimaju različite hranidbene niše u slatkovodnim ekosustavima - neke vrste se hrane detritusom i algama, dok su druge vrste grabežljivci. Jedinke koje su u ličinačkom stadiju bile predatorne, kao odrasle se uopće ne hrane, nego žive od nakupljenih zaliha masti, a ostale se u stadiju imaga uglavnom hrane algama, gljivama i biljkama. Ličinke obalčara izrazito su osjetljive na snižene koncentracije kisika u vodi i kemijska zagađenja vode, zbog čega su dobri indikatori za ocjenjivanje kvalitete kopnenih voda (Popijač 2007).

1.5.3. Tulari (Insecta, Trichoptera)

Gotovo sve vrste tulara u ličinačkom su stadiju vezane uz vodena staništa te se prema tome smatraju pravim vodenim kukcima, zajedno s vodencvjetovima, obalčarima i muljarima (Megaloptera). Tulari broje oko 13 000 opisanih vrsta, što ih čini najvećim i najuspješnijim redom pravih vodenih kukaca (Bouchard 2004). Oni su kukci s potpunom preobrazbom (holometabolni kukci), što znači da prije odraslog stadija imaju stadij kukuljice (Gullan i Cranston 2010). Odrasle jedinke žive na kopnu i većinu vremena obitavaju na vegetaciji uz vodena tijela. Pretežno su aktivni noću, dok se tijekom dana skrivaju u riparijskoj vegetaciji (Holzental i sur. 2007). Odrasle jedinke imaju reduciran usni aparat, osim dijela za sisanje vode i

nektara (lat. *haustellum*), koji je dobro razvijen i karakterističan upravo za tulare (Neboiss 1991). Ličinke žive u vodi i imaju meko tijelo koje je kod većine porodica zaštićeno kućicom građenom od predljivih niti. Pomoću predljivih niti mogu graditi i meke mrežice ili skloništa od biljnog materijala ili sedimenta. Smatra se da je upravo ova karakteristika zaslužna za uspješnost ovog reda, jer je omogućila zauzimanje velikog broja vodenih staništa (Holzenthal i sur. 2007). Pojedine vrste prilagođene su različitim tipovima prehrane, pa razlikujemo herbivore, detritivore i predatore. Načini uzimanja hrane također su vrlo raznoliki, pa osim predatora tulari mogu biti i strugači, sakupljači, filtratori i usitnjivači (Mackay i Wiggins 1979). Zbog osjetljivosti na onečišćenje vode i promjenu specifičnih uvjeta na staništu (temperatura, brzina strujanja vode, koncentracija otopljenog kisika u vodi), tulari predstavljaju ključne vrste u procjeni ekološkog stanja vodenih staništa (Graf i sur. 2002; Morse 2003).

1.5.4. Trzalci (Insecta, Diptera, Chironomidae)

Trzalci su najšire rasprostranjena i često najbrojnija porodica kukaca u slatkovodnim sustavima (Pinder 1986). S obzirom na izrazito veliku brojnost, u nekim vodenim ekosustavima mogu činiti i do 50 % ukupne biomase (Hamerlík i Brodersen 2010). Do danas je opisano preko 4000 vrsta (Koh i sur. 2016), ali se usavršavanjem molekularnih metoda broj novootkrivenih vrsta ubrzano povećava. Trzalci su, kao i svi dvokrilci, kukci s potpunom preobrazbom. Tijekom ličinačkog stadija i stadija kukuljice žive u vodenom okolišu, dok odrasle jedinke izlijeću i na kopnu žive manje od jednog dana (Vallenduuk i Moller Pillot 2007). Odrasle jedinke se ne hrane, a ličinke su oportunisti (svežderi) koji se mogu hraniti na razne načine: kao strugači, sakupljači, filtratori, usitnjivači i predatori (Hodkinson i Williams 1980). Kod nekih vrsta zabilježena je promjena načina hranjenja ovisno o vrsti sedimenta na kojem se nalaze (Hodkinson i Williams, 1980). Pojedine vrste trzalaca dobro su prilagođene ekstremnim uvjetima poput izrazito niskih ili visokih temperatura, koje rezultiraju smrzavanjem odnosno presušivanjem površinskih voda. Nastupanjem nepovoljnih uvjeta, jaja, ličinke i kukuljice mogu izgraditi zaštitnu ovojnicu (kokon) ili prijeći u stanje mirovanja (dijapauze) (Danks 1971; Grodhaus 1980). Velika uspješnost trzalaca u slatkovodnim ekosustavima velikim je dijelom rezultat njihove izuzetne prilagodljivosti.

1.6. Trofička struktura zajednice makrozoobentosa (funkcionalne hranidbene skupine)

Otkrivanje funkcionalnih hranidbenih skupina (eng. *functional feeding groups*) bio je veliki korak za bolje razumijevanje procesa koji se zbivaju u tekućicama. Analizom funkcionalnih hranidbenih skupina dobiva se uvid u odnose između procesa izgradnje, razgradnje i mineralizacije. Ovi se procesi odvijaju neometano duž toka stabilne prirodne rijeke, obuhvaćajući i biokemijske cikluse zaslužne za niz procesa asimilacije i respiracije (Moog 2002). Takav koncept grupira organizme prema njihovoj funkciji u hranidbenoj mreži te načinu na koji uzimaju hranu, a ne prema taksonomskoj kategorizaciji (Cumminis 1974). Kategorizacija svojti prema funkcionalnim hranidbenim skupinama utemeljena je na obliku usnih organa, prehrambenim navikama i hrani koju konzumiraju (Moog 2002). Glavne funkcionalne skupine su: strugači (eng. *grazers / scrapers*) – konzumiraju alge i drugi obraštaj; usitnjivači (eng. *shredders*) – hrane se otpalim lišćem ili krupnom organskom tvari; procjeđivači i sakupljači (eng. *collectors, filterers*) – prikupljaju sitne organske čestice pomoću različitih nastavaka za filtriranje vode, mogu biti aktivni i pasivni; detritivori – uzimaju sitnu organsku tvar koja se nataložila na dno tekućice; ksilofagi – konzumiraju čestice usitnjenog drveta; paraziti – hrane se na drugom organizmu (domaćinu); predatori – hrane se ostalim funkcionalnim skupinama; omnivori – vrste s vrlo raznolikom prehranom, te ostali koji se ne mogu svrstati ni u jednu od navedenih kategorija (Moog 2002). Međutim, podjela po funkcionalnim hranidbenim skupinama nije uvijek pouzdana. Pojedine svojte, ovisno o okolišu u kojem se nalaze i dostupnim izvorima hrane, mogu mijenjati svoje načine prehrane (Lamberti 1996). Također, načini prehrane se mogu mijenjati kroz razvojni ciklus (Merritt i Cuminis 1986).

1.7. Koncept riječnog kontinuiteta (RCC)

Koncept riječnog kontinuiteta (RCC – eng. *river continuum concept*) objašnjava izmjenu fizikalno-kemijskih parametara vode i izvora hrane duž toka neke tekućice, ali ukazuje i na prilagođenost bioloških zajednica promjeni uvjeta u okolišu te se može pratiti njihovo izmjenjivanje od izvora prema ušću. Autori koncepta rijeku dijele na tri toka: gornji tok (eng. *upper reaches*) – potoci, koji prema klasifikaciji tekućica pripadaju 1-3 redu; srednji tok (eng. *middle reaches*) – male rijeke koje pripadaju 4-6 redu tekućica te donji tok (eng. *lower reaches*) – velike rijeke koje su 7 ili viši red tekućice (Vannote i sur. 1980).

Prema ovom konceptu, u malim potocima (gornji tokovi) okolna vegetacija igra veliku ulogu. Tokovi su zasjenjeni, svjetlost koja dopire do površine vode je ograničena, što ograničava razvoj primarnih proizvođača. Zbog velikog pritoka alohtone organske tvari s kopna, poput otpalog lišća i komadića drveta, u zajednici makrobeskralježnjaka dominiraju usitnjivači te detritivori koji prikupljaju sitnije čestice nastale usitnjavanjem listinca. U malim rijekama utjecaj riparijske vegetacije se značajno smanjuje, a povećava se utjecaj sunčeve svjetlosti, zbog čega dolazi do razvoja obraštaja (alge, bakterije, gljive) te do povećavanja broja strugača, koji zamjenjuju usitnjivače. U velikim je rijekama situacija posve drukčija - primarna produkcija se smanjuje, a osnovni izvor hrane čine sitne organske čestice, zbog čega u zajednici dominiraju sakupljači i procjeđivači (Hershey i Lamberti 1998, Moog 2002). Predatori su u zajednici makrobeskralježnjaka zastupljeni u malom broju, ali njihova je brojnost u pravilu stabilna i ujednačena u svim dijelovima toka. Uloga predatora je održavanje ravnoteže unutar zajednice (Hawkins i Sedell 1981).

Međutim, koncept riječnog kontinuiteta ne vrijedi za sve tekućice. Kod rijeka koje se odlikuju velikom prostornom i vremenskom dinamikom ne dolazi do pravilne longitudinalne izmjene parametara vode, a time ni zajednica makrobeskralježnjaka (Pringle i sur. 1988). Tako na primjer, u tekućicama u krškom području, uključujući i Dinaride, zajednice vodenih kukaca ne odgovaraju ovom konceptu (npr. zajednica tulara na području Plitvičkih jezera; Šemnički i sur. 2012, zajednica vodencvjetova u rijeci Cetini; Vilenica i sur. 2016).

1.8. Ciljevi rada

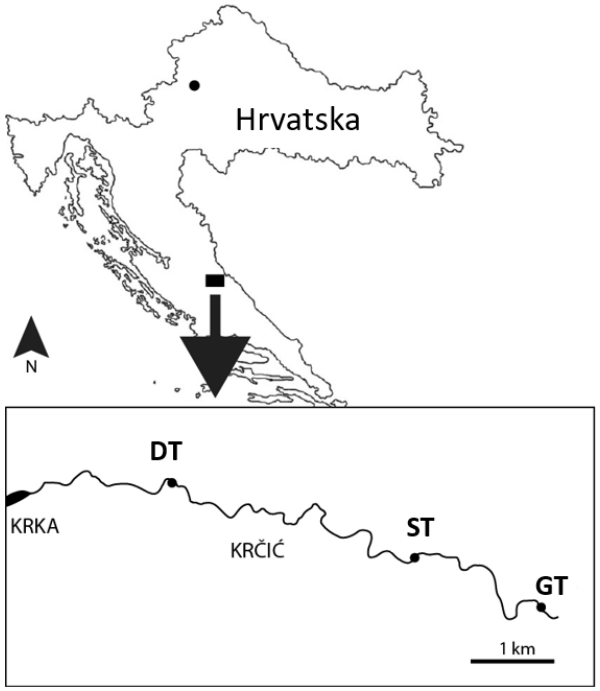
Ciljevi ovog diplomskog rada usmjereni su ka istraživanju sastava i strukture zajednice makrozoobentosa povremene rijeke Krčića te njihovih promjena u prostornom i vremenskom gradijentu. Sukladno tome, postavljeni su specifični ciljevi:

- utvrditi i usporediti sastav, strukturu i raznolikost zajednice makrozoobentosa te brojnost pojedinih svojti makrobeskralježnjaka na različitim dijelovima toka rijeke Krčića u različitim sezonama;
- usporediti sastav i strukturu zajednice makrozoobentosa na dominantnim mikrostaništima (s obzirom na podlogu) na različitim dijelovima toka rijeke Krčića u različitim sezonama;
- procijeniti potencijal rijeke Krčića da postane referentna povremena tekućica za monitoring u dinarskoj submediteranskoj regiji.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno na rijeci Krčiću koja se nalazi nedaleko od grada Knina, a izvire u podnožju planine Dinare na oko 370 m nadmorske visine (Slika 1). Njen nadzemni tok dug je svega 10-ak km, a završava ulijevanjem u rijeku Krku u obliku slapa Topoljski buk. Rijeka Krčić čini jedinstvenu hidrološku cjelinu s Krkom te je zajedno s njom zaštićena 1964. godine zbog mnoštva krških fenomena. Osim što je zaštićeni krajobraz, uvrštena je u ekološku mrežu zbog prisutnosti značajnih populacija šišmiša (veliki i južni potkovnjak) te zbog specifičnih i važnih staništa kao što su sedrene barijere te jame i špilje zatvorene za javnost (URL1). S druge strane, planovi o izgradnji malih hidrocentrala na Krčiću ponovo su aktualizirani, unatoč činjenici da se radi o povremenoj tekućici, a izgradnja istih bi dovela do značajnih hidromorfoloških, te posredno i ekoloških promjena (Hydro Green 2017).

Rijeka Krčić je povremena tekućica, koju karakterizira sezonska izmjena sušnih i tekućih faza. Ona u pravilu presušuje svake godine, sušni period počinje početkom ili sredinom srpnja, a najčešće traje do rujna. Međutim, ovisno o količini padalina, suša može trajati i tijekom zimskih mjeseci (Bonacci 1985) (Slika 2). Na završetak suhog perioda snažno utječu prve snažne jesenske ili zimske kiše koje dostignu 80 – 100 mm unutar 24 – 72 sata. Slivno područje Krčića obuhvaća površinu od oko 157 km^2, a nalazi se na dolomitima gornjeg trijasa, dolomitima i vapnencima krede te kvartarnim aluvijalnim sedimentima. I sam tok rijeke Krčića leži na dolomitnim i vapnenačkim naslagama, što uvelike utječe na vodni režim rijeke. Zbog snažne okršenosti riječnog korita na donjem dijelu Krčića, dolazi do velikog gubitka vode kroz pukotine u stijenama, zbog čega gornji i srednji tok imaju značajno veći prosječni godišnji protok vode u odnosu na donji tok (Bonacci i sur. 2006). Prosječna količina padalina ove regije je 1100 mm, a ovisno o godini varira između 800 mm i 1600 mm. Klima je kontinentalna s utjecajem mediteranske, a karakteriziraju je vruća ljeta u kojima temperatura doseže i do 35 °C te hladne zime tijekom kojih se temperatura spušta do -5 °C (Bonacci 1985). Velike temperaturne razlike dodatno potiču okršavanje vapnenca i dolomita u ovoj regiji.



Slika 1. Geografski položaj Krčića te postaje na kojima su prikupljeni uzorci: GT – gornji tok, ST – srednji tok, DT – donji tok.



Slika 2. Vodena (A) i suha faza (B) izvorišnog dijela Krčića (fotografirala A. Previšić).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Uzorkovanje zajednice makrozoobentosa

Terensko uzorkovanje zajednice makrozoobentosa provedeno je u dvije sezone: kasno proljeće/rano ljeto (9. lipnja) i zimu (1. prosinca) 2016. godine tijekom vodene faze rijeke Krčića. Uzorci su prikupljeni uz pomoć standardne mreže za kvantitativno uzorkovanje makrozoobentosa (okvir mreže 25x25 cm, promjer oka 500 μm). Mreža se uranjala u vodu na dubinu 5 – 60 cm s otvorom prema izvorišnom dijelu rijeke. Sediment na površini od oko 25x25 cm ispred mreže se snažnim udarcima nogom gurao u mrežicu, pri čemu je pomogla i struja vode koja je uzdignute čestice odnosila nizvodno u mrežicu. Uzorkovanje se provodilo na tri dijela toka – gornjem, srednjem i donjem toku (Slike 1 i 3). Na svakom dijelu toka odabrana su po tri dominantna mikrostaništa na kojima su uzorci uzimani u triplikatu (Tablica 1). Na gornjem toku dominantna mikrostaništa bila su: mahovina, fital i valutice, a na srednjem toku: mahovina, pijesak i valutice. Mikrostaništa se u gornjem i srednjem toku nisu mijenjala s obzirom na sezonu uzorkovanja (Tablica 1). S druge strane, na donjem toku u obje je sezone dominirao pijesak i ksilal, a uzorkovanje na mahovini je provedeno samo u lipnju, dok se na kamenju uzorkovalo samo u prosincu (Tablica 1).

Prikupljeni uzorak je prvotno pročišćen od mulja, krupnog kamenja te velikih biljnih ostataka, nakon čega se pohranjivao u plastične posude i konzervirao u 96 % etanolu. Uzorci su zatim prevezeni u laboratorij i smješteni na hladno i tamno mjesto.



Slika 3. Dijelovi toka Krčića na kojima je provedeno uzorkovanje zajednice makrozobentosa: (A) gornji dio toka, (B) srednji dio toka, (C) donji dio toka, te šuma topole na donjem dijelu toka (D) (fotografirala A. Previšić).

Tablica 1. Shema uzorkovanja na Krčiću u lipnju i prosincu na 3 dijela toka (GT – gornji tok, ST – srednji tok, DT – donji tok). Bojama su prikazana dominantna mikrostaništa na postajama, gdje je uzorkovanje provedeno (fital – F, mahovina – M, valutice – V, pijesak – P, kamenje – K, ksilal – X), dok brojevi od 1 do 3 označavaju poduzorke prikupljene na pojedinom mikrostaništu na postajama duž toka.

	Lipanj		Prosinac	
Dio toka	Mikrostanište	Uzorak	Mikrostanište	Uzorak
GT	M	M1	M	M1
		M2		M2
		M3		M3
	F	F1	F	F1
		F2		F2
		F3		F3
	V	V1	V	V1
		V2		V2
		V3		V3
ST	M	M1	M	M1
		M2		M2
		M3		M3
	P	P1	P	P1
		P2		P2
		P3		P3
	V	V1	V	V1
		V2		V2
		V3		V3
DT	P	P1	P	P1
		P2		P2
		P3		P3
	X	K1	X	X1
		K2		X2
		K3		X3
	M	M1	K	K1
		M2		K2
		M3		K3

3.2. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode

Tijekom uzorkovanja vodenih beskralješnjaka mjereni su i fizikalno-kemijski parametri vode pomoću WTW sondi. Sondom WTW Oxi 330 mjerena je temperature vode (°C), količina otopljenog kisika u vodi (mg/L) i zasićenje vode kisikom (%). Sondom WTW pH 340i mjeren je pH vode, a sondom WTW Cond 340i mjerena je električna provodljivost vode (µS/cm). Alkalinitet vode (mg/L) mjeren je titriranjem uzorka vode s kloridnom kiselinom (HCl) uz metiloranž kao indikator.

3.3. Izolacija i determinacija uzoraka makrobeskralježnjaka

Na binokularnoj lupi u laboratoriju je pregledan prikupljeni materijal. Iz svakog prikupljenog uzorka makroskopski beskralježnjaci su izdvojeni prema taksonomskim skupinama, prilikom čega se bilježio i njihov broj u uzorku. Izdvojeni beskralježnjaci odvojeni su u zasebne epruvete te konzervirani u 75 % etanolu. Ličinke najbrojnijih skupina kukaca, redova Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera i dipterske porodice Chironomidae, određene su do najniže moguće taksonomske kategorije uz pomoć standardnih determinacijskih ključeva (Waringer i Graf 2011, Zwick 2004, Moller Pillot 2009, Orendt i Spies 2013, Bauernfeindn i Humpesch 2001, Jakob 1974). Pritom, jedinke iz reda Plecoptera i dvokrilaca iz porodice Chironomidae određene su uglavnom do razine roda, jedinke iz reda Trichoptera do razine roda ili vrste, dok su sve jedinke iz reda Ephemeroptera određene do razine vrste.

3.4. Analiza podataka

Podaci o brojnosti jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa i fizikalno-kemijskih parametara vode uneseni su u računalni program Microsoft Excel 2016 te je u njemu izrađena većina grafičkih prikaza i tablica. Gustoća jedinki pronađenih u uzorku izražen je kao broj jedinki na jediničnoj površini (1 m^2) te su iz dobivenih podataka provedene daljnje analize. Kako bi se utvrdila raznolikost zajednice makrozoobentosa, izračunati su idući indeksi: Shannon-Wienerov i Simpsonov indeks sličnosti, Pielouov indeks ujednačenosti te EPT i EP indeks, koristeći programski paket Asterics 4.0.4.

Shannon-Wienerov indeks raznolikosti (H') služi za uspoređivanje raznolikosti dvaju ili više skupova podataka – između dvaju ili više postaja ili iste postaje u različitim vremenskim periodima. Vrijednosti ovog indeksa kreću se u rasponu od 0 do 5, ali najčešće su u rasponu od 1,5 do 3,5. Osjetljiv je na promjene broja rijetkih vrsta u uzorku, a računa se prema formuli:

$$H' = -\sum_{i=0}^{n} pi \ln pi$$

Pri čemu je: *pi* – udio jedinki vrste *i* u zajednici.

Simpsonov indeks raznolikosti (λ) izražava vjerojatnost da dvije slučajno odabrane jedinke iz zajednice pripadaju različitim vrstama. Vrijednosti se kreću u rasponu od 0 do 1, gdje 0 označava beskonačnu raznolikost, a 1 označava potpunu odsutnost raznolikosti. Osjetljiv je na promjene broja dominantnih vrsta u uzorku, a izračunava se prema formuli:

$$\lambda = \sum_{i}^{n} pi^2$$

pri čemu je: *pi* – udio jedinski vrste *i* u zajednici

Indeks ujednačenosti zajednice ili Pielouov indeks (J') predstavlja omjer izračunate raznolikosti zajednice i maksimalne moguće raznolikosti zajednice (kada su sve vrste u zajednici zastupljene s jednakim udjelima). Vrijednosti se kreću u rasponu od 0 do 1, a prisutnošću dominantnih vrsta u zajednici vrijednost ujednačenosti je niža (Mulder i sur 2004). Pieluov indeks računa se prema formuli:

$$J' = H' \log(S)$$

pri čemu je: H' - Shannon-Wienerov indeks,

S - ukupni broj vrsta u zajednici.

EPT % i EP %, te EPT i EP indeksi ukazuju na kvalitetu vode s obzirom na zastupljenost vodenih redova kukaca: vodencvjetova (Ephemeroptera), obalčara (Plecoptera) i tulara (Trichoptera), koji imaju nisku toleranciju na zagađenje (Lenat i Penrose 1996).

EPT indeks – ukupan broj svojti Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera u zajednici

EP indeks – ukupan broj broj svojti Ephemeroptera i Plecoptera u zajednici

Dok se EPT % i EP % indeksi računaju prema formulama (Moog i sur. 2010):

$$\frac{N(EPT)}{S} = EPT(\%), \text{ odnosno: } \frac{N(EP)}{S} = EP(\%)$$

Pri čemu je: N(EPT) – ukupan broj jedinki Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera u zajednici

N(EP) – ukupan broj jedinki Ephemeroptera, Plecoptera u zajednici

S – ukupan broj jedinki u zajednici

EPT % – udio broja jedinki Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera u zajednici

EP % – udio broja jedinki Ephemeroptera, Plecoptera u zajednici

Kako bi se utvrdila sličnost zajednica makrozoobentosa između postaja i sezona uzorkovanja te sklonosti pojedinom mikrostaništu, provedena je analiza multidimenzionalnog skaliranja (MDS – eng. *multidimensional scaling analysis*) i klaster analiza u programskom paketu Primer 6.0 (Clarke i Warwick 2001; Clarke i Gorley 2006). MDS analiza utemeljena je na Bray-Curtis-ovom indeksu sličnosti.

Analiza trofičke strukture zajednice makrozoobentosa provedena je pomoću programskog paketa Asterics 4.0.4 prema metodi Moog i sur. (2010). U analizu su uključene sve svojte makrobeskralježnjaka.

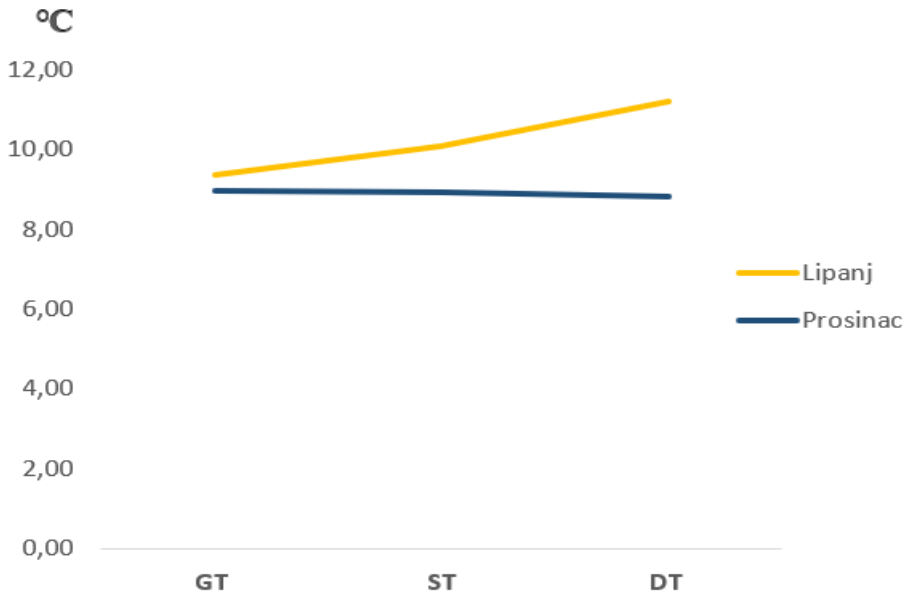
Kanonička analiza korespondencije (CCA – eng. *canonical correspondence analysis*) grafički prikazuje odnose između bioloških skupova vrsta i njihovog okoliša (Ter Braak i Verdonschot 1995). CCA analiza provedena je pomoću programskog paketa CANOCO (Ter Braak i Smilauer 1998), a u ovom istraživanju korištena je za određivanje glavnih ekoloških čimbenika koji utječu na sastav zajednice makrobeskralježnjaka.

4. REZULTATI

4.1. Fizikalno-kemijski parametri vode duž toka rijeke Krčića

4.1.1. Temperatura vode

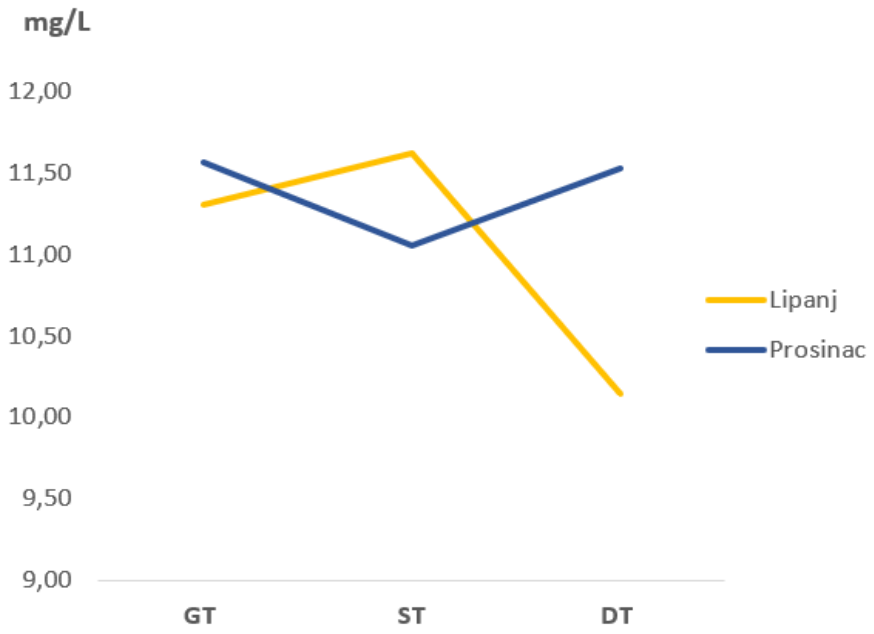
Tijekom ovog istraživanja, sezonske razlike u temperaturi vode u rijeci Krčiću bile su vrlo male. Prosječna vrijednost temperature vode za lipanj iznosila je 10,22 °C, s najnižom zabilježenom temperaturom (9,37 °C) na gornjem dijelu toka i najvišom temperaturom (11,20 °C) na donjem dijelu toka. U prosincu je situacija bila obratna, najviša temperatura vode zabilježena je na gornjem dijelu toka (8,97 °C), a najniža na donjem dijelu toka (8,83 °C), dok je srednja vrijednost temperature iznosila 8,91 (Slika 4).



Slika 4. Temperatura vode izmjerena u lipnju i prosincu na 3 postaje na rijeci Krčiću: GT – gornji tok; ST – srednji tok; DT – donji tok.

4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika

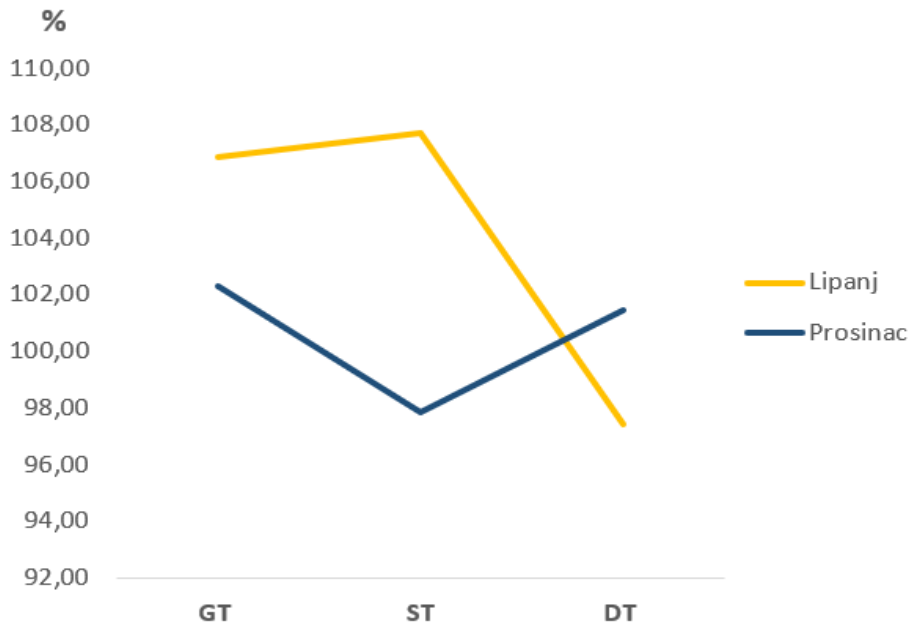
Prosječna koncentracija otopljenog kisika za lipanj (11,02 mg/L) bila je nešto niža u odnosu na prosječnu koncentraciju u prosincu (11,38 mg/L). U prosincu, najniža vrijednost izmjerena je u srednjem dijelu toka (11,05 mg/L), dok su gornji i donji tok imali približno jednake vrijednosti. Za razliku od prosinca, u lipnju je najviša vrijednost izmjerena u srednjem toku (11,62 mg/L), ali u donjem toku drastično pada (10,14 mg/L) (Slika 5).



Slika 5. Koncentracija otopljenog kisika u vodi u lipnju i prosincu na 3 postaje na rijeci Krčiću: GT – gornji tok; ST – srednji tok; DT – donji tok.

4.1.3. Zasićenje kisikom

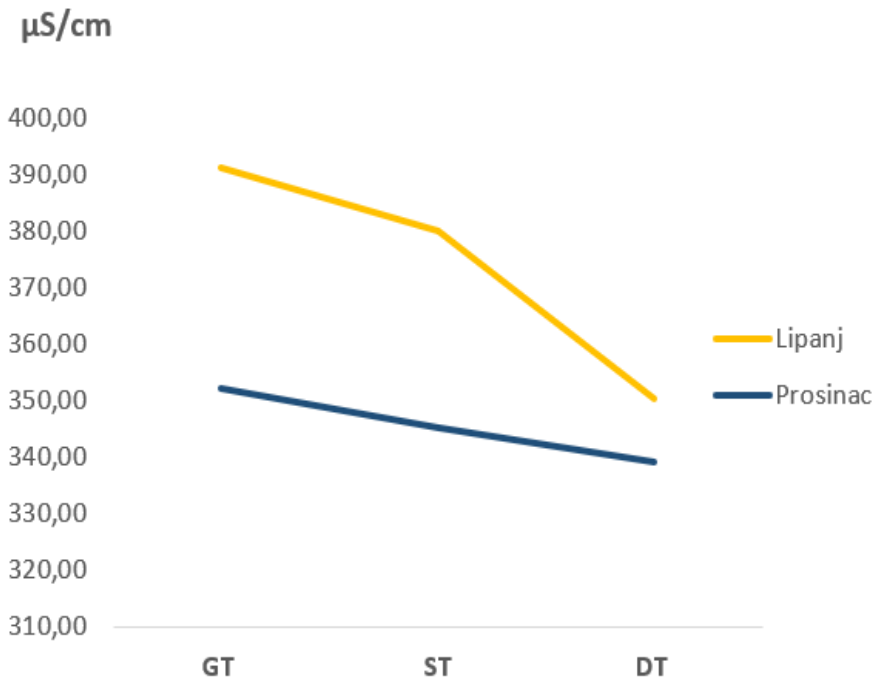
Zasićenje kisikom pratilo je isti trend kao koncentracija otopljenog kisika u vodi. Najviša vrijednost dobivena je u lipnju u srednjem toku (107,70 %), a najniža u lipnju u donjem toku (97,43 %). U prosincu su razlike među postajama bile razmjerno male (Slika 6).



Slika 6. Koncentracija otopljenog kisika u vodi u lipnju i prosincu na 3 postaje na rijeci Krčiću: GT – gornji tok; ST – srednji tok; DT – donji tok.

4.1.4. Provodljivost

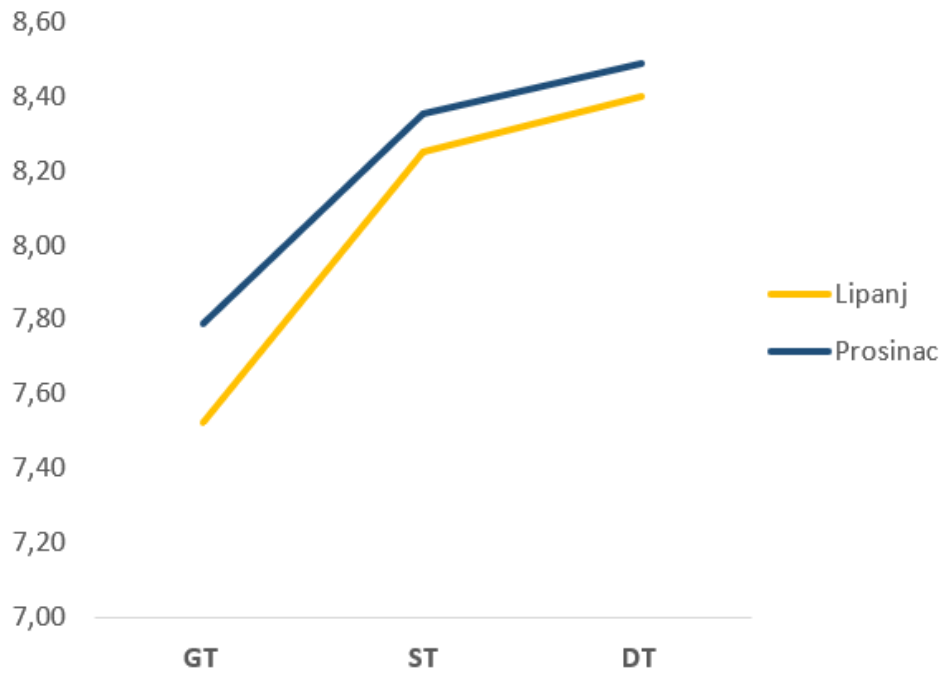
Provodljivost je na svim postajama u lipnju bila viša nego u prosincu. Prosječna vrijednost za lipanj iznosila je 373,89 µS/cm, dok je za prosinac iznosila 345,44 µS/cm. U lipnju je najviša vrijednost zabilježena na gornjem toku (391,33 µS/cm) te se spuštala prema donjem toku (350,33 µS/cm). U prosincu se provodljivost linearno smanjivala od gornjeg (352,00 µS/cm) prema donjem toku (339,00 µS/cm) (Slika 7).



Slika 7. Provodljivost vode u lipnju i prosincu na 3 postaje na rijeci Krčiću: GT – gornji tok; ST – srednji tok; DT – donji tok.

4.1.5. pH vrijednost vode

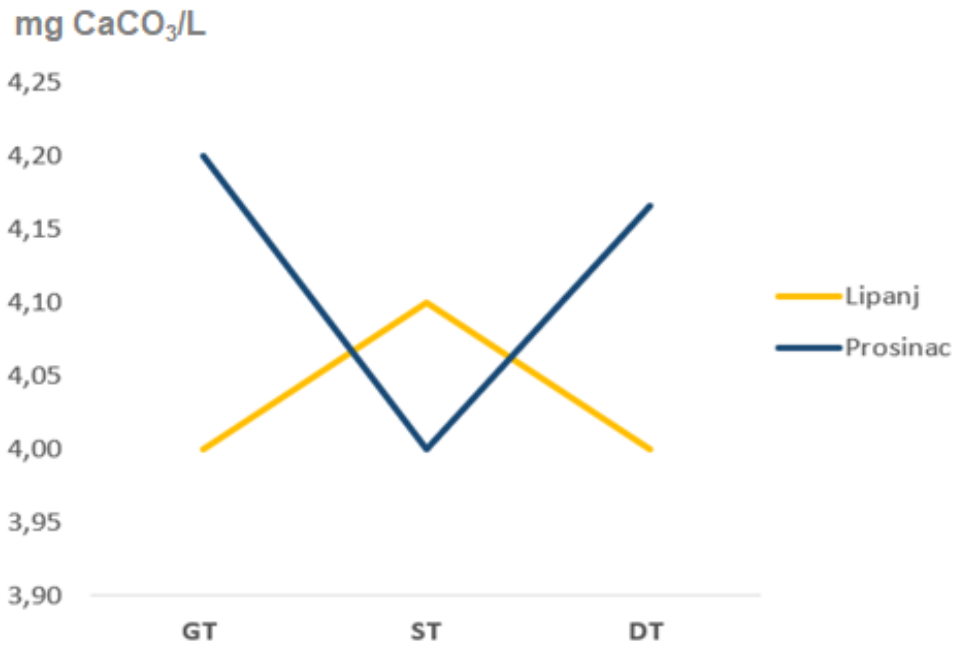
pH vrijednost vode je imala isti trend duž toka rijeke Krčića tijekom lipnja i prosinca, ali su u prosincu vrijednosti bile nešto više u odnosu na lipanj (Slika 8). Najniža vrijednost pH izmjerena je na gornjem toku (lipanj: 7,52; prosinac: 7,79), te se povećavala prema donjem toku (lipanj: 8,40; prosinac: 8,49).



Slika 8. pH vrijednost vode u lipnju i prosincu na 3 postaje na rijeci Krčiću: GT – gornji tok; ST – srednji tok; DT – donji tok.

4.1.6. Alkalinitet vode

Alkalinitet vode je u lipnju imao suprotan trend u odnosu na prosinac. U prosincu je bio najviši na gornjem toku (4,20 mg $CaCO_3$/L), na srednjem toku njegova vrijednost pada (4,00 mg $CaCO_3$/L) te na donjem toku ponovno raste. U lipnju je alkalinitet bio jednak na gornjem i donjem toku (4,00 mg $CaCO_3$/L), a nešto viši na srednjem toku (4,10 mg $CaCO_3$/L) (Slika 8).



Slika 9. Alkalinitet vode u lipnju i prosincu na 3 postaje na rijeci Krčiću: GT – gornji tok; ST – srednji tok; DT – donji tok.

4.1.7. Sastav zajednice makrozoobentosa povremene rijeke Krčića

Najbrojnija skupina kukaca u rijeci Krčiću bila je dipterska porodica Chironomidae (trzalci) s ukupno 14 zabilježenih rodova. Sljedeći redovi kukaca: Plecoptera (obalčari), Ephemeroptera (vodencvjetovi) te Trichoptera (tulari), također su bili zastupljeni u velikom broju, međutim sa znatno manjom raznolikošću. Unutar reda Plecoptera zabilježili smo ukupno 4 roda i jednu porodicu, dok redovi Ephemeroptera i Trichoptera pokazuju vrlo malu raznolikost, sa samo 3 vrste odnosno roda utvrđena ovim istraživanjem (Tablica 2).

Tablica 2. Popis svojti makroskopskih beskralježnjaka prikupljenih na povremenoj rijeci Krčiću, s gustoćom jedinki u uzorku izraženoj kao broj jedinki/m^2.

Svojta	**Brojnost jedinki u uzorku**
Acari	**112**
Amphipoda	**32032**
Gammaridae	
Sinurella ambulans Müller, 1846	31968
Niphargidae	
Niphargus sp.	64
Araneae	**32**
Coleoptera	**1648**
Collembola	**256**
Diptera	**492000**
Chironomidae	487406
Brillia sp.	160
Chaetocladius sp.	10960
Corynoneura sp.	5760
Cricotopus sp.	80110
Diamesa sp.	8128
Eukiefferiella sp.	2912
Micropsectra sp.	203536
Orthocladius sp.	91232
Paracladopelma sp.	288
Polypedilum sp.	3856
Procladius sp.	736
Rheocricotopus sp.	76544
Smittia sp.	32
Thienemanniella sp.	1488
Chironomidae neodređeno	1664
Ceratopogonidae	16
Dolichopodidae	16
Empididae	162
Simuliidae	2592
Stratiomydae	96
Tabanidae	16
Diptera neodređeno	1696

Tablica 2. Popis svojti makrobeskralježnjaka prikupljenih na povremenoj rijeci Krčiću, s gustoćom jedinki u uzorku izraženoj kao broj jedinki/m^2 (nastavak tablice s prethodne stranice).

Svojta	Brojnost jedinki u uzorku
Ephemeroptera	**60720**
Baetidae	
Baetis rhodani Pictet, 1843	60272
Heptageniidae	
Rhithrogena braaschi Jacob, 1974	432
Siphlonuridae	
Siphlonurus aestivalis Eaton, 1903	16
Gastropoda	**48**
Hemiptera	**160**
Hirudinea	**288**
Hymenoptera	**172**
Isopoda	**16**
Lepidoptera	**16**
Myriapoda	**16**
Nematoda	**372**
Oligochaeta	**14928**
Ostracoda	**2720**
Plecoptera	**65584**
Capniidae	3728
Leuctridae	832
Leuctra sp.	672
Leuctridae neodređeno	160
Nemouridae	
Protonemura sp.	11696
Perlodidae	21920
Isoperla sp.	21488
Perlodidae neodređeno	432
Taeniopterygidae	
Brachyptera sp.	27104
Plecoptera neodređeno	304

Tablica 2. Popis svojti makroskopskih beskralježnjaka prikupljenih na povremenoj rijeci Krčiću, s gustoćom jedinki u uzorku izraženoj kao broj jedinki/m^2 (nastavak tablice s prethodne stranice).

Svojta	**Brojnost jedinki u uzorku**
Trichoptera	**14608**
Limnephilidae	14416
Limnephilus sp.	16
Micropterna nycterobia McLachlan, 1875	14400
Rhyacophilidae	144
Rhyacophila balcanica Radovanović, 1953	16
Rhyacophila sp.	128

Ukupna gustoća makroskopskih beskralješnjaka iznosi 680304 jedinki/m^2 (Tablica 2). Najveća gustoća jedinki uočena je kod reda Diptera, unutar kojeg dominira porodica Chironomidae s ukupnom gustoćom 487406 jedinki/m^2. Ostale skupine s velikom brojnošću jedinki bile su: Plecoptera (65584 jedinki/m^2), Ephemeroptera (60720 jedinki/m^2), Gammaridae (31968 jedinki/m^2), Oligochaeta (14928 jedinki/m^2) i Trichoptera (14608 jedinki/m^2).

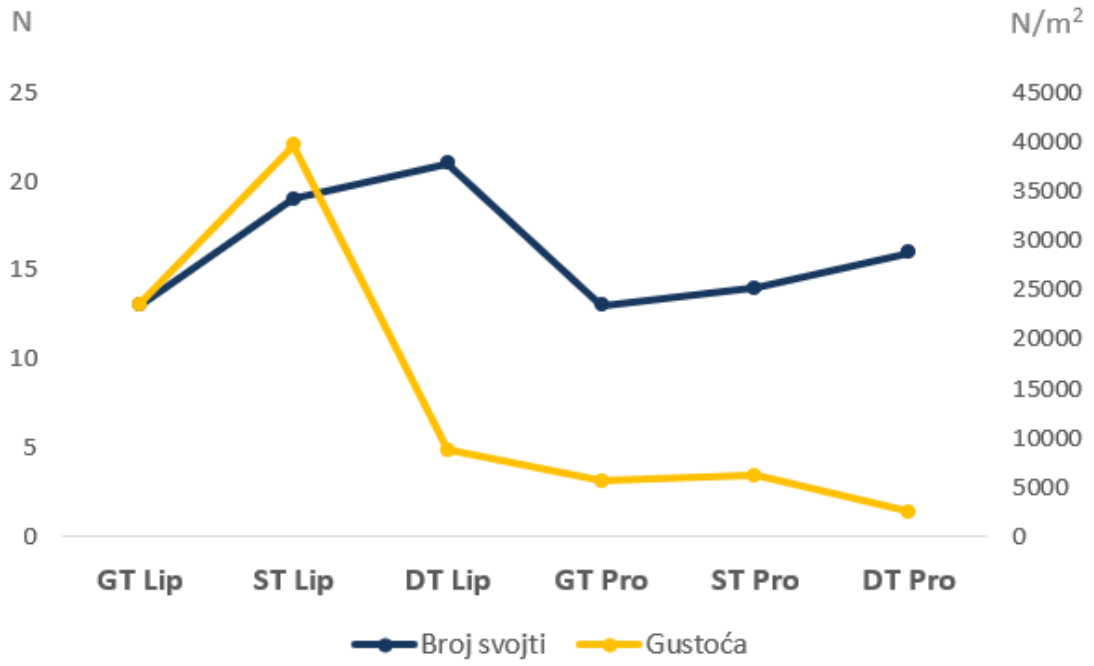
Uspoređujući tri postaje uzorkovanja, srednji tok je imao najveću gustoću jedinki (394176 jedinki/m^2), a donji tok najmanju (81008 jedinki/m^2), dok je gustoća jedinki u gornjem toku iznosila 205120 jedinki/m^2. Međutim, broj svojti imao je drukčiji trend – 31 svojta zabilježena je u donjem dijelu toka, u srednjem je zabilježeno 28 svojti, a u gornjem 26 svojti. Mnogo veća gustoća jedinki zabilježena je u lipnju (558144 jedinki/m^2) u odnosu na prosinac (122160 jedinki/m^2), a broj svojti bio je približno jednak u oba mjeseca – u lipnju 17 svojti, u prosincu 16 svojti.

4.2. Promjene sastava i strukture zajednice makrozoobentosa rijeke Krčića u prostornom i vremenskom smislu

4.2.1. Broj svojti i gustoća jedinki makrozoobentosa rijeke Krčića

Broj svojti unutar zajednice rastao je od gornjeg prema donjem toku i u lipnju i u prosincu. U donjem toku u lipnju zabilježeno je najviše svojti (21), dok se u prosincu broj svojti na ovoj postaji znatno smanjio (16). U gornjem toku broj svojti se nije mijenjao tijekom sezone i iznosio je 13 svojti u oba mjeseca (Slika 10).

Gustoća jedinki unutar zajednice u prosincu se kretala između 2485 i 6209 jedinki/m^2. Najviša vrijednost gustoće jedinki u prosincu je zabilježena u srednjem toku, a najniža u donjem toku. Međutim, u lipnju je gustoća zajednice jako varirala s obzirom na postaju. Gornji tok imao je veliku gustoću jedinki (23524 po m^2), u srednjem se toku gustoća dodatno povećava (39629 jedinki/m^2), dok u donjem toku pada na 8740 jedinki/m^2.

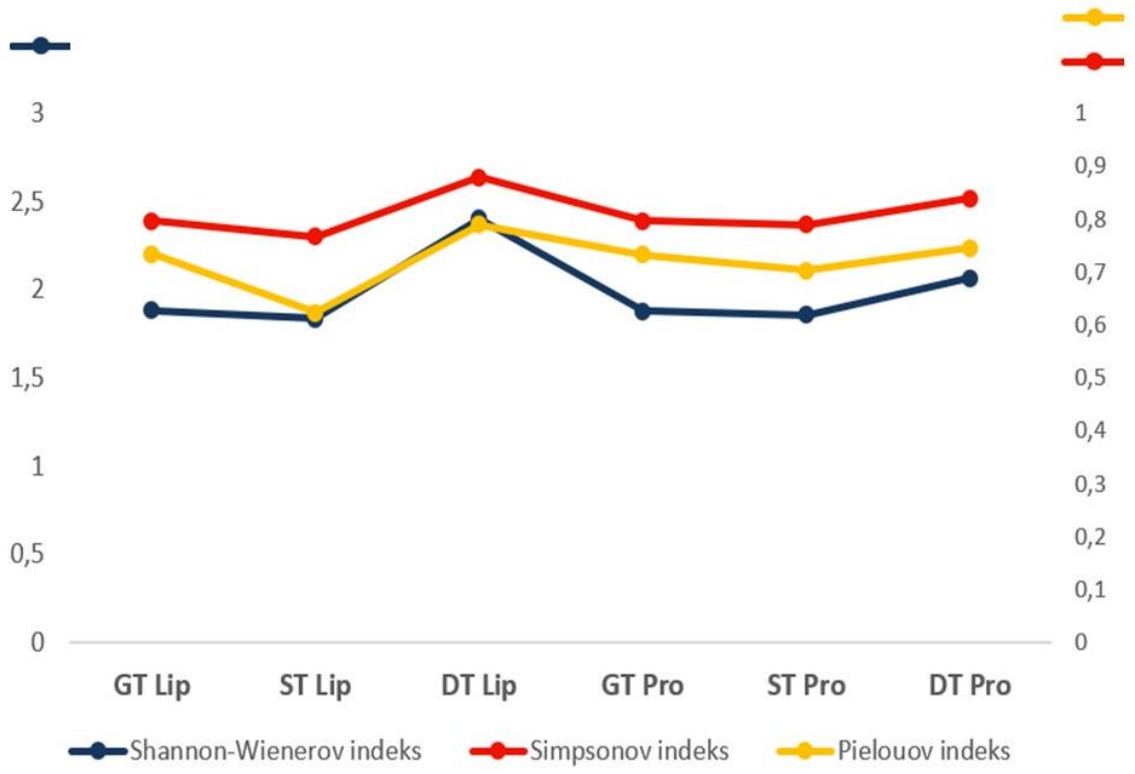


Slika 10. Gustoća zajednice makrozoobentosa izražena kao broj jedinki po jediničnoj površini (1 m^2) i broj svojti unutar zajednice makrozoobentosa na tri postaje duž rijeke Krčića (GT – gornji tok, ST – srednji tok, DT – donji tok) u različitim sezonama uzorkovanja (Lip – lipanj, Pro – prosinac).

4.2.2. Raznolikost i ujednačenost zajednice makrozoobentosa rijeke Krčića

U obje sezone uzorkovanja, vrijednosti Simpsonovog indeksa raznolikosti i Pielouovog indeksa ujednačenosti minimalno su se razlikovale među postajama. Najniža vrijednost Simpsonovog indeksa zabilježena je u srednjem toku u lipnju (0,767), a najviša u donjem toku u lipnju (0,879). Pielouov indeks kretao se u rasponu vrijednosti od 0,624 do 0,789, istim trendom kao Simpsonov indeks.

Shannon-Wienerov indeks raznolikosti pokazivao je veće varijacije među postajama i sezonama uzorkovanja, ali pratio je isti trend kao gore navedeni indeksi. Najniža vrijednost zabilježena je u srednjem toku u lipnju (1,838), a najviša u donjem toku u lipnju (2,403). U prosincu vrijednosti sva tri indeksa rastu od gornjeg toka prema donjem (Slika 11).

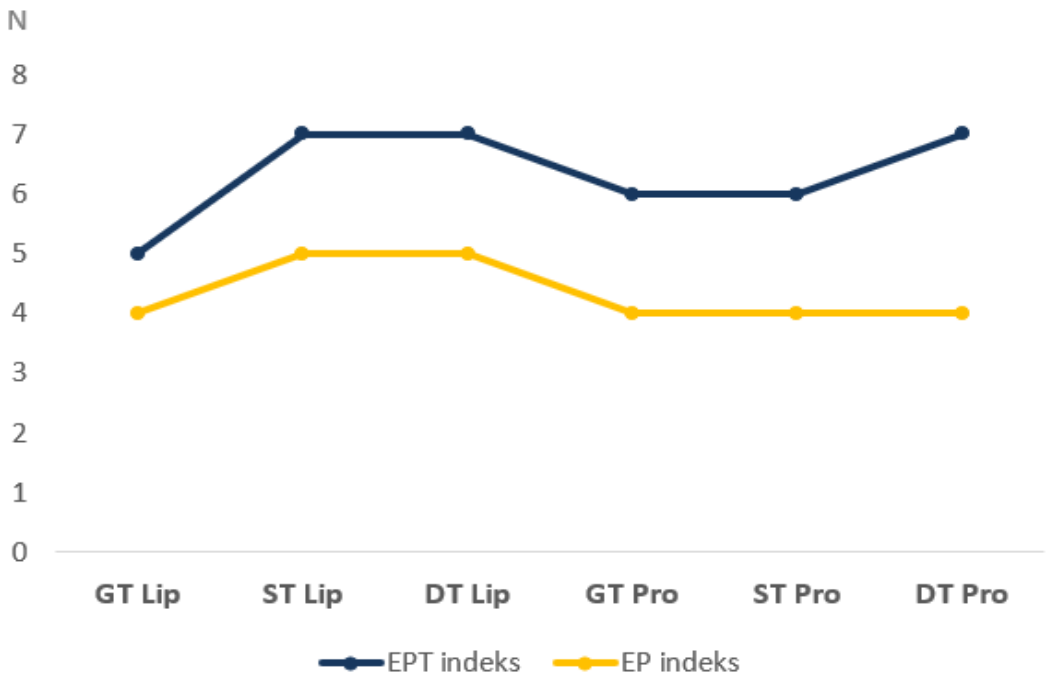


Slika 11. Simpsonov i Shannon-Wienerov indeks raznolikosti i Pielouov indeks ujednačenosti zajednice makrozoobentosa na tri postaje duž rijeke Krčića (GT – gornji tok, ST – srednji tok, DT – donji tok) u različitim sezonama uzorkovanja (Lip – lipanj, Pro – prosinac).

4.2.3. EPT i EP indeksi zajednice makrozoobentosa rijeke Krčića

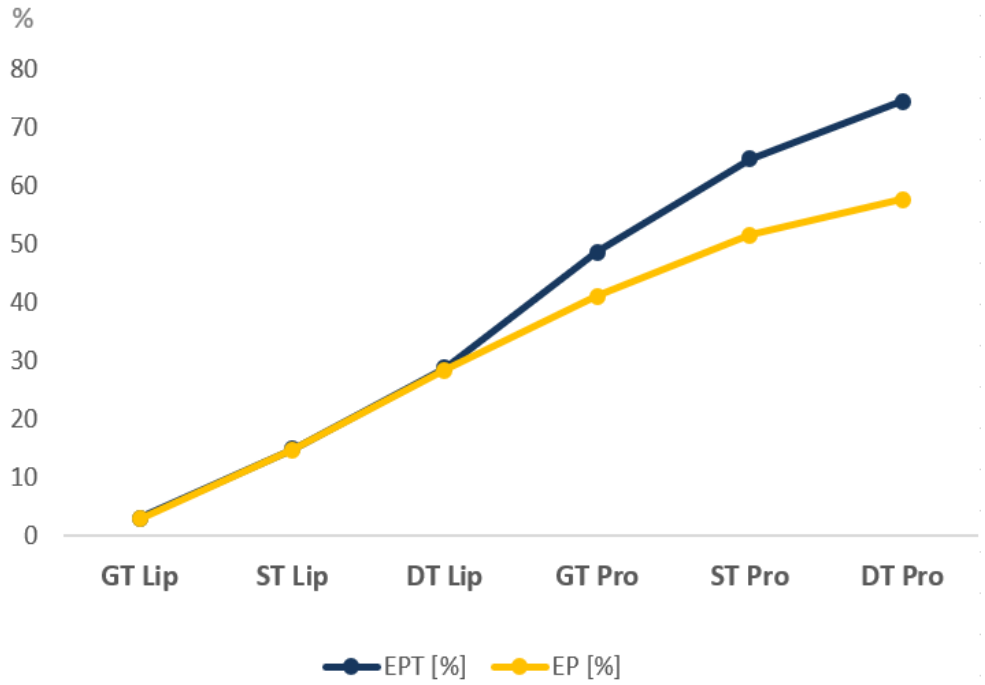
Broj svojti Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera u zajednici (EPT indeks) u lipnju je rastao od 5 svojti u gornjem toku do 7 svojti u srednjem i donjem toku. U prosincu je zabilježen jednak EPT indeks u gornjem i srednjem toku (6), dok je u donjem toku bio veći za.

Broj svojti Ephemeroptera i Trichoptera u zajednici (EP indeks) pratio je isti trend kao EPT indeks (od vrijednosti 4 do 5), ali razlike među postajama bile su slabije izražene u lipnju, dok je u prosincu indeks bio konstantan na sve tri postaje i iznosio je 4 EP svojte (Slika 12).



Slika 12. EPT indeks i EP indeks zajednice makrozoobentosa na tri postaje duž rijeke Krčića (GT – gornji tok, ST – srednji tok, DT – donji tok) u različitim sezonama uzorkovanja (Lip – lipanj, Pro – prosinac).

Udio jedinki svojti Ephemeroptera i Plecoptera (EP %) te udio jedinki svojti Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera (EPT %) u zajednici bio je mnogo veći u prosincu nego u lipnju (Slika 13). Linearno je rastao od gornjeg prema donjem toku u lipnju (EP %: 2,988 – 28,41; EPT %: 3,056 – 28,776), kao i u prosincu (EP %: 41,104 – 57,706 %; EPT %: 48,757 – 74,527).



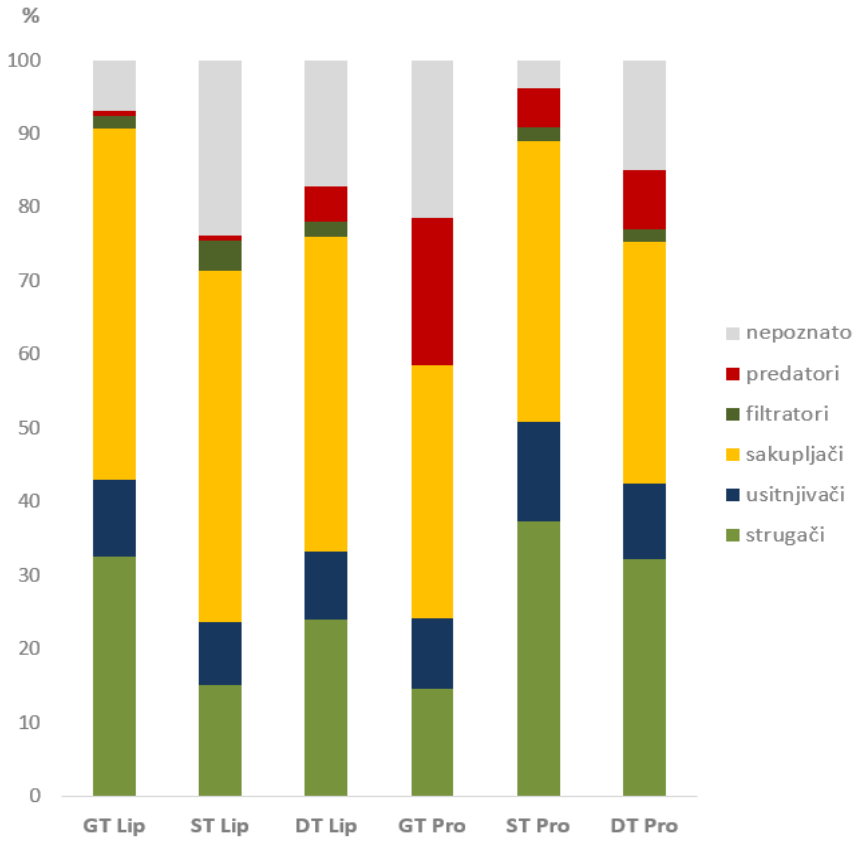
Slika 13. Udio jedinki svojti EPT i EP unutar zajednice makrozoobentosa na tri postaje duž rijeke Krčića (GT – gornji tok, ST – srednji tok, DT – donji tok) u različitim sezonama uzorkovanja (Lip – lipanj, Pro – prosinac).

4.3. Trofička struktura zajednice makrozoobentosa rijeke Krčića

U povremenoj rijeci Krčiću funkcionalne hranidbene skupine duž toka ne izmjenjuju se intenzivno, te su promjene izraženije promjenom sezone. Sakupljači su u obje sezone dominantna skupina te se unutar iste sezone njihov broj neznatno mijenja. Tijekom obje sezone zabilježene su velike promjene u udjelima skupine strugača, dok je u prosincu udio pretatornih svojti vrlo promjenjiv duž toka. Najveće razlike među sezonama uočene su na gornjem toku, a najmanje na donjem dijelu toka.

Među funkcionalnim hranidbenim skupinama najveći udio u zajednici imali su sakupljači, koji su bili približno jednako zastupljeni na svim postajama u lipnju i prosincu. U lipnju im se udio u zajednici kretao od 42,681 % do 47,867 %, dok su u prosincu vrijednosti bile nešto niže (od 32,869 % do 38,170 %). Udio strugača u lipnju bio je najviši na gornjem toku (32,536 %), a najniži na donjem (15,174 %), dok je u prosincu situacija bila obrnuta te je udio strugača u zajednici bio najniži u gornjem toku (14,512 %), a najviši u srednjem (37,275 %). Usitnjivači su bili

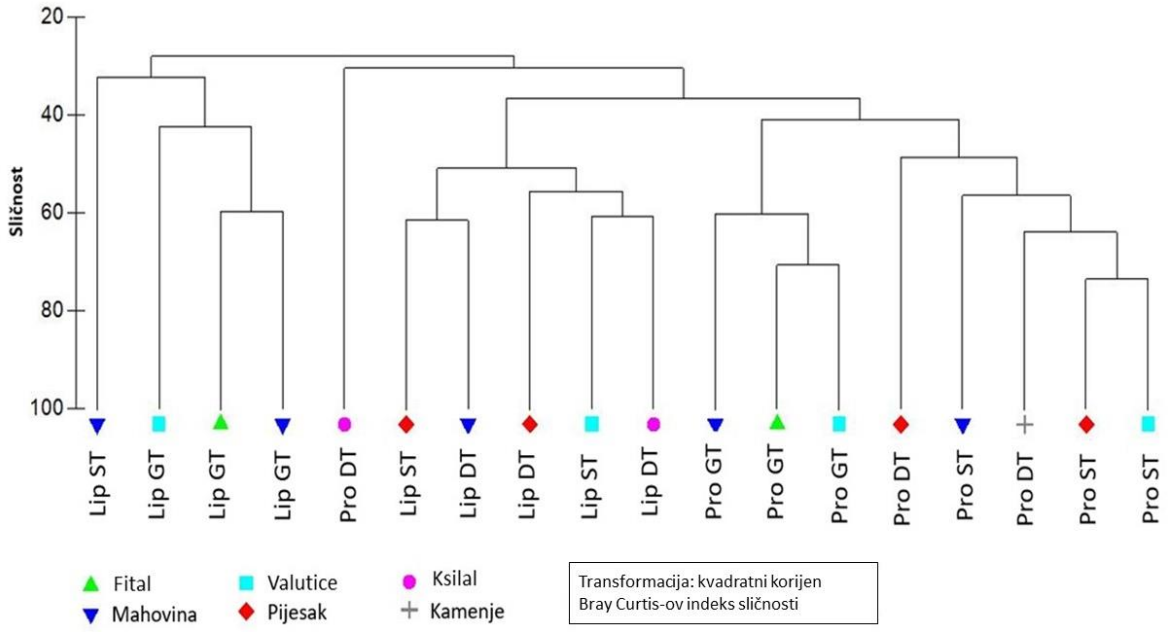
približno jednako zastupljeni na svim postajama u obje sezone uzorkovanja, a udjeli su im se kretali od 8,394 % do 13,551 %. Najveći udio usitnjivača zabilježen je u srednjem toku u prosincu, a najmanji na istoj postaji u lipnju. Filtratori su zauzimali vrlo mali udio u zajednici. Najveći udio filtratora zabilježen je u srednjem toku u lipnju (3,991 %), a najmanji u gornjem toku u prosincu (0,099 %). Na ostalim postajama u lipnju i prosincu udjeli su se kretali oko 2 %. Udio predatora u zajednici je prilično varirao ovisno o postaji i sezoni. U gornjem i srednjem toku u lipnju predatori su zauzimali izrazito mali udio u zajednici (GT - 0,755 %, ST - 0,710 %), dok su u donjem toku bili zastupljeni sa čak 4,935 %. S druge strane, u prosincu je najveći udio predatora zabilježen u gornjem toku i iznosio je 19,951 %, u srednjem je iznosio 5,263 %, a u donjem 8,008 %. Nažalost, i u lipnju i u prosincu na svakoj od postaja zabilježen je relativno velik postotak jedinki u zajednici za koje ne postoje podaci o načinu prehrane (Slika 14).



Slika 14. Udio pojedinih funkcionalnih hranidbenih skupina u zajednici makrozoobentosa na tri postaje duž rijeke Krčića (GT – gornji tok, ST – srednji tok, DT – donji tok) u različitim sezonama uzorkovanja (Lip – lipanj, Pro – prosinac).

4.4. Sličnost zajednice makrozoobentosa na postajama rijeke Krčića

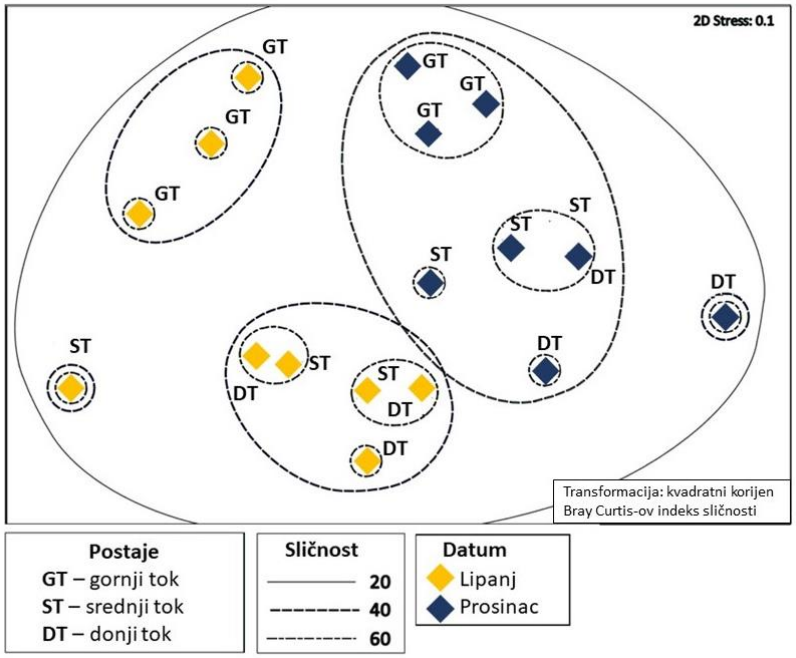
Rezultati klaster analize pokazuju odvajanje zajednice makroskopskih beskralježnjaka prema sezonama uzorkovanja (lipanj i prosinac). Odvajanje zajednice prema uzorkovanim mikrostaništima (fital, mahovina, valutice, pijesak, ksilal, kamenje) i postajama uzorkovanja (gornji, srednji i donji tok) nije uočeno (Slika 15).



Slika 15. Sličnosti zajednice makrozoobentosa na različitim mikrostaništima u rijeci Krčiću (fital, mahovina, valutice, pijesak, kamenje, ksilal) na tri postaje duž rijeke Krčić (GT – gornji tok, ST – srednji tok, DT –donji tok) u različitim sezonama uzorkovanja (Lip – lipanj, Pro – prosinac).

Grupiranje uzoraka zajednice makrozoobentosa pretežno prema sezonama još se bolje može prikazati uz pomoću multidimenzionalnog skaliranja (MDS). U prosincu su se svi uzorci iz gornjeg toka grupirali sa 60 % sličnosti bez obzira na mikrostanište. S druge strane, u lipnju se uzorci s različitih mikrostaništa u gornjem toku jasno odvajaju, ali na razini postaje grupiraju se sa sličnošću od 40 %. Uzorci iz donjeg i srednjeg toka ne grupiraju se po postajama niti u lipnju niti u prosincu, već su pojedini uzorci iz ovih dijelova toka prema strukturi i sastavu zajednice međusobno sličniji. Međutim, iz MDS analize jasno se uočava grupiranje postaja prema sezoni uzorkovanja, primjerice u prosincu, kada je sličnost među postajama iznosila čak 40 %. Drugim riječima, postaje uzorkovane u istoj sezoni (npr. gornji, srednji i donji tok u prosincu) sličnije su

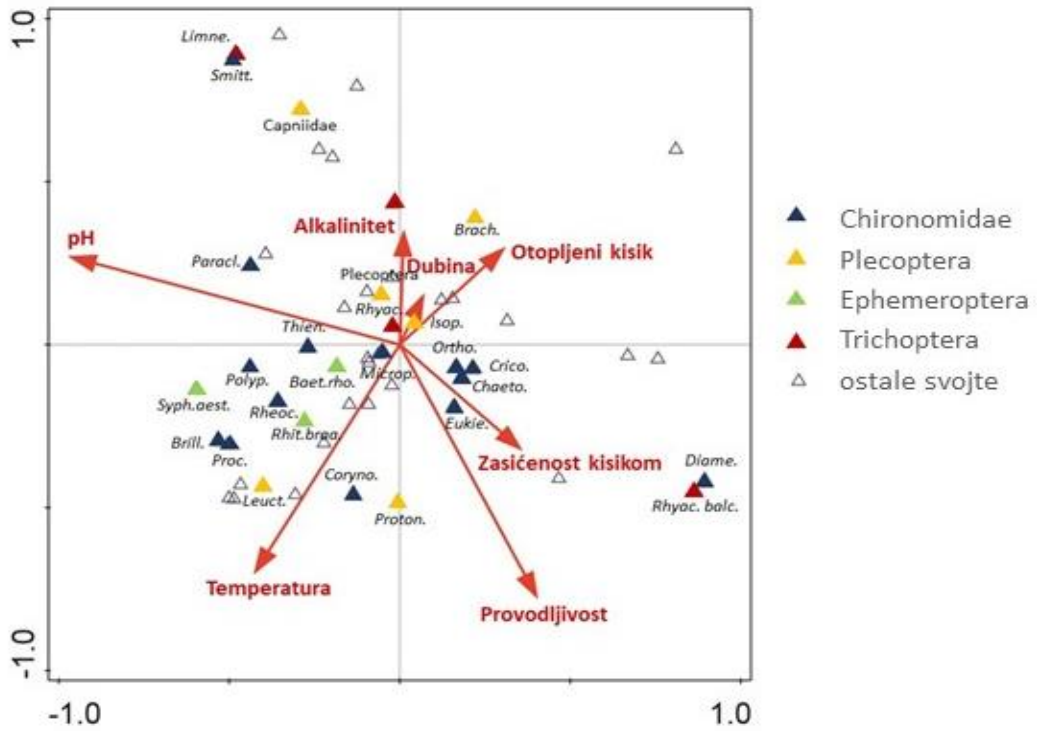
među sobom, nego istim postajama u drugoj sezoni uzorkovanja (npr. gornji tok u lipnju i gornji tok u prosincu) (Slika 16).



Slika 16. Sličnosti zajednice makrozoobentosa među postajama na rijeci Krčiću (gornji, srednji i donji tok) te među različitim sezonama uzorkovanja (lipanj i prosinac) dobivene analizom multidimenzionalnog skaliranja (MDS).

4.5. Utjecaj okolišnih parametara na zajednicu makrozoobentosa rijeke Krčića

Rezultati kanonske analize korespodencije (CCA) prikazani su u koordinatnom sustavu F1 x F2 (Slika 17). Prva os CCA objašnjava 33,1 % povezanosti između testiranih okolišnih parametara i vrsta, dok druga os objašnjava 60,1 %. Svojstvene vrijednosti prve i druge osi iznosile su 0,21 i 0,19. Monte Carlo testom permutacije utvrđena je statistički značajna ordinacija ($F = 1,75$; $p = 0,002$), što ukazuje da je sastav zajednice makroskopskih beskralježnjaka značajno povezan s testiranim okolišnim parametrima. Okolišni parametri koji su najbitniji u objašnjavanju prostorne raspodjele makrobeskralježnjaka bili su pH vode (jer se nalazi najbliže osi 1; $R = -0,95$) i provodljivost (najbliže osi 2; $R= -0,75$).



Slika 17. Povezanost okolišnih parametara i sastava zajednice makrozoobentosa u rijeci Krčiću. Crvene strelice predstavljaju okolišne parametre, a njihova duljina označava značajnost pojedinog parametra. Detaljnije analizirane skupine makrozoobentosa označene su trokutima u boji, prema navedenoj legendi Na prikazu su zbog preglednosti nazivi vrsta napisani skraćeno: *Baet.rho. – Baetis rhodani; Brach. – Brachyptera* sp.; *Brill. – Brillia* sp.; *Chaeto. – Chaetocladius* sp.; *Coryno. – Corynoneura* sp.; *Crico. – Cricotopus* sp.; *Diame. – Diamesa* sp.; *Eukie. – Eukifferiella* sp.; *Isop. – Isoperla* sp.; *Leuct. – Leuctra* sp.; *Limne. – Limnephilus* sp.; *Microp. – Micropsectra* sp.; *Ortho. - Orthocladius* sp.; *Paracl. – Paracladopelma* sp.; *Polyp. – Polypedilum* sp.; *Proc. – Procladius* sp.; *Proton. – Protonemura* sp.; *Rheoc. – Rheocricotopus* sp.; *Rhit.braa. – Rhithrogena braasch; Rhyac. balc. – Rhyacophila balcanica; Smitt. – Smittia* sp.; *Syph.aest. – Siphlonurus aestivalis; Thien. – Thienemanniella* sp.

5. RASPRAVA

5.1. Utjecaj fizikalno-kemijskih svojstava vode na sastav i strukturu zajednice makrobeskralježnjaka

Poznato je da fizikalno-kemijski parametri određuju sastav, a indirektno i strukturu zajednice makroskopskih beskralježnjaka, budući da svaka vrsta ima specifične okolišne zahtjeve i određenu toleranciju na pojedine okolišne parametre (Hershey i Lamberti 1998). U ovom istraživanju, CCA analizom utvrđeno je da pH vrijednost i provodljivost vode imaju najveći utjecaj na sastav zajednice makrozoobentosa u rijeci Krčiću (Slika 17).

Tijekom istraživanja pH se kretao između 7,5 do 8,5, što ukazuje da je voda u rijeci Krčiću neutralna do blago alkalna. Takvi rezultati su očekivani za tekućicu koja se nalazi na karbonatnoj podlozi. Voda otapa lakotopive vapnenačke stijene te se obogaćuje bikarbonatnim ionima i ionima kalcija, čime se umanjuje količina vodikovih iona. Takve tekućice se dobro odupiru promijeni pH vrijednosti, odnosno imaju velik puferski kapacitet (Langmuir 1971). Svojte čija je prisutnost u zajednici najviše uvjetovana pH vrijednošću bili su rodovi porodice Chironomidae: *Paracladopelma* i *Thienemanniella* (Slika 16). Vrste roda *Thienemanniella* obitavaju u malim potocima i rijekama te podnose uzak raspon pH vrijednosti. Najbrojnije se populacije pronalaze u vodama s pH vrijednošću između 7 i 8, a rijetko ih pronalazimo u vodama veće kiselosti (Moller Pillot 2013).

Provodljivost vode ovisi o količini otopljenih iona u vodi, a glavninu soli čine kationi Ca^{2+}, K^{+}, Mg^{2+}, Na^{+} te anioni karbonata, bikarbonata, klorida, sulfata i nitrata (Matoničkin Kepčija 2003). Ona najviše ovisi o geološkoj podlozi na kojoj se tekućica nalazi, ali na povećanje provodljivosti može utjecati i količina organske ili anorganske tvari (Ostojić i sur. 2012; Dragun i sur. 2018). Za razliku od pH vrijednosti, provodljivost vode u rijeci Krčiću smanjivala se duž toka, a tijekom ljetnog razdoblja vrijednosti su bile povišene u odnosu na zimske (Slika 8), najvjerojatnije zbog povišene temperature, odnosno povećanih interakcija među molekulama u vodi. Dulja izloženost vode karbonatnim stijenama u podzemnim vodonosnicima rezultirala je povećanom provodljivošću na izvorišnom dijelu toka (Bonacci i sur. 2006). Provodljivost vode najveći je utjecaj imala na vrstu *Eukifferiella* sp. (Slika 17).

Iako je prosječna temperatura zraka u ljetnim mjesecima vrlo visoka na području Šibensko-kninske županije (URL2), razlika u temperaturi vode među mjesecima uzorkovanja na rijeci Krčiću bila je samo 2 °C (Slika 4). Najstabilnija temperatura bila je u gornjem toku, gdje je postoji utjecaj pritjecanja podzemne vode s izvora. Male razlike u temperaturi vode među mjesecima vjerojatno se mogu objasniti relativno kratkim tokom rijeke Krčića, velikom brzinom protoka vode i pojavom lateralnih izvora duž toka, što je karakteristično za krške rijeke (Bonacci 2006). Temperatura je imala snažan utjecaj na prisutnost sljedećih svojti: *Leuctra* sp., *Corynoneura* sp., *Micropsectra* sp, *Baetis rhodani*, *Rhithrogena braaschi* (Slika 17). Radi se uglavnom o euritermnim svojtama (npr. *Corynoneura* sp., *Micropsectra* sp; Brabec i sur. 2018, *Baetis rhodani*; Buffagni i sur. 2009, 2018), koje su u rijeci Krčiću bile prisutne u svim dijelovima toka.

Na svim postajama na rijeci Krčiću zabilježene su velike količine otopljenog kisika te visoke vrijednosti zasićenja vode kisikom (Slike 5 i 6). Takvi rezultati ukazuju na dominantno napajanje rijeke Krčić vodom koja dolazi s kopna (tj. oborinama) s obzirom na veliko slivno područje (Bonacci 2009), budući da je podzemna voda siromašnija kisikom zbog bakterijske aktivnosti i oksidacijsko-redukcijskih procesa na stijenama (Winter i sur. 1998). U prosincu kolebanja vrijednosti ovih parametara nisu bila velika, dok su u lipnju one bile povišene u gornjem i srednjem toku, ali su naglo padale u donjem toku. Razlog tomu je vjerojatno veća brzina strujanja vode i velika gustoća mahovina u gornjem i srednjem dijelu toka, koji obogaćuju vodu kisikom (Plančić 1954), ali i intenzivniji procesi razgradnje u donjem dijelu toka.

5.2. Usporedba sastava i strukture makrozoobentosa na istraživanim postajama na rijeci Krčiću

Brojnost svojti u obje sezone uzorkovanja povećavala se od gornjeg prema donjem toku rijeke Krčića (Slika 10). U velikim i stalnim tekućicama brojnost svojti je u pravilu najveća na srednjem dijelu toka, koji predstavlja prijelaznu zonu između snažnog gornjeg toka i meandrirajućeg donjeg toka (Tockner i Ward 1999). Objašnjenje dobivenih rezultata najvjerojatnije leži u promjeni riparijske vegetacije duž toka. Na gornjem dijelu toka riparijska vegetacija slabo je razvijena, a prevladavaju povremeno poplavljivani travnjaci koji se i danas koriste za ispašu i napajanje ovaca, te je doprinos hranjivih tvari s kopna nizak. Na srednjem

dijelu toka dolazi do sukcesije travnjaka te dominira grmolika vegetacija razvijena na pješčanom tlu, dok je na donjem dijelu toka razvijena stara šuma topole. Šuma se proteže oko 10 m duž toka, što omogućuje unos velike količine listinca i komada drveta, osobito u jesenskom periodu. Formiranjem novih mikrostaništa i prinosom velike količine alohtone organske tvari s kopna otvaraju se nove ekološke niše za veći broj svojti koje pripadaju različitim funkcionalnim hranidbenim skupinama. Ovakva struktura zajednice i raspodjela funkcionalnih hranidbenih skupina ne odgovara konceptu riječnog kontinuiteta (Vannote i sur. 1980). Slični rezultati dobiveni su istraživanjem zajednica makrozoobenotsa rijeke Cetine, čiji tok je hidrološki drastično promijenjen izgradnjom 5 hidroelektrana (Vilenica i sur. 2016). Broj svojti Ephemeroptera na rijeci Cetini prati drukčiji trend od prethodnih istraživanja hidrološki reguliranih mediteranskih rijeka u kojima je broj svojti padao duž toka (Céréghino i Lavandier 1998; Di Giovanni i sur. 2001).

Specifičnost zajednice makrozoobentosa najbolje se uočava iz udjela pojedinih funkcionalnih hranidbenih skupina. U lipnju na gornjem toku najzastupljenije hranidbene skupine su sakupljači i strugači, među kojima se posebno ističu svojte: pretežno strugači – *Corynoneura* sp., *Cricotopus* sp., *Diamesa* sp., *Eukiefferiella* sp. iz porodice Chironomidae (Diptera); strugači / sakupljači – *Orthocladius* sp. (Chironomidae), *B. rhodani* (Ephemeroptera) te pretežno strugači: *Chaetocladius* sp., *Cricotopus* sp. i *Micropsectra* sp. iz porodice Chironomidae (Tablica 2). Razlog velike zastupljenosti sakupljača na gornjem dijelu toka vjerojatno je posljedica poplavljivanja pašnjaka, prilikom čega dolazi do unosa sitne organske tvari s kopna u vodu (Moltby 1994; Moog 2002). Zbog izrazite otvorenosti okolnog kopnenog staništa na gornjem dijelu toka, u vodu dospijeva velika količina sunčeve energije, što omogućava razvoj algi, bakterija i gljiva na krutim površinama, koje predstavljaju izvor hrane za strugače (Moog 2002). U srednjem toku u lipnju zabilježen je sličan udio sakupljača kao na gornjem, ali je udio strugača bio manji, što je moguće posljedica većeg udjela skupina za koje nisu poznate hranidbene navike. Najzastupljenije skupine u srednjem toku u lipnju su: pretežno strugači – *Corynoneura* sp., *Rheocricotopus* sp. (Chironomidae); stugači/sakupljači – *Orthocladius* sp., (Chironomidae), *B. rhodani* (Ephemeroptera); pretežno usitnjivači – *Cricotopus* sp., *Micropsectra* sp. i *Corynoneura* sp. (Chironomidae) (Tablica 2). U gornjem i srednjem toku udio predatora među beskralježnjacima bio je izrazito nizak, dok ribe, kao glavni predatori iz skupine kralježnjaka, nikada nisu zabilježene u rijeci Krčiću (usmeno priopćenje prof. S. Gottstein). Izrazito visoka gustoća zajednice makrozoobento-

sa u gornjem i srednjem dijelu toka u lipnju (Slika 10) vjerojatno se može objasniti niskim udjelom predatora, što nije bio slučaj u donjem dijelu toka. U prosincu, udio predatorskih skupina bio je znatno veći na svim postajama, dok su udjeli ostalih funkcionalnih hranidbenih skupina bili manji. Najzastupljenija predatorska svojta zabilježena ovim istraživanjem bila je *Isoperla* sp. (Plecoptera), čija populacija u gornjem toku u prosincu dostiže gustoću od 11792 jedinki/m^2. Na srednjem i donjem dijelu toka u prosincu bio je povećan udio usitnjivača, vjerojatno zbog doprinosa krupne organske tvari s kopna (listinac i komadi drveta), a najzastupljenija je vrsta bila *Micropterna nycterobia.* Međutim, i udio strugača bio je viši u odnosu na lipanj, moguće zbog smanjene zasjenjenosti tih dijelova riječnog toka krošnjama stabala (budući da se radi o listopadnim šumama), čime je povećana količina sunčeve svjetlosti u vodi, što pak pogoduje razvoju mikroorganizama i stvaranju obraštaja (Moog 2002). U srednjem i donjem toku u prosincu iz hranidbene skupine strugača brojnošću se najviše ističe vrsta *Brachiptera* sp. (Plecoptera) (Tablica 2).

5.3. Raznolikost i ujednačenost zajednice makrozoobentosa u rijeci Krčiću

U povremenim tekućicama broj prisutnih svojti u pravilu je znatno manji od broja svojti u stalnim tekućicama, međutim vrijednosti indeksa raznolikosti i ujednačenosti dobivene ovim istraživanjem su iznenađujuće visoke. Svi izračunati indeksi (Slika 11) ukazuju na najveću raznolikost u donjem toku u lipnju. Svojte *Brillia* sp. *i Procladius* sp. bile su prisutne samo na donjem dijelu toka, što je najvjerojatnije utjecalo na vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti, koji je osjetljiv na promjene brojnosti rijetkih svojti u uzorku. Vrijednosti indeksa ujednačenosti bile su slične na svim postajama u obje sezone uzorkovanja. Najniža vrijednost zabilježena je u srednjem toku u lipnju, vjerojatno zbog dominacije svojte *Micropsectra* sp. (Chironomidae), koja na tom dijelu toka postiže gustoću od 142336 jedinki/m^2. Dobiveni rezultati su u skladu s prijašnjom usporedbom broja svojti, Shannon-Wiener-ovog indeksa raznolikosti te Pielou-ovog indeksa ujednačenosti povremenih i stalnih tekućica u Sloveniji (Urbanič 2009). U rezultatima navedenog istraživanja broj pronađenih svojti na povremenoj tekućici značajno je manji od broja svojti na stalnoj tekućici, dok Shannon-Wienerov indeks ne pokazuje velike razlike između tekućica, a Pielouov indeks ukazuje na veću ujednačenost zajednice u povremenim tekućicama u odnosu na stalne.

Redovi Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera vrlo su osjetljivi na promjene uvjeta u okolišu, zbog čega se broj prisutnih svojti i njihov udio u zajednici koriste kao pokazatelji ekološkog stanja vode (Lenat i Penrose 1996). Međutim, povremene tekućice vrlo dobrog ekološkog stanja imaju značajno manji udio EPT svojti u odnosu na stalne tekućice (Urbanič 2009). U istraživanju na povremenim rijekama vrlo dobrog ekološkog stanja EPT indeks varirao je između 6 i 9, dok se na stalnim tekućicama kretao u rasponu od 11 do 24 (Urbanič 2009). U našem istraživanju, vrijednost EPT indeksa se kretala između 5 i 7, što ukazuje da je Krčić povremena rijeka vrlo dobrog ekološkog stanja. To potvrđuje i prisutnost rodova *Paracladopelma* i *Thienemanniella* (Diptera-Chironomidae) i roda *Rhithrogena* (Ephemeroptera) koji su izrazito netolerantni na organska i anorganska zagađenja (Moller Pillot 2013; Lenat 1993).

Promatrajući udjele EPT i EP svojti u zajednici makrozoobentosa (Slika 13) možemo uočiti da se isti gotovo linearno povećavaju od gornjeg prema donjem toku i u lipnju i prosincu. Zbog velike gustoće ostalih svojti u zajednici tijekom ljetnih mjeseci, u lipnju je udio EPT svojti bio izrazito nizak, dok u prosincu, smanjenjem gustoće vrsta dipterske porodice Chironomidae (posebno svojti: *Micropsectra* sp., *Orthocladius* sp., *Cricotopus* sp. i *Eukifferiella* sp.), udio EPT svojti postaje značajniji. U prosincu se posebno promijenio udio zastupljenih Trichoptera, s najbrojnijom vrstom *M. nycterobia*, što je u skladu s rezultatima prethodnog istraživanja (Grbavac 2015).

Analize sličnosti zajednice makrozoobentosa na različitim mikrostaništima u rijeci Krčiću nisu ukazale na sklonost pojedinih svojti ka dominantnim mikrostaništima (stijene, valutice, pijesak, ksilal, fital i mahovina), vjerojatno zbog velike prostorne i vremenske dinamike ekosustava (Slika 15). Nasuprot tome, Fairchild i sur. (2003) ukazuju na značajnu povezanost mikrostaništa i istraživanih vrsta vodenih kornjaša u povremenim lokvama. Nažalost, mikrostaništa u povremenim tekućicama vrlo su slabo istražena. Većina svojti pronađenih u našem istraživanju ima izraženu sklonost ka određenom supstratu u stabilnim okolišima poput stalnih tekućica ili jezera (Moller Pillot 2007). Međutim, povremene tekućice su izrazito promjenjivi sustavi s nestalnim vrijednostima okolišnih parametara duž toka, ali i tijekom sezone, te ograničenim resursima, što je mogući razlog manjeg utjecaja mikrostaništa na sastav zajednice makrozoobentosa. Glavna karakteristika povremenih tekućica je upravo sezonalnost,

na što ukazuju i rezultati MDS analize, iz kojih se jasno uočava grupiranje postaja na rijeci Krčiću prema sezonama uzorkovanja (Slika 16).

5.4. Prilagodbe skupina makrobeskralježnjaka na preživljavanje sušnih perioda

Daleko najbrojnija skupina prikupljena prilikom uzorkovanja u lipnju i prosincu na rijeci Krčiću bila je porodica Chironomidae (Insecta, Diptera). Osim što je zauzimala najveći udio u zajednici, unutar te porodice zabilježili smo i najveću raznolikost od ukupno 15 svojti (Tablica 2). Među njima je dominirala svojta *Micropsectra* sp., koja je bila zastupljena u svakom uzorku u obje sezone uzorkovanja. *Micropsectra* je kozmopolitski rod, zabilježen i na povremenoj tekućici u Ontariju u Kanadi (Williams i Hynes 1976). Najvjerojatniji razlog konstantne prisutnosti ovog roda u uzorcima iz rijeke Krčića je specifičan ličinački razvoj. Pojedine jedinke roda *Micropsectra* zabilježene u istraživanju Williams i Hynes (1976) rasle su brže od drugih. Neke ličinke rasle su brzo kako bi se četvrti stadij ličinke razvio do kraja prosinca, jedinka se zakukuljila te s prvim proljetnim danima izletjela iz vode. S druge strane, ostale ličinke razvijale su se mnogo sporije i izlijetale tijekom cijelog ljetnog razdoblja. Izlijetanje tijekom cijelog ljeta u povremenim tekućicama vrstama roda *Micropsectra* omogućuje njihova sposobnost da u obliku ličinke ili kukuljice prežive suho razdoblje. U Kanadi su 1972. godine zabilježene jedinke koje izlijeću iz suhog tla (Williams i Hynes 1976).

S druge strane, kod roda *Orthocladius* zabilježena je drukčija strategija preživljavanja nepovoljnih uvjeta. Ličinka raste i presvlači se sve do početka studenog, a posljednji stadij ličinke moguće je pronaći u povremenim tekućicama tijekom stvaranja ujezerenja (Williams i Hynes 1976). Vjerojatno smo iz tog razloga jedinke roda *Orthocladius* u najvećem broju pronalazili na gornjem dijelu toka gdje je gubitak vode najsporiji, a voda se u obliku jezeraca najduže zadržava u koritu. Slične strategije preživljavanja nepovoljnih sušnih uvjeta imaju i rodovi *Polypedillum* i *Smittia*, čiji predstavnici ulaze u stadij mirovanja, nepovoljne uvjete preživljavaju u dijapauzi jaja ili pak stvaraju zaštitne kokone (Frouz i sur. 2003).

Vrsta *Micropterna nycterobia* bila je dominantna vrsta u povremenoj rijeci Krčiću u zimskom razdoblju. Ona pripada porodici Limnephilidae (Trichoptera) u kojoj se nalaze i brojne druge vrste s prilagodbama na nestabilne životne uvjete kakvi vladaju u povremenim tekućicama i stajaćim vodama (Graf i sur. 2008, 2018). Neke od ovih vrsta, kao i gore navedene ličinke iz

porodice Chironomidae, imaju dijapauzu jaja ili stadij mirovanja kod odraslih jedinki (Graf i sur. 2008, 2018). Međutim, pojedine vrste imaju produženu sezonu leta u ljetnim mjesecima. Crichton (1971) je prvi zabilježio tu prilagodbu kod vrsta iz porodice Limnephilidae, između ostalog i roda *Micropterna*. Vrste ovog roda tipično imaju dug period letenja, od proljeća do jeseni (Graf i sur. 2008, 2018). Za to vrijeme odrasle jedinke najsušniji period provode u vlažnim i hladnim krškim pukotinama i špiljama (Bouvet 1976). U prethodnom istraživanju na rijeci Krčiću uočeno je da se period presušivanja poklapa s trajanjem dijapauze vrste *M. nycterobia* (Grbavac 2015).

Vrsta *Synurella ambulans* (Amphipoda) ovim je istraživanjem zabilježena u velikoj gustoći na izvoru rijeke Krčića. Iako je Arbačiauskas (2008) pretpostavio da *S. ambulans* ima neki oblik dijapauze u životnom ciklusu, koji omogućuje vrsti da preživi sezonske promjene protoka vode, mnogi povremeni tokovi imaju podzemni tok cijele godine, koji služi kao utočište *S. ambulans* (Boets i sur. 2010). Ova se vrsta ubraja u kategoriju stigofilnih vrsta, budući da dio svog života provodi u podzemlju. Većina populacija se za vrijeme razmnožavanja u ljetnim mjesecima povlači u podzemlje, a krajem sušne sezone mlade se jedinke ponovno pojavljuju u površinskim kopnenim vodama (Sidorov i Palatov 2012). S druge strane, na području Hrvatske postoje nalazi isključivo podzemne forme ove vrste na različitim tipovima staništa povezanim s podzemnim vodama, primjerice u velikim krškim izvorima i pripadajućim špiljskim sustavima te intersticijskim podzemnim vodama nizinske Hrvatske (Gottstein Matočec i sur. 2002).

5.5. Krčić – potencijalna referentna povremena tekućica u sub-mediteranskoj dinarskoj regiji

Hrvatska ima uspostavljen program biomonitoringa, ali je zbog nepoznavanja rasprostranjenosti i učestalosti povremenih tokova u njega uključen vrlo mali udio povremenih tekućica. Kao posljedica ovakve situacije u većini zemalja, biomonitoring povremenih tekućica još nije reguliran na razini Europske unije, odnosno ne postoji jedinstvena regulativa unutar Okvirne direktive o vodama (EC 2016) Primarni korak u određivanju referentne povremene tekućice je sustavno kartiranje povremenih tokova (Stubbington 2018). Zbog velike razlike između povremenih tokova (ovisno o klimi, nadmorskoj visini, vrsti stijena itd.) potrebno je napraviti klasifikaciju povremenih vodenih tijela na razini države. U Dinarskoj ekoregiji Hrvatske definirano je 5

tipova povremenih tekućica: gorske i prigorske male povremene tekućice i gorske srednje velike povremene tekućice u Dinarskoj kontinentalnoj subekoregiji; prigorske male i srednje velike povremene tekućice i nizinske male povremene tekućice u Dinarskoj primorskoj subekoregiji te povremene tekućice Istre u Dinarskoj primorskoj subekoregiji – Istra (NN 2013). Rijeka Krčić pripada kategoriji malih i srednje velikih povremenih tekućica u Dinarskoj primorskoj subekoregiji. Prema uredbi o stanju kakvoće voda Hrvatske sva vodena tijela, tako i povremene tekućice imaju univerzalni protokol i metodologiju (NN 2013). S obzirom na izraženu sezonalnost povremenih tekućica, što je ovim istraživanjem pokazano, biomonitoring bi se trebao provoditi sukladno tome, najmanje dva puta godišnje.

Delgado i sur. (2012) razvili su model za određivanje referentnih povremenih tekućica koji se bazira na analizi zemljišnog pokrova i odsutnosti drugih ljudskih utjecaja poput točkastih izvora zagađenja, hidromorfoloških izmjena i značajne regulacije toka. Rezultati analize zajednice makroskopskih beskralježnjaka ukazuje na odsutnost organskih i anorganskih zagađenja što dokazuje prisutnost svojti netolerantnih na bilo koji oblik zagađenja. Vrlo dobru kvalitetu vode potvrđuju vrijednosti mjerenih fizikalno-kemijskih parametara, kao što su pH i provodljivost vode (Dragun i sur. 2018.). Brojnost EPT svojti te indeksi raznolikosti i ujednačenosti pokazuju slične vrijednosti kao referentne povremene tekućice u Sloveniji (Urbanič 2009), što također upućuje na veliki potencijal rijeke Krčić da postane referentna postaja u submediteranskoj dinarskoj regiji.

Iz literaturnih podataka (Bonacci 1985; Bonacci i sur. 2006) možemo zaključiti da je tok rijeke Krčića prirodan i nepromijenjen dugi niz godina. Hidromorfološka procjena kvalitete staništa i analiza zemljišnog pokrova ovim istraživanjem nije obuhvaćena, ali je u planu za buduća istraživanja.

6. ZAKLJUČAK

- Sastav zajednice makroskopskih beskralježnjaka tipičan je za zajednice povremenih tekućica. U zajednici dominiraju generalisti poput svojti *Micropsectra* sp. i *Orthocladius* sp., (Diptera – Chironomidae) te vrste *Micropterna nycterobia* (Trichoptera), koja je otporna na isušivanje. U obje sezone uzorkovanja zajednica makroskopskih beskralježnjaka vrlo se malo mijenjala duž toka te zabilježene svojte nisu pokazivale izraženu sklonost pojedinom mikrostanišu, vjerojatno zbog velike dinamike sustava.

- Trofička struktura zajednice ne slijedi princip koncepta riječnog kontinuiteta (RCC).

- Velike sezonske razlike u sastavu i strukturi zajednice makrobeskralježnjaka na uzorkovanim postajama ukazuju na snažan utjecaj sezonalnosti u povremenim tekućicama. S obzirom na to, monitoring povremenih tekućica trebao bi se provoditi barem dva puta godišnje.

- Uspoređivanjem dobivenih vrijednosti indeksa raznolikosti i ujednačenosti te EPT i EP indeksa rijeke Krčića s referentnim povremenim tekućicama Slovenije (Urbanič 2009), možemo zaključiti da je voda u rijeci Krčiću vrlo dobrog ekološkog stanja. To potvrđuje i prisutnost rodova dipterske porodice Chironomidae: *Paracladopelma* i *Thiennemaniella,* čije vrste ne podnose organska i anorganska zagađenja. S obzirom na navedeno, rijeka Krčić ima potencijal postati referentna povremena tekućica,, ali su potrebna detaljna daljnja istraživanja.

7. LITERATURA

1. Acuña V, Datry J, Marshall D, Barceló CN Dahm A, Ginebreda G, McGregor S, Sabater K, Tockner M, Palmer A (2014): Why should we care about temporary waterways? *Science,* 343: 1080– 081.

2. Arbačiauskas K (2008): Synurella ambulans (F. Müller, 1846), a new native amphipod species of Lithuanian waters. *Acta Zoologica Lituanica*, 18 (1): 66–68.

3. Arscott DB, Larned S, Scarsbrook MR, Lambert P (2010): Aquatic invertebrate community structure along an inter- mittence gradient: Selwyn River, New Zealand. *Journal of the North American Benthological Society*, 29: 530–545.

4. Bauernfeind E, Humpesch UH (2001): Die Eintagsfliegen Zentraleuropas - Bestimmung und Ökologie. Verlag NMW, Wien.

5. Boets P, Lock K, Goethals PLM (2010): First record of Synurella ambulans (Müller 1846) (Amphipoda: Crangonictidae) in Belgium. *Belgian Journal of* Zoology, 140 (2): 244–245.

6. Bogan MT, Boersma KS, Lytle DA (2015): Resistance and resilience of invertebrate communities to seasonal and supraseasonal drought in arid-land headwater streams. *Freshwater Biology*, 60: 2547–2558.

7. Bonacci O (1985): Hydrological investigations of Dinaric karst at the Krčić catchment and the River Krka Springs. *Journal of Hydrology*, 82: 317–326.

8. Bonacci O, Ljubenkov I, Roje-Bonacci T (2006): Karst flash floods: an example from the Dinaric karst Croatia. *Natural Hazards and Earth System Sciences,* 6: 195–203.

9. Bouchard RWJ (2004): Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest. University of Minnesota, Water Resources Research Center, 207 str.

10. Bouvet Y (1978): Adaptions physiologiques et comportementales de Stenophylax (Limnephilidae) aux eaux temporaires. *Symposium on Trichoptera*, 1977: 117–119.

11. Brittain JE (1990): Life history strategies in Ephemeroptera and Plecoptera. U: Mayflies and Stoneflies (Ur.) Campbell CI. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 112 str.

12. Brittain JE, Sartori M (2003): Ephemeroptera (Mayflies), poglavlje 90, str. 373–380. U: Encylopedia of Insects (Ur.) Resh VH Cardé RT. Academic Press, Amsterdam, 1266 str.

13. Buffagni A, Cazzola M, López-Rodríguez MJ, Alba-Tercedor J, Armanini DG (2009): Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Volume 3 - Ephemeroptera. Edited by Schmidt-Kloiber, A. & D. Hering. Pensoft Publishers (Sofia-Moscow). 254 str.

14. Céréghino R, Cugny P, Lavandier P (2002): Influence of intermittent hydropeaking on the longitudinal zonation patterns of benthic invertebrates in a mountain stream. *International* Review of *Hydrobiology*, 87 (1): 47–60.

15. Clarke KR, Gorley RN (2006): PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER – E, Plymouth.

16. Clarke KR, Warwick RM (2001): Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, ed. 2. PRIMER – E, Plymouth.

17. Corti R, Datry T (2014): Drying of a temperate, intermit- tent river has little effect on adjacent riparian arthropod communities. *Freshwater Biology*, 59:666–678.

18. Corti R, Datry T (2016): Terrestrial and aquatic invertebrates in the riverbed of an intermittent river: parallels and contrasts in community organisation. *Freshwater Biology*, 61:1308–1320.

19. Crichton MI (1971): A study of caddis flies (Trichoptera) of the family Limnephilidae, based on the Rothamsted Insect Survey, 1969-68. *Journal of Zoology*, 163: 533–563.

20. Cummins KW (1974): Structure and function of stream ecosystems. *Bioscience*, 24: 631–41.

21. Danks H (1971): Overwintering of some north temperate and Arctic Chironomidae: II. Chironomid biology, *The Canadian Entomologist*, 103: 1875–1910.

22. Datry T, Singer G, Sauquet E, Jorda-Capdevilla D, Von Schiller D, Subbington R, Magand C, Pařil P, Miliša M, Acuña V, Alves MH (2017): Science and Management of Intermittent Rivers and Ephemeral Streams (SMIRES). *Research Ideas and Outcomes*, 3: e21774.

23. Delgado C, Pardo I, García L (2012): Diatom communities as indicators of ecological status in Mediterranean temporary streams (Balearic Islands, Spain). *Ecological indicators*, 15: 131–139.

24. Di Giovanni MV, Goretti E, Ceccagnoli D, La Porta G, Chiappafreddo U (2003): Ephemeroptera and Plecoptera in the Chiascio River (Central Italy) since a dum's building, pp 293– 298. U: Gaino E. (Ur.), Research Update on Ephemeroptera & Plecoptera, University of Perugia, Perugia, Italy.

25. Dragun Z, Filipović Marijić V, Krasnići N, Ivanković D, Valić D, Žunić J, Kapetanović D, Vardić Smrzlić I, Redžović Z, Grgić I, Erk M (2018): Total and cytosolic concentrations of twenty metals/metalloids in the liver of brown trout *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758) from the karstic Croatian river Krka". *Ecotoxicology and Environmental Safety* , 147: 537–549.

26. Edmunds GFJ i McCafferty WP (1988): The mayfly subimago. *Annual review of entomology*, 33:509–529.

27. Elliott JM, Humpesch UH, Macan TT (1988): Larvae of the British Ephemeroptera: A Key with Ecological Notes. Scientific publication Broj 49. Freshwater Biological Association, Ambleside, 145 str.

28. Fairchild GW, Cruz J, Faulds AM, Short AEZ, Matta JF (2003): Microhabitat and landscape influences on aquatic beetle assemblag es in a cluster of temporary and Pemanent ponds. *Journal of the North American Benthological Society*, 22: 224–240.

29. Fonseca JE, List M (2013): U: Merging Science and Management in a Rapidly Changing

World: Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago III, (Ur.) Gottfried GJ i sur., Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Fort Collins, 119–123 str.

30. Frantz TC, Cordone AJ (1996): Observations on the Macrobenthos of Lake Tahoe, California? Nevada. *California Fish and Game,* 82(1): 1–41.

31. Frouz, J, Matena J, Ali A (2003): Survival strategies of chironomids (Diptera: Chironomidae) living in temporary habitats: a review. *European Journal of Entomology,* 100: 459–465.

32. Garcia-Roger EM, del Mar Sanchez-Montoya M, Gomez R, Suarez ML, Vidal-Abarca MR., Latron J (2011): Do seasonal changes in habitat features influence aquatic macroinvertebrate assemblages in perennial versus tem- porary Mediterranean streams? *Aquatic Sciences,* 73: 567– 579.

33. Gottstein Matočec S (ur.), Bakran-Petricioli T, Bedek J, Bukovec D, Buzjak S, Franičević M, Jalžić B, Kerovec M, Kletečki E, Kralj J, Kružić P, Kučinić M, Kuhta M, Matočec N, Ozimec R, Rađa T, Štamol V, Ternjej I, Tvrtković N (2002): An overview of the cave and interstitial biota of Croatia. *Natura Croatica,* 11 (1): 1–112.

34. Graf W, Grasser U, Waringer J (2002): Trichoptera. Part III. U:. Fauna Aquatica Austriaca (Ur.) Moog, O., Izdanje 2002, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Landund Forstwirtschaft, Wien, 1–41 str.

35. Grbavac F (2015): Makrozoobentos stalnih i povremenih krških izvora. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu.

36. Grodhaus G (1980): A estivation chironomia larvae associated with vernal pools. U: Chironomidae. Ecology, systematics, cytology and physiology (Ur.) Murray DA. Pergamon Press, New York, 315–322 str.

37. Gullan PJ, Cranston PS (2010): The Insects: An Outline of Entomology. Wiley – Blackwell, Oxford, 590 str.

38. Hamerlík L, Brodersen KP (2010): Non-biting midges (Diptera: Chironomidae) from fountains of two European cities: micro-scale island biogeography. *Aquatic Insects*, 32: 67–79.

39. Hawkins CP, Sedell JR (1981): Longitudinal and seasonal changes in functional organization of macroinvertebrate communities in four Oregon streams. *Ecology*, 62(2): 387–397.

40. Hershey AE, Lamberti GA (1998): Stream macroinvertebrate communities. U: River ecology and management: lessons from the Pacific Coastal Ecoregion.. (Ur.) Naiman i RE Bilby. New York, USA, 169–199 str.

41. Hydro Green j.d.o.o. (2017): Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš, zahvat: Mala protočna hidroelektrana „Krčić polača“, grad Knin.

42. Hill MJ, Death RG, Mathers KL, Ryves DB, White JC, Wood PJ (2016): Macroinvertebrate community composition and diversity in ephemeral and perennial ponds on unregulated floodplain meadows in the UK. *Hydrobiologia*, 793 (1): 95–108.

43. Hodkinson ID, Williams KA (1980): Tube formation and distribution of Chironomus plumosus L. (Diptera: Chironomidae) in a eutrophic woodland pond, U:. Chironomidae: Ecology, Systematics, Cytology and Physiology (Ur.) Murray DA. Pergamon Press, Oxford, 331 str.

44. Holzenthal RW, Blahnik RJ, Prather AL, Kjer KM (2007): Order Trichoptera (Kirby, 1813) (Insecta), Caddisflies. *Zootaxa*, 1668: 639–698.

45. Jacob U (1974): *Rhithrogena braaschi* n. sp., eine neue Heptageniidae aus Bulgarien (Insecta, Ephemeroptera). *Entomologische Nachrichten*, 18 (11-12): 167–173.

46. Koh M, Ergović V, Čerba D, Mihaljević Z, Hamerlík L (2016): A literature review of the Chironomidae (Diptera) of Croatia: a platform for the first comprehensive check list of Croatian chironomids. Knjiga sažetaka, 2nd CESAMIR, 101 str.

47. Korhonen JJ, Soininen J, Hillebrand H (2010): A quantitative analysis of temporal turno-

ver in aquatic species assem- blages across ecosystems. *Ecology*, 91: 508–517.

48. Lamberti GA (1996): The niche of benthic food web sin freshwater ecosystems. U: Algal Ecology , Freashwater Benthic Ecosystems. Academic Press, San Diego, 553–564 str.

49. Langmuir D (1971): The geochemistry of some carbonate ground waters in central Pennsylvania. Acta, V. 35, 1023–1043 str.

50. Lenat DR (1993): A biotic index for the southeastern United States: derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality ratings. *Journal of the North American Benthological Society*, 12(3): 279–290.

51. Lenat DR, Penrose DL (1996): History of the EPT taxa richness metric. *Bulletin of the North American Benthological Society*, 13: 305–306.

52. Macadam C, Bennett C (2010): A Pictorial Guide to the British Ephemeroptera. Field Studies Council: Preston Montfort, Prvo izdanje, 128 str.

53. Mackay RJ, Wiggins GB (1979): Ecological diversity in Trichoptera. *Annual Review of Entomology*, 24: 185–208.

54. Magguran AE (2004): Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing, UK.

55. Matoničkin Kepčija R (2003): Priručnik za mjerenja- istraživanje vode. GLOBE program, prevela i prilagodila: Renata Matoničkin Kepčija.

56. Menetrey N, Oertli B, Sartori M, Wagner A, Lachavanne JB (2008): Eutrophication: are mayflies (Ephemeroptera) good bioindicators for ponds? *Hydrobiologia*, 597 (1): 125–135.

57. Moller Pillot H (2009): A key to the larvae of aquatic Chironomidae of the North-West European lowland. Objavljeno za privatnu upotrebu, 77 str.

58. Moller Pillot HKM (2013): Chironomidae Larvae. Biology and ecology of the Orthocladiinae. KNNV Publishing Zeist, 312 str.

59. Moltby L (1994): Stress, shredders and streams: Using Gammarus energetics to assess water quality. Freshwater Biological Association, Ambleside, Cumbria, UK, 98–110 str.

60. Moog O (2002): Fauna aquatica austriaca. Izdanje 2002. Wasserwirtschaftskataster Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 684 str.

61. Morse JC (2003): Trichoptera (caddisflies). U: Encyclopedia of Insects (Ur.) Resh VH i Carde RT. Academic press, San Diego, str. 1145–1151.

62. Neboiss A (1991): Trichoptera (Caddis-flies, caddises), poglavlje 40. U: The Insects of Australia (Ur.) C.S.I.R.O.. Cornell University Press, Ithaca, New York, str. 787–816.

63. Orendt C, Spies M (2013): Chironomini (Diptera: Chironomidae: Chironominae). Key to Central European larvae using mainly macroscopic characters. Drugo, dorađeno izdanje. Leipzig, 64 str.

64. Ostojić A, Špoljar M, Draţina T (2012): Utjecaj ekoloških čimbenika na raznolikost i brojnost životnih zajednica potoka Jankovac (Park prirode Papuk), Hrvatske vode: časopis za vodno gospodarstvo, 79/80: 11–22.

65. Pinder LCV (1986): Biology of freshwater Chironomidae. *Annual review of entomology*, 31: 1–23.

66. Plančić, J (1954): Više vodeno bilje i njegov značaj za produktivnost ribnjaka i proizvodnju riba u ribnjacima za uzgoj šarana. *Croatian Journal of Fisheries*, 9 (4): 75–79.

67. Popijač A (2007): Raznolikost i ekologija obalčara (Insecta, Plecoptera) na području Nacionalnog parka Plitvička jezera i rijeke Cetine. Doktorska disertacija, 174 str.

68. Pringle CM, Naiman RJ, Bretschko G, Karr JR, Oswood MW., Webster JR, Welcomme RL, Winterborn MJ (1988): Patch dynamics in lotic ecosystems. The stream as a mosaic. *Journal of the North American Benthological Society,* 7(4): 503–524.

69. Rosenberg, DM, Resh VH (1993): Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman i Hall, London, 461 str.

70. Schleuter A, Tittizer T (1988): Die Makroinvertebratenbesiedlung des Mains in Abhängigkeit von der Gewässertiefe und der Korngrösse des Substrates. *Archiv fur Hydrobiologie*, 113 (1): 75–84.

71. Sharma KK, Chowdhary S (2011): Macroinvertebrate assemblages as biological indicators of pollution in a Central Himalayan River, Tawi. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 3:167–174.

72. Sidorov D, Palatov D (2012): Taxonomy of the spring dwelling amphipod Synurella ambulans (Crustacea: Crangonyctidae) in West Russia: with notes on its distribution and ecology. *European Journal of Taxonomy.* 23: 1–19.

73. Skoulikidis NT, Vardakas L, Karaouzas I, Economou AN, Dimitriou E, Zogaris S (2011): Assessing water stress in Mediterranean lotic systems: insights from an artificially intermittent river in Greece. *Aquatic Sciences*, 73: 581–597.

74. Stubbington R, Chadd R, Cid N, Csabai Z, Miliša M, Morais M, Munné A, Pařil P, Pešić V, Tziortzis I, Verdonschot RCM, Datry T (2018): Biomonitoring of intermittent rivers and ephemeral streams in Europe: Current practice and priorities to enhance ecological status. *Science of the Total Environment*, 618: 1096–1113.

75. Stubbington R, England J, Wood PJ, Sefton CEM (2017): Temporary streams in temperate zones: recognizing, monitoring and restoring transitional aquatic– terrestrial ecosystems. *WIREs Water*, 4: c1223.

76. Šemnički P, Previšić A, Ivković M, Čmrlec K, Mihaljević Z (2012): Tufa Barriers ´ from a Caddisfly's Point of View: Streams or Lake Outlets? *International Review of Hydrobiology*, 97: 465–484.

77. Ter Braak CJF, Verdonschot PFM (1995): Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic sciences*, 57/3.

78. Ter Braak CJF, Smilauer P (1998): Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4.02). Centre for Biometry Wageningen, CPRODLO, Wageningen, The Netherlands.

79. Tockner K, Uehlinger U, Robinson CT (2009): Rivers of Europe. Academic Press, London, UK, 728 str.

80. Tockner K, Ward JV (1999): Biodiversity along riparian corridors. Archiv für Hydrobiologie, Supplement 115/3: 293–310.

81. Urbanič G (2009): Inland aquatic bioregions of Mediterranean climate region of Slovenia; biodiversity and possible climate change impacts. *Review of Hydrobiology*, 2: 107–116.

82. Vallenduuk HJ, Moller Pillot H (2007): Chironomidae larvae of the Netherlands and Adjacent Lowlands: General ecology and Tanypodinae, KNNV Publishing, Zeist, 143 str.

83. Vannote RL, Minshall GW, Cumminis KW Sedell JR, Cushing CE (1980): The River Continuum Concept. *The Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130–137.

84. Vilenica M, Previšić A, Ivković M, Popijač A, Vučković I, Kučinić M, Kerovec M, Gattolliat J, Sartori M, Mihaljević Z (2016): Mayfly (Insecta: Ephemeroptera) assemblages of a regulated perennial Mediterranean river system in the Western Balkans. *Biologia*, 71: 1038–1048.

85. Waringer J, Graf W (2011): Atlas der mitteleuropaischen Köcherfliegenlarven – Atlas of Central European Trichoptera Larvae. Eric Mauch Verlag Dinkelscherben, 468 str.

86. Williams DD, Hynes HBN (1976): The recolonization mechanisms of stream benthos. *Oikos*, 27: 265–272.

87. Winter TC, Winter, Harvey JW, Lehn O, William F, Alley M (1998): Ground Water and Surface Water. A Single Resource. U.S. Geological Survey Circular 1139 str.

88. Zwick P (2004): Key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage. *Limnologica,* 34: 315–348.

Internetski izvori:

89. Brabec K, Janecek BFU, Rossaro B, Spies M, Bitusik P, Syrovatka V, Schmidt-Kloiber A (2018): Dataset "Chironomidae".
www.freshwaterecology.info - the taxa and autecology database for freshwater organisms version 7.0 (pristupila 5.9.2018)

90. Buffagni A, Armanini DG, Cazzola M, Alba-Tercedor J, López-Rodríguez MJ, Murphy J, Sandin L, Schmidt-Kloiber A (2018): Dataset "Ephemeroptera".
www.freshwaterecology.info - the taxa and autecology database for freshwater organisms, version 7.0 (pristupila14.9.2018).

91. EC (European Commission) (2016): Status of Implementation of the WFD in the Member States. EC, Brussels
http://ec.europa.eu/environment/water/participation/map_mc/ map.htm (pristupila 14.9.2018).

92. Graf W, Murphy J, Dahl J, Zamora-Muñoz C, López-Rodríguez MJ, Schmidt-Kloiber A (2018): Dataset "Trichoptera".
www.freshwaterecology.info - the taxa and autecology database for freshwater organisms, version 7.0 (pristupila 5.9.2018).

93. Moog O, Schmidt-Kloiber A, Koller-Kreimel V (2010): ECOPROF Version 3.2 – software for assessing the ecologocal water quality of running waters according the Water Framework Directive.
http://www.ecoprof.at. (pristupila 10.8.2018.)

94. NN (Narodne Novine) (2013): Uredba o standardu kakvoće voda, 73/13. NN, Zagreb, Croatia

https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_73_1463.html (pristupila 14.9.2018.)

95. URL1 http://www.prirodni-svijet.com/krcic-2-2/ (pristupila 10.8.2018.)

ŽIVOTOPIS

DATUM ROĐENJA: 15. lipnja 1994.
MJESTO ROĐENJA: Bihać, Bosna i Hercegovina
IME OCA I MAJKE: Miroslav i Ljilja Grgić

OBRAZOVANJE

- 2016 – trenutno Diplomski studij Znanosti o okolišu, 2. godina
- Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek
- 2013 - 2016 Preddiplomski studij Znanosti o okolišu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek
- 2009 - 2013 Klasična gimnazija u Zagrebu
- 2001 - 2009 OŠ Harmani II, Bihać / OŠ Savski Gaj, Novi Zagreb

AKTIVNOSTI NA FAKULTETU

- Sudjelovanje na znanstveno-popularnoj manifestaciji Biološkog odsjeka PMF-a „Noć biologije 2014.“
- Sudjelovanje na znanstveno-popularnom događaju Instituta Ruđer Bošković 2015. “Otvoreni dan IRB-a: U potrazi za jezgrom“
- Sudjelovanje na predstavljanju Instituta Ruđer Bošković na „Znanstvenom kvartu“, program „Plac znanja“ organiziranom u okviru Interlibera 2015.
- Sudjelovanje na znanstveno-popularnoj manifestaciji „Znanstveni piknik 2015.“ s Udrugom studenata biologije – BIUS
- Član Organizacijskog odbora Drugog simpozija studenata bioloških usmjerenja (SiSB) 2.travnja 2016., u organizaciji Udruge studenata biologije – BIUS
- Sudjelovanje na znanstveno-popularnoj manifestaciji Biološkog odsjeka PMF-a „Noć biologije 2016.“
- Sudjelovanje na znastveno-popularnoj manifestaciji "Dan bioraznolikosti" na Zagrebačkom Maksimiru (2017)

PROJEKTI

- Istraživačko-edukacijski projekt “Papuk 2015” Udruge studenata biologije – BIUS
- Istraživačko-edukacijski projekt “Mura-Drava 2016” Udruge studenata biologije – BIUS
- Istraživačko-edukacijski projekt “Insula Tilagus 2017” Udruge studenata biologije – BIUS

ZNANSTVENI RAD

- Dragun Z, Filipović Marijić V, Krasnići N, Ivanković D, Valić D, Žunić J, Kapetanović D, Vardić Smrzlić I, Redžović Z, Grgić I, Erk M (2018): Total and cytosolic concentrations of twenty metals/metalloids in the liver of brown trout Salmo trutta (Linnaeus, 1758) from the karstic Croatian river Krka". Ecotoxicology and Environmental Safety, 147: 537-549.

NAGRADE

- Rektorova nagrada za rad pod nazivom: "Procjena antropogenih utjecaja na rijeku Krku i potencijalne opasnosti za Nacionalni park Krka" (2015)

DRUŠTVA I ORGANIZACIJE

- Udruga studenata biologije – BIUS, Zagreb (2015 - trenutno)
- Udruženje slatkovodnih ekologa – HUSEk, Zagreb (2016 - trenutno)

KONGRESI I SIMPOZIJI

- Aktivno sudjelovanje s oralnim prezentacija pod naslovom „Elektrokemijsko određivanje metalotioneina u probavilu Vardarskog klena - procjena biološkog učinka metala u rijekama onečišćenim otpadnim vodama rudnika“ na "6th ISE Satellite Student Regional Symposium on Electrochemistry" (2015) održanog u Zagreb, Hrvatska.
- Aktivno sudjelovanje s poster prezentacijom pod naslovom “Evaluation of anthropogenic impact on the Krka River and potential risk for the Krka National

Park” na "2. simpoziju o biologiji slatkih voda" (2017) održanog u Zagrebu, Hrvatska.

- Aktivno sudjelovanje s oralnim prezentacija pod naslovom “Procjena opasnosti za Nacionalni park Krka u području antropogenih utjecaja uz grad Knin” na "3. Simpoziju studenata bioloških usmjerenja" (2017) održanog u Zagrebu, Hrvatska.
- Aktivno sudjelovanje s poster prezentacijom pod naslovom “Macroinvertebrate community of a sub-Mediterranean temporary karst river in the Western Balkans” “na “3rd Central European Symposium for Aquatic Macroinvertebrate Research” održanog u Lodzu, Poljska.

ISKUSTVO U RADU

- Stručna praksa: Izoliranje uzoraka makrozoobentosa iz povremene rijeke Krčić (2016)
- Rad preko Student servisa na izolaciji i determinaciji makrozoobentosa na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta (2018)

JEZICI

- Hrvatski - materinji
- Latinski - vješta u čitanju i pisanju
- Starogrčki - vješta u čitanju i pisanju
- Engleski - vješta u čitanju, pisanju i govoru

KONTAKT INFORMACIJA

Ivana Grgić
Ustanova: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek
Adresa: Lanište 16, 10 020 Novi Zagreb, Republika Hrvatska
Mobilni telefon: + 385 95 822 5629
E-mail: ivana.grgic.bih@gmail.com