

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Bioški odsjek

Dora Zenković

**SASTAV I STRUKTURA ZAJEDNICE TULARA (TRICHOPTERA, INSECTA)
KRŠKIH IZVORA U DINARIDIMA**

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno – matematičkog fakulteta pod stručnim vodstvom doc. dr. sc. Ane Previšić. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra ekologije.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

Sastav i struktura zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) krških izvora u Dinaridima

Dora Zenković

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb

Izvori predstavljaju jedinstvena slatkovodna staništa u kojima se razvijaju zajednice specifičnog sastava i strukture, često bogate endemskim i rekliktnim vrsta. Tulari predstavljaju jednu od ključnih bioindikatorskih skupina životinja u procjeni ekološkog stanja različitih slatkovodnih staništa, kao i promjena u zajednicama. Ciljevi ovog diplomskog rada usmjereni su na istraživanje sastava i strukture zajednice tulara i ekoloških uvjeta različitih krških izvora u Dinaridima na području Hrvatske. Istraživanje je provedeno na krškim izvorima u tri regije (Gorski kotar, Lika i Dalmacija) na ukupno 19 različitih izvora (limnokreni i reokreni, te trajni i povremeni). Uzorkovanje zajednice makrozoobentosa je provedeno sezonski tijekom 2014. i 2015. godine, uz pomoć Surberove mreže prema modificiranom AQEM protokolu. Mjereni su i fizikalno – kemijski parametri vode, a njihove vrijednosti i sezonska kolebanja na istraživanim su izvorima u skladu su s očekivanim vrijednostima s obzirom na razlike u morfologiji, hidrološkom režimu i regionalnom položaju izvora. U istraživanju je ukupno zabilježeno 38 svojti tulara, od toga je najveći broj svojti zabilježen na trajnim, reokrenim izvorima Kupe (19) i Zrmanje (17), što ukazuje na veliku raznolikost u pojedinim izvorima. Najveća raznolikost i ujednačenost zajednice tulara zabilježena je u izvoru Rječine, reokrenom povremenom izvoru. Istraživani izvori imaju vrlo sličnu trofičku strukturu u kojoj dominira skupina strugača ili usitnjivača, ovisno o glavnom izvoru organske tvari. Glede sezonske dinamike gustoće populacija tulara, možemo razlučiti 4 različita trenda, ovisno o tome u kojem je godišnjem dobu zabilježena najveća gustoća populacije tulara. Kod većine izvora, za velik udio u ukupnoj gustoći odgovorna je jedna ili mali broj svojti, odnosno, sezonska varijabilnost ukupne gustoće ovisi o životnim ciklusima dominantnih svojti. Ovo istraživanje ukazuje da brojnost svojti, gustoća jedinki, raznolikost i ujednačenost zajednice tulara u različitim krškim izvorima ne ovise isključivo o morfologiji izvora, hidrološkom režimu, kao ni regionalnom položaju izvora, već su zajednice su određene međudjelovanjem različitih obilježjavezanih uz raznolikost staništa, ali i regionalne klimatske i hidrološke značajke, na razini pojedinih izvora. U radu se daju vrijedne nove spoznaje o ekologiji tulara u izvorskim zajednicama.

(63 stranice, 25 slika, 4 tablice, 65 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: fizikalno-kemijska obilježja vode, sastav i struktura zajednice, izvori, tulari (Trichoptera), funkcionalne skupine

Voditelj: doc. dr. sc. Ana Previšić

Ocjenitelji: izv. prof. dr. sc. Sandra Radić Brkanac, izv. prof. dr. sc. Daniel Orešić, prof. dr. sc. Vlasta Čosović

Zamjena: prof.dr. sc. Jasenka Sremac

Rad prihvaćen: 03.05.2017.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

Composition and structure of caddisfly communities (Trichoptera, Insecta) of karst springs in the Dinarides

Dora Zenković

Rooseveltovo trg 6, 10 000 Zagreb

Springs are unique freshwater habitats with specific communities, often rich in endemic and relict taxa. Caddisflies are one of the key groups of bioindicator taxa for freshwater quality assessment and monitoring.

The aims of this graduate thesis were to study the composition and structure of caddisfly communities in different karst springs in the Dinarides in Croatia. The research was carried out in 19 different karst springs (limnocrene and rheocrene; permanent and temporary springs) in three separate regions (Gorski kotar, Lika and Dalmatia). The field sampling was conducted seasonally during 2014 and 2015, using the Surber sampler, according to the modified AQEM protocol. Also, physico-chemical parameters of water were measured.

The values and seasonal fluctuations of the physico-chemical water parameters are in line with the expected values given the differences in morphology, hydrological regimes and regional distribution of springs. A total of 38 caddisfly taxa was recorded, with highest taxa richness recorded in the springs of Kupa (19) and Zrmanja (17) rivers. Highest diversity and equitability of caddisfly communities were recorded in the spring of Rječina river, a rheocrene and temporary spring. All springs had similar trophic structure, dominated by either grazers or shredders, depending on the main source of organic matter. Seasonal dynamics of caddisfly abundance shows four different trends in various springs, dependant on the season. In most springs, the total abundance reflected the abundance of a dominant species, i.e. the life cycles of the dominant species. This research suggests that the taxa richness, abundance and diversity of caddisfly communities in different karst springs are not solely controlled by the spring morphology, type of the hydrological regime and regional distribution of the spring, than rather by the interplay of all these factors acting in specific ways in each individual spring.

(63 pages, 25 figures, 4 tables, 65 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central biological library.

Key words: physico – chemical parameters, community composition and structure, springs, caddisflies (Trichoptera), functional feeding guilds

Supervisor: Dr. Ana Previšić, Assist. Prof.

Rewievers: Dr. Sandra Radić Brkanac, Assoc. Prof. , Dr. Daniel Orešić, Assoc. Prof., Dr. Vlasta Čosović, Full. Prof.

Replacement: Dr. Jasenka Sremac, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 03.05.2017.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
1.1. Opća obilježja izvora.....	1
1.2. Klasifikacija izvora.....	2
1.3. Izvori u kršu	3
1.4. Opća obilježja tulara (Trichoptera, Insecta)	4
1.5. Ciljevi istraživanja.....	4
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	6
2.1. Opća geografska, hidrogeografska, klimatska i vegetacijska obilježja Gorskog Kotara	6
2.1.1. Geografska obilježja Gorskog Kotara.....	6
2.1.2. Klimatska i vegetacijska obilježja Gorskog Kotara.....	6
2.1.3. Hidrogeografska obilježja Gorskog Kotara	7
2.2. Opća geografska, hidrogeografska, klimatska i vegetacijska obilježja Like.....	7
2.2.1. Geografska obilježja Like	7
2.2.2. Klimatska i vegetacijska obilježja Like	7
2.2.3. Hidrogeografska obilježja Like	8
2.3. Opća geografska, hidrogeografska, klimatska i vegetacijska obilježja Dalmacije	8
2.3.1. Geografska obilježja Dalmacije	8
2.3.2. Klimatska i vegetacijska obilježja Dalmacije	8
2.3.3. Hidrogeografska obilježja Dalmacije	9
3. MATERIJALI I METODE	10
3.1. Terenska istraživanja.....	10
3.1.1. Mjerenje fizikalno – kemijskih obilježja vode	13
3.1.2. Uzorkovanje zajednice makrozoobentosa.....	13
3.1.3. Izolacija i obrada sakupljenog biološkog materijala	13
3.1.4. Analiza podataka	14
4. REZULTATI	16
4.1. Fizikalno – kemijska obilježja krških izvora	16
4.1.1. Temperatura vode	16
4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika	16
4.1.3. Zasićenost vode kisikom	16
4.1.4. Kemijska potrošnja kisika	16

4.1.5. Električna provodljivost vode	16
4.1.6. Brzina strujanja vode	17
4.1.7. pH vrijednosti vode.....	17
4.1.8. Alkalinitet vode	17
4.2. Brojnost, raznolikost i sličnost zajednice tulara u krškim izvorima	21
4.3. Trofička struktura zajednice tulara u krškim izvorima	28
4.4. Sezonska dinamika zajednice tulara u krškim izvorima	29
5. RASPRAVA.....	44
5.1. Fizikalno-kemijska obilježja vode istraživanih izvora.....	44
5.2. Sastav, struktura, raznolikost i sličnost zajednice tulara istraživanih izvora.....	46
5.3. Sezonska dinamika zajednice tulara istraživanih izvora	48
6. ZAKLJUČAK.....	50
7. LITERATURA	51

PRILOZI

Tablica P1: Prikaz fizikalno – kemijskih obilježja krških izvora

ŽIVOTOPIS

1. UVOD

1.1. Opća obilježja izvora

Pojavu podzemne vode na Zemljinoj površini nazivamo izvorom, a javlja se kao posljedica drugačije propusnosti stijena, te sva izvorska voda potječe od oborina. Kiša i otopljeni snijeg se nakon procjeđivanja u tlu skupljaju kao podzemna voda u poroznim stijenama, dok podzemna voda dalje protiče kroz podzemlje, prolazi pukotine i velike međuprostore topivih stijena, te na dodiru sa vodonepropusnim stijenama izvire na površinu (Glazier, 2009). Izvori predstavljaju ekoton, prijelaznu zonu između dva ekosustava. U takvom specifičnom i dinamičnom sustavu dolazi do interakcije podzemnih i površinskih voda s kopnenim ekosustavom (Barquin i Death, 2009). Granični položaj izvora između nekoliko različitih ekosustava tvori heterogeni mozaik vodenih, poluvodenih i polukopnenih mikrostaništa te su upravo zato izvori nazvani „vrućim točkama“ slatkovodne bioraznolikosti (Barquin i Death, 2009).

Izvorišno područje ili krenal dijeli se u dvije ekološke zone. Eukrenal je mjesto gdje voda iz podzemlja dolazi na površinu te predstavlja sam izvorišni dio, a hipokrenal je nastavak eukrenala te predstavlja izvorišni tok. Hipokrenal može biti dugačak od nekoliko metara do nekoliko stotina metara, što ovisi o količini vode i dužini eukrenala. Zonu samog izvora, eukrenal, određuju termalne promjene.

Za velik broj izvora karakteristična su mala sezonska kolebanja fizikalno-kemijskih parametara (npr. temperature i protoka vode, pH, i sl.) te su stoga njihove zajednice specifične u sastavu i strukturi vrsta, primjerice često se sastoje od velikog broja usko specijaliziranih vrsta. Jedan od vrlo važnih fizikalnih parametara izvora jest temperatura vode koja je približno jednaka srednjoj godišnjoj temperaturi zraka na području izvora (Williams i Williams, 1998). Stabilnost temperature je biološki važna karakteristika pa stoga eukrenal predstavlja područje stabilnih ekoloških uvjeta (Williams i Williams, 1998). S druge strane, takvi stabilni uvjeti nisu prisutni na području svih izvora. Postoje također izvori u kojima uvjeti nisu uvijek stabilni, te ovise o prirodi vodonosnika, poput nekih krških izvora. Kod povremenih i manjih izvora oscilacije abiotičkih čimbenika su izraženije, a protok i temperatura vode te kemijske značajke i količina suspendiranih tvari u ovisnosti su o količini oborina. Izvori povremenih rijeka i potoka, koji najčešće pravilno svake godine u sušnim mjesecima gube vodu i prestaju teći, predstavljaju specifične ekosustave koji su bitno različiti od stalnih izvora (Stubbington i sur., 2017). Promjenom režima toka mijenja se sastav

zajednica organizama, a time i sama funkcija određenog ekosustava što utječe na postojanost lokalnih vrsta i kompleksnost hranidbene mreže (Stubbington i sur., 2017).

Izvori i njihove zajednice pokazuju znatno složenija strukturna i funkcionalna svojstva za razliku od drugih lotičkih zajednica (Williams i Williams, 1998) te su stoga najpogodniji za istraživanje međusobnih interakcija faune i okolišnih čimbenika koji im utječu na rasprostranjenost. Međusobna interakcija izvorske zajednice makrozoobentosa i ekoloških parametara još uvijek nije u potpunosti izražena, iako je važana za ekologiju slatkih voda (Stubbington i sur., 2017). Na sastav zajednica makrozoobentosa utječu kemija i brzina strujanja vode, nadmorska visina te karakteristike mikrostaništa (tip supstrata, mahovine, prisutnost makrofitske vegetacije itd.) (Barquin i Death, 2009). Također, izvori se znatno razlikuju na lokalnoj razini zbog velikog broja endema (Glazier, 2009).

1.2. Klasifikacija izvora

S obzirom na raznolikost izvora, postoje i različiti sustavi klasifikacije istih, na primjer, na temelju hidrologije, geologije, fizikalno-kemijskih svojstava vode, ljudske upotrebe i ekologije (Glazier, 2009).

Pojavljuju se u tri osnovna morfološka oblika (Glazier, 2009):

1. **Helokreni izvori** su zamočvareni, procjedni izvori kod kojih se voda difuzno procjeđuje kroz tlo, šljunak ili propusnu stijenu tvoreći tako šire zamočvareno područje, bez jasnih granica gdje izvire voda.
2. **Limnokreni izvori** su oni kod kojih voda teče iz velike duboke depresije te je vodonosnik viši od podloge, tvori ujezerenje u dubini u koju neprestano ulazi izvorišna voda, gdje dalje može teći u obliku potoka. Limnokreno izvorišno područje je najčešće s muljevito-pjeskovitim sedimentom, a dno bazena se sastoji i od vrlo sitnih vapnenačkih čestica prekrivenih mikrofitskom ili makrofitskom vegetacijom. Prodor izvorišne vode iz dna bazena uvjetuje neznatno strujanje, koje se pojačava na mjestima gdje voda otječe u izvorišni potok.
3. **Reokreni izvori** su tipični za planinska područja kod kojih je prisutno jako prozračivanje vode i stjenovita podloga, te izbijaju na površinu iz podzemlja pod pritiskom neposredno tvoreći potok.

1.3. Izvori u kršu

Dinarski krš se proteže preko Dinarida te ga čini specifičan krajolik površine od oko 60 000 km² tvoreći tako jedno od najvećih kontinuiranih područja europskoga krša. Dinaridi se protežu između Panonske nizine na sjeveroistoku i Jadranskog mora na jugozapadu prekrivajući površinu dugačku preko 650 km i široku do 150 km. Smjer protezanja je sjeverozapad-jugoistok, od sjeveroistoka Italije, preko Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne Gore i dijela jugozapadne Srbije sve do sjeverozapadne Albanije. Duga i intenzivna geomorfološka evolucija te kompleksna geološka struktura oblikovale su hidrološke karakteristike dinarskog krša. Uz njegovu raznolikost geomorfologiju, hidrologija je jedan od njegovih najvažnijih i najprepoznatljivijih elemenata (Mihevec i sur., 2010).

U krškoj sredini postoji izravna i čvrsta interakcija između cirkulacije i skladištenja podzemne i površinske vode te navedeni procesi uvelike utječu na prostornu i vremensku raspodjelu organizama i njihovih staništa u kršu. Posljedica toga jest činjenica da se pojava, skladištenje i cirkulacija vode u okršenim sredinama značajno razlikuje od istih procesa u ostalim mnogo homogenijim i izotropnijim terenima (Mihevec i sur., 2010).

Krške rijeke karakteriziraju sezonske varijacije protoka vode s hidrološkim fluktuacijama, što se očituje i u razlikama u sastavu i strukturi izvorišnih zajednica ovih tekućica (Stubbington i sur., 2017). Ovisno o stupnju prolaznosti, potoci i rijeke se karakteriziraju kao:

1. Trajni (perenijalni) vodotok – predstavlja vodotok koji se opskrbljuje podzemnom i površinskom vodom i ima stalni tok tijekom cijele godine.

2. Povremeni (temporalni) vodotok – predstavlja vodotok koji povremeno, ali pravilno najčešće svake godine u sušnim mjesecima gubi vodu i prestaje teći (voda se zadržava u lokvama) ili potpuno presušuje. Ekstremne sezonske varijacije u protoku vode često uzrokuju nulti ili minimalni protok vode, te je vodena površina ograničena na izolirane bazene duž toka tekućice. Navedene pojave u povremenim rijekama uzrokuju promjene iz lotičkog u lentičko stanje tijekom godine.

3. Bujični (efemerni) vodotok – teče isključivo za izraženih padalina dok je većinu vremena suh (vododerine).

1.4. Opća obilježja tulara (Trichoptera, Insecta)

Pod pojmom makrozoobentos podrazumijevamo raznoliku i sveprisutnu skupinu makroskopskih beskralješnjaka koji su sastavni i važan dio vodenih ekosustava, te su vezani za dno kopnenih voda. Zajednice makrozoobentosa uključuju različite skupine životinja, npr. puževe, školjkaše, rakove, maločetinaše i ličinačke stadije nekih redova kukaca (Trichoptera, Diptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Hemiptera, Megaloptera i Odonata).

Tulari (Trichoptera, Insecta) su skupina kukaca koja je svojim životnim ciklusom vezana za slatkovodna i kopnena staništa. Svojom brojnošću i brojem vrsta jedna su od najznačajnijih skupina vodenih kukaca. S ekološkog gledišta, predstavljaju važnu kariku u razgradnji organske tvari i kruženju energije u slatkovodnim ekosustavima (Mackay, 1979). Holometabolni su red kukaca, a stadiji jaja, ličinke i kukuljice vezani su za vodu, dok odrasle jedinke žive na kopnu (Holzenthall i sur., 2007). U vodenom okolišu, prisutni su u svim tipovima staništa s obzirom na brzinu strujanja vode, tj. u lotičkim i lentičkim staništima, te s obzirom na podlogu, tj. na kamenitoj podlozi, u pijesku, na makrofitima itd. (Mackay, 1979). Smatra se da je ekološka raznolikost ličinačkog stadija ključan čimbenik velike biološke raznolikosti tulara. Naime, njihove jedinke proizvode predljlive niti od kojih grade kućice, mreže ili skloništa, što im omogućuje naseljavanje različitih tipova staništa s različitim ekološkim čimbenicima (Mackay, 1979). Neke su vrste tulara otporne na uvjete visokog saliniteta. Osim toga, kod njihovih ličinki nailazimo na veliku raznolikost u načinu prehrane, što im također omogućava iskorištavanje različitih tipova resursa i naseljavanje različitih staništa (Mackay, 1979). S obzirom na način uzimanja hrane, tulari se u ličinačkom stadiju dijele na: strugače (engl. „scrapers“), sakupljače (engl. „collectors“), usitnjivače (engl. „shredders“), procjeđivače (engl. „filter feeders“), predatore i bušaće (engl. „pierces“) (Mackay, 1979). Taksonomski se dijele na podredove Annulipalpia i Integripalpia (de Moor i sur., 2008).

Zbog povezanosti sa specifičnim uvjetima staništa i osjetljivosti na onečišćenje, tulari predstavljaju jednu od ključnih bioindikatorskih skupina u procjeni ekološkog stanja različitih slatkovodnih staništa, kao i promjena u zajednicama. (Graf i sur., 2008).

1.5. Ciljevi istraživanja

Ciljevi ovog diplomskog rada usmjereni su na istraživanje sastava i strukture zajednice tulara i ekoloških uvjeta različitih krških izvora u Dinaridima na području Hrvatske. Istraživanjem su obuhvaćeni izvori koji imaju stalni tok vode, ali i izvori povremenih tekućica koji presušuju. Istraživano područje Dinarida posebno je zanimljivo zbog velikog broja endema vodenih kukaca, posebno iz reda tulara (Graf i sur., 2008). U skladu s navedenim spoznajama postavljeni su sljedeći ciljevi istraživanja:

- utvrditi raznolikost i brojnost (gustoću) tulara,
- utvrditi različite aspekte strukture njihovih zajednica (npr. trofičku strukturu),
- te usporediti sezonske promjene u sastavu i brojnosti (gustoći) zajednice tulara u različitim tipovima krških izvora s obzirom na vodni režim (stalni ili povremeni izvori), na različita morfološka obilježja izvora (npr. reokreni i limnokreni izvori) te klimatske zone (mediteransko područje, kontinentalno područje).

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

2.1. Opća geografska, hidrogeografska, klimatska i vegetacijska obilježja Gorskog Kotara

2.1.1. Geografska obilježja Gorskog Kotara

Gorski Kotar se nalazi u zapadnom dijelu Hrvatske, između Like i Slovenije. Sa sjevera mu granica ide od izvora Čabranke, rijekom Čabrankom i rijekom Kupom do Zdihova Bosiljevskog. Prema jugozapadu granica prelazi padinom Obruča iznad Grobničkog polja, preko Kamenjaka, Huma, Draževskog vrha, Vinodolske udoline, Pletenog, Luke Krmpotske, Alana i Krivog Puta, na nadmorskoj visini od oko 700 m. Granicu jasno označava oštar prijelaz opustošenog primorskog predjela u šumovit goranski predio. Prema istoku granica dodiruje Ogulinsko-plašćansku udolinu, a teče od Severina na Kupi prema Krpelju, obilazi Ogulinsko Polje do Ogulinskog Hreljina pa padinama Kleka i Modruškog zagorja do Modruša. Gorski Kotar obuhvaća površinu od 1270 km²(http://www.gorskikotar.hr/turizam/otkrijte_gorski_kotar/zemljopisne_znacajke).

2.1.2. Klimatska i vegetacijska obilježja Gorskog Kotara

Niža goranska područja spadaju u zonu umjereno-tople kišne klime, dok predjeli iznad 1200 m spadaju u područje subarktičke, sniježno-šumske klime. Od posebnog je značaja utjecaj vjetrova, osobito bure i juga, kao i velika količina padalina kao posljedica blizine Jadranskog mora i utjecaja visokog reljefa. Na nižem području Gorskog Kotara prevladava bjelogorična vegetacija, dakle šume bukve s brijestom, grabom, jasenom i lipom te karakterističnim niskim raslinjem. U višem gorskom području prevladavaju šume četinjača, uglavnom jele i smreke te vrlo rijetko tise. U pretplaninskom području je značajna pretplaninska šuma bukve kao i pretplaninska šuma smreke, a u sloju grmlja i prizemnog rašća prevladava acidofilna vegetacija. U najvišim pretplaninskim predjelima javlja se klekovina bukve (<http://www.vusz.hr>).

2.1.3. Hidrogeografska obilježja Gorskog Kotara

Najveća rijeka Gorskog Kotara je rijeka Kupa, a njezin izvor jedan je od najjačih, najrasprostranjenijih i najdubljih krških vrela. Ispod izvora Kupa je brza rijeka, dok se nakon nekoliko kilometara toka smiruje i postaje mirna rijeka ispresijecana mnogim umjetnim

slapovima. Rijeka Dobra je veličinom druga rijeka Gorskog Kotara, razvija se istočno od Skrada iz nekoliko manjih izvorišnih krakova kojima se kod Vrbovskog priključuje Kamačnik. Rijeka Rječina izvire iz pećine na 325 metara nadmorske visine ispod strme litice brda Kičeja, velikim dijelom teče kroz strmi kanjon, a u Rijeci se račva na Mrtvi kanal i novo korito. Rijeka Čabranka je planinski brzac, pritoka Kupe, a izvire na samom kraju dubokog i uskog završetka Kupske doline. Od ponornica se ističe rijeka Zagorska Mrežnica koja izvire nedaleko grada Ogulina, a voda iz izvora se skuplja u umjetno akumulacijsko jezero Sabljaci (http://www.gorskikotar.hr/turizam/otkrijte_gorski_kotar/zemljopisne_znacajke).

2.2. Opća geografska, hidrogeografska, klimatska i vegetacijska obilježja Like

2.2.1. Geografska obilježja Like

Lika je visoravan okružena gorskim lancima; južnu granicu čini Velebit, istočnu granicu čini Plješivica, zapadna je granica Velika Kapela te Mala Kapela na sjeveru. Sjeverna je granica prilično neodređena jer prijelazni prostor između Like i Gorskog Kotara čini Ogulinsko-Plašćanska dolina. Cijelo je područje planinska zaravan raščlanjena manjim planinskim lancima u više cjelina. Površina Like iznosi oko 5000 km² (<http://visit-lika.com/page/geografija>).

2.2.2. Klimatska i vegetacijska obilježja Like

Niža lička područja imaju umjereno-toplu kišnu klimu, dok viši predjeli spadaju u područje sniježno-šumske klime. Južni dio Like je specifičan jer ima submediteransku klimu. Najviše oborina padne u hladnom dijelu godine, a uz snijeg magla je također česta pojava. Na nižim područjima Like dolaze brdske šume bukve, dinarske šume bukve i jele te šume jele s rebračom. Na višim predjelima dolaze subalpske šume bukve, a u najvišim pretplaninskim predjelima, na granici šumske vegetacije, dolazi klekovina bora krivulja. Na mrazištima i strmim vapnenačkim stijenama prisutne su šume smreke. U Lici je karakteristična pojava vriština ili bujadnica, koje se razvijaju nakon uništenja kestenovih ili hrastovih šuma, na jako kiselim tlima (<http://www.vusz.hr>).

2.2.3. Hidrogeografska obilježja Like

Rijeka Lika je najveća lička ponornica, a izvire u podnožju Velebita na nadmorskoj visini od oko 600 m. Također važna ponornica je i rijeka Krbava, izvire u jugoistočnome dijelu Krbavskoga polja, a ljeti često presušuje. Rijeka Gacka je po duljini treća ponornica na

svijetu, a njezino se izvorišno područje sastoji od mnogo manjih izvora od kojih su najjači Klanac, Majerovo vrilo i Tonkovića vrilo. Krupa je rječica koja izvire pod krškim obroncima Velebita iz dva krška vrela, te utječe u Zrmanju. Rijeka Una izvire u južnom dijelu Like, a njezino je vrelo najdublji krški izvor u Hrvatskoj. Posebna je po tome što je u početku toka planinska rijeka, a zatim postaje ravničarska rijeka kako ide prema ušću te čini velik dio prirodne granice Hrvatske s Bosnom i Hercegovinom (<http://visit-lika.com/page/geografija>).

2.3. Opća geografska, hidrogeografska, klimatska i vegetacijska obilježja Dalmacije

2.3.1. Geografska obilježja Dalmacije

Površina Dalmacije iznosi 13 000 km², a proteže se uz Jadransko more od Hrvatskoga primorja na sjeverozapadu do granice s Crnom Gorom na jugoistoku. S kopnene strane granica joj je državna granica prema Bosni i Hercegovini, odnosno visokoplaninsko područje omeđeno crtom Dinara-Kamešnica-Zavelim. Sastoji se od otočnog i obalnog dijela te submediteranske unutrašnjosti (Dalmatinska Zagora) koja je ujedno područje istraživanja ovog diplomskog rada (<http://www.enciklopedija.hr>).

2.3.2. Klimatska i vegetacijska obilježja Dalmacije

Klima Dalmacije je većinom mediteranska sa vrućim i suhim ljetima, dok u sjevernijim priobalnim područjima dolazi submediteranska klima sa nešto svježijim ljetima i većom količinom padalina. U mediteransko-montanskom pojasu klima ima znatno humidniji karakter što znači da su temperature u zimskom dijelu godine znatno niže i bitno je veća količina padalina, a ljeti uglavnom ne dolazi do izrazite i dugotrajne žege i suše. Na najvišim visinama dinarskih planina dolazi umjereno topla klima hladnijeg karaktera sa izraženijim oborinama. Snijeg je u području Dalmacije rijetka pojava, a najviše oborina padne zimi. U mediteransko-litoralnom pojasu karakteristične su šume alepskog bora te šume hrasta crnike. Na tom je području crnikovih šuma česta pojava degradacijskih stadija vegetacije: makija, gariga te kamenjara. Na sjeveru Dalmacije prisutne su listopadne šume i šikare bijelog graba i hrasta medunca. Najrašireniji degradacijski stadij ovih šuma jest dračik ili trnjak drače, a također su prisutne i kamenjare. Iznad šuma i šikara bijelog graba razvijaju se šume i šikare crnog graba, a graniče s vegetacijom kontinentalnog područja te ovdje više nisu prisutne vazdazelene vrste, a manji je i udio termofilnih vrsta. Dolaze na samom sjeveru Dalmacije na južnim padinama Velebita. Šume dalmatinskog crnog bora i šume hrasta crnike i crnog graba rastu iznad šuma

hrasta crnike i alepskog bora. Dolaze na većim nadmorskim visinama dalmatinskih otoka i poluotoka Pelješca (<http://www.vusz.hr>).

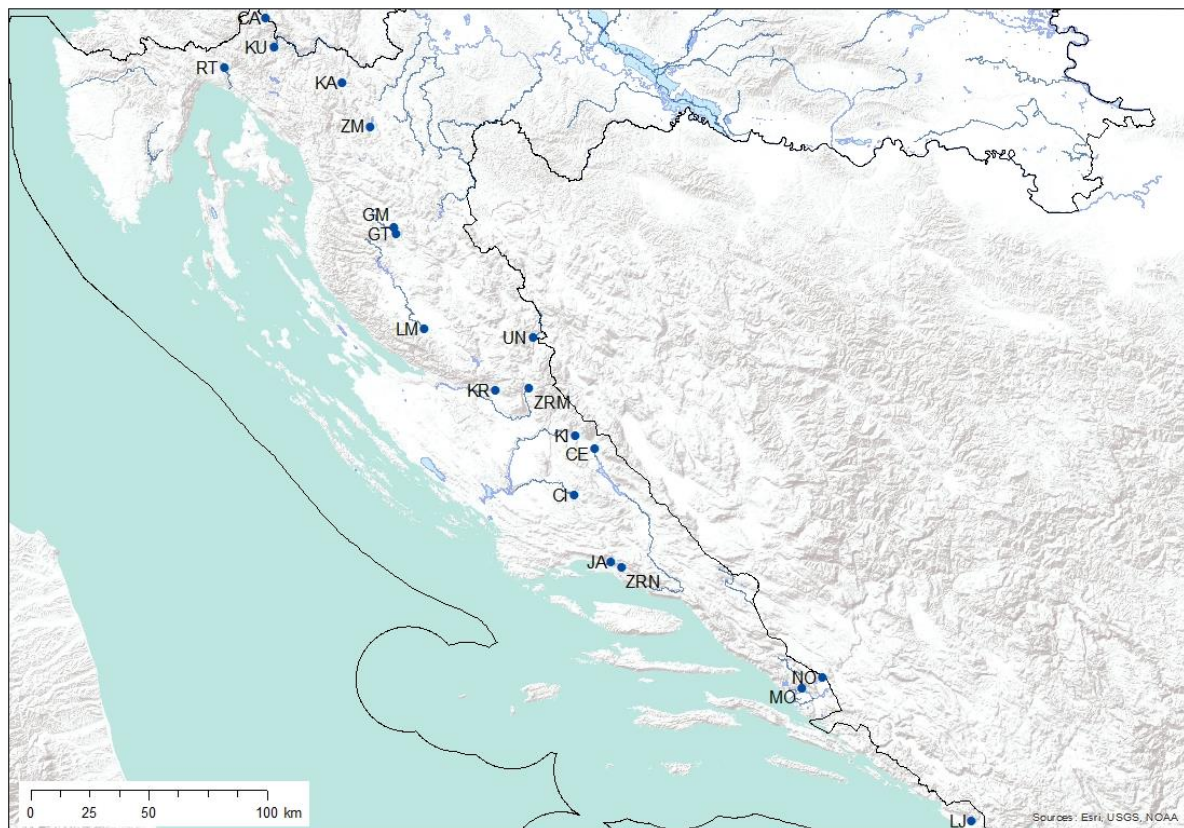
2.3.3. Hidrogeografska obilježja Dalmacije

Rijeka Cetina jedna je od većih Dalmatinskih rijeka, izvire u sjeverozapadnim obroncima Dinare blizu sela Cetine. Ima više izvora, a glavni je izvor Glavaš, dubok preko stotinu metara. Rijeka Krka izvire u blizini grada Knina, podno Topoljskog Buka ili Krčića, kojeg stvara Krčić, prtok rijeke Krke. Krčić je povremeni izvor koji ljeti presušuje. Rijeka Zrmanja izvire podno planine Poštak u južnom dijelu Like, a kod grada Obrovca se ulijeva u Novigradsko more. Rijeka Čikola izvire na padinama Svilaje, a nakon prolaska kroz kanjon ulijeva se u rijeku Krku u blizini Skradinskog Buka. Korito je često suho jer se veće količine vode na izvoru iskorištavaju za potrebe naselja i stanovništva. Žrnovnica je kratka rijeka koja izvire u podnožju Mosora, a ima brzi tok s manjim slapovima i dosta brzaca. Rijeka Jadro izvire u podnožju planine Mosor i teče solinskim poljem, te iako kratka, iznimno je bogata vodom i služi za opskrbu naselja i stanovništva vodom. Norin je rijeka na jugu Dalmacije koja izvire u malom izvorskom jezeru metkovskog prigradskog naselja Prud na prijelazu krša u močvarno područje delte Neretve i njezina je desna pritoka u Hrvatskoj. Izvor rijeke Ljute nalazi se na krajnjem jugu Dalmacije, u Konavoskim Brdima, nedaleko sela Ljuta. U Konavoskom polju se spaja s rječicom Konavočicom te u istom i ponire. Područje Modro Oko djelomično je potopljena krška depresija na desnoj obali Neretve koja je, ovisno o stanju voda, više ili manje ujezerena. Područje karakterizira obilje vode i močvarnih staništa, a također je značajni krajobraz i značajno je sa stajališta biološke raznolikosti jer sadrži ugrožena staništa, a također je važno za seobu i zimovanje ptica (<https://www.dinarskogorje.com/vode>).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Terenska istraživanja

Terensko prikupljanje uzoraka makrozoobentosa provedeno je tijekom 2014. i 2015. godine na ukupno 19 različitih krških izvora u Dinaridima (popis izvora dan je u Tablici 1). Istraživanjem su obuhvaćeni različiti tipovi izvora obzirom na tipologiju (limnokreni i reokreni) i trajnost toka (trajni i povremeni), u različitim regijama dinarskog krškog područja u Republici Hrvatskoj (Gorski Kotar, Lika, Dalmacija). Fotografije nekih izvora (prema tipovima i regijama) prikazane su na Slici 2. Uzorci su prikupljeni sezonski, a neki izvori su detaljnije istraživani. Podaci o mjesecima uzorkovanja prikazani su u Tablici 1. Mali dio uzoraka prikupljen je u prosincu 2013. godine te u ožujku i travnju 2016. godine.



Slika 1: Položaj istraživanih lokaliteta. Kratice naziva istraživanih izvora prikazane su u Tablici 1

Tablica 1: Popis krških izvora obuhvaćenih ovim istraživanjem.

	Naziv izvora	Kratica	Regija	Tip izvora	Trajnost toka	Dinamika uzorkovanja
1.	Cetina (izvor Glavaš)	CE	Dalmacija	limnokreni	trajni	2: travanj, lipanj 2014.
2.	Čabranka	CA	Gorski kotar	reokreni	trajni	4: veljača, lipanj, kolovoz, rujan
3.	Čikola	CI	Dalmacija	limnokreni	povremeni	2: srpanj, studeni
4.	Gacka (Tonkovića vrilo)	GT	Lika	limnokreni	trajni	4: siječanj, travanj, srpanj, listopad
5.	Gacka (Majerovo vrelo)	GM	Lika	limnokreni	trajni	5: siječanj, veljača, travanj, srpanj, listopad
6.	Jadro	JA	Dalmacija	limnokreni	trajni	5: siječanj, svibanj, kolovoz, listopad, prosinac
7.	Kamačnik	KA	Gorski Kotar	limnokreni	trajni	3: travanj, listopad, studeni
8.	Krčić	KC	Dalmacija	reokreni	povremeni	8: siječanj, ožujak, travanj, svibanj, lipanj, srpanj, listopad, prosinac
9.	Krupa	KR	Lika	reokreni	trajni	1: lipanj
10.	Kupa (izvor Kupari)	KU	Gorski Kotar	limnokreni	trajni	5: travanj, lipanj, srpanj, rujan, prosinac
11.	Lika (izvor Mrđenovac)	LM	Lika	reokreni/ limnokreni	povremeni	5: siječanj, svibanj, srpanj, studeni
12.	Ljuta	LJ	Dalmacija	reokreni	trajni	4: siječanj, svibanj, srpanj, studeni
13.	Modro Oko	MO	Dalmacija	limnokreni	trajni	3: siječanj, ožujak, studeni
14.	Norin (izvor Prud)	NO	Dalmacija	limnokreni	trajni	4: veljača, ožujak, svibanj, rujan
15.	Rječina	RT	Gorski Kotar	reokreni	povremeni	3: travanj, srpanj, studeni
16.	Una	UN	Lika	limnokreni	trajni	6: ožujak, travanj, kolovoz, studeni
17.	Zagorska Mrežnica	ZM	Gorski Kotar	limnokreni	trajni	1: listopad
18.	Zrmanja	ZRM	Dalmacija	reokreni	trajni	4: svibanj, kolovoz, listopad, prosinac
19.	Žrnovnica	ZRN	Dalmacija	reokreni	trajni	3: svibanj, kolovoz, listopad



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)

Slika 2: Izabrani istraživani izvori obzirom na regiju i tip izvora. Trajni izvori a) izvor Čabranke, b) izvor Cetine Glavaš, c) izvor Krupe, d) izvor Une; povremeni izvori e) i f) izvor Krčića, g) i h) izvor Like Mrđenovac. Fotografije Dr. sc. Sanja Gottstein i Dr. sc. Ana Previšić.

3.1.1. Mjerenje fizikalno – kemijskih obilježja vode

Tijekom uzorkovanja makroskopskih vodenih beskralježnjaka, na izvorima su od fizikalno – kemijskih parametara vode mjereni temperatura, količina otopljenog kisika, zasićenje vode kisikom, pH, električna provodnost, salinitet, alkalinitet te brzina strujanja vode i količina organske tvari. Sondom WTW Oxi 330 mjerena je temperatura vode ($^{\circ}\text{C}$), zasićenje vode kisikom (%) i količina otopljenog kisika u vodi (mg L^{-1}). Sondom WTW pH 340i mjerena je pH vode, a sondom WTW Cond 340i mjerena je električna provodljivost vode (μScm^{-1}). Alkalinitet vode (mg L^{-1}) mjerena je titriranjem uzorka vode s kloridnom kiselinom (HCl) uz metiloranž kao indikator. Brzina strujanja vode mjerena je hidrometrijskim krilom.

3.1.2. Uzorkovanje zajednice makrozoobentosa

Sezonski uzorci zajednice makrozoobentosa bili su prikupljeni pomoću Surberove mreže s dimenzijama okvira 25 x 25 cm, te s veličinom oka mreže od 500 μm . Prikupljanje uzoraka teklo je prema modificiranom AQEM protokolu; u 100 m toka prikupilo se 20 poduzoraka razmjerno udjelu mikrostanišnih tipova (supstrata). Uzorkovanje je započeto od nizvodnih prema uzvodnim dijelovima izvora, a pri tome je Surberova mreža bila postavljena u položaj za uzorkovanje, a otvor mreže usmjeren prema uzvodnom dijelu toka. Uzorci su se prikupljali podizanjem sedimenta s dna tekućice na dubini od 10-15 cm pomoću ruke ili „kick-sampling“ metodom, kojom se snažnim udaranjem ili rotiranjem čizme unutar okvira mreže uzvodno od otvora Surberove mreže prikuplja fauna koju struja vode zatim otplavi u mrežu. Tijekom uzorkovanja jedan se okvir mreže nalazi na površini sedimenta, a drugi se drži okomito na podlogu. Nakon uzorkovanja prikupljena fauna konzervirana je u 96 %-tnom etanolu, te pohranjena u plastične bočice na koje je prethodno napisan naziv lokaliteta, tip supstrata i datum uzorkovanja.

3.1.3. Izolacija i obrada sakupljenog biološkog materijala

Prikupljeni se materijal u laboratoriju razvrstao, izolirao i pregledao na stereolupi. Makroskopski bentoski beskralješnjaci izolirani su po skupinama u epruvete sa 75%-tnim etanolom, a pri tome su izdvojene ličinke tulara. U svaku je epruvetu prethodno stavljena kartica s nazivom sistematske kategorije, datumom i mjestom uzorkovanja, te zabilježen broj jedinki svake skupine. Jedinke tulara određene su do najniže moguće sistematske kategorije uz pomoć determinacijskog ključa Waringer i Graf (2011).

3.1.4. Analiza podataka

Prikupljeni podaci o brojnosti jedinki tulara uneseni su u računalni program Microsoft Excell XP. Podaci o fizikalno-kemijskim obilježjima vode prikazani su pomoću linijskih grafova. Broj jedinki preračunavan je na površinu od 1 m² i prikazan pomoću stupičastih grafova. Ukupni podaci o trofičkoj strukturi jedinki svih izvora prikazani su pomoću stupičastog grafa. Usporedba brojnosti jedinki tulara te njihov postotni udio na istraživanim postajama prikazan je pomoću stupičastih grafova. Kako bi se utvrdila raznolikost zajednice tulara na istraživanim postajama izračunati su sljedeći indeksi raznolikosti: Shannon-ov i Simpson-ov indeks sličnosti te Pielouov indeks ujednačenosti, koristeći programski paket Primer v6 (Clarke i Gorley, 2006).

Shannon-ov indeks raznolikosti (H') služi za uspoređivanje raznolikosti dviju ili više zajednica ili jedne zajednice u različitim vremenskim razdobljima. Shannon-ov indeks izračunava se prema formuli:

$$H' = -\sum p_i \ln(p_i)$$

gdje je : p_i – udio jedinke vrste i u zajednici.

Simpson-ov indeks raznolikosti ($1 - \lambda$) izražava vjerojatnost da dvije slučajno odabrane jedinke iz zajednice pripadaju različitim kategorijama (vrstama), a izračunava se prema formuli:

$$1 - \lambda = 1 - \sum (n_i * (n_i - 1) / (N * (N - 1)))$$

gdje je : n_i – ukupni broj jedinki vrste i ,

N – ukupan broj jedinki svih vrsta.

Indeks ujednačenosti zajednice ili Pielouov indeks predstavlja omjer izračunate raznolikosti zajednice i maksimalne moguće raznolikosti zajednice (kada su sve vrste u zajednici zastupljene s jednakim udjelima). Pielouov indeks računa se prema formuli:

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

gdje je: H' – Shannon-ov indeks,

S – ukupni broj vrsta u zajednici.

Kako bi se utvrdila sličnost zajednica tulara na istraživanim postajama provedena je klasterška analiza temeljena na Bray–Curtisov-om indeksu sličnosti, također koristeći programski paket Primer v6 (Clarke i Gorley, 2006).

Analiza trofičke strukture zajednice tulara izračunata je prema metodi Moog i sur. (2010), tj. uz pomoć slijedećeg izraza:

$$R = \sum n_i / \sum h$$

gdje je: R – udio tulara određene funkcionalne skupine na postaji,

n_i – broj jedinki vrste i koja pripada određenoj funkcionalnoj skupini,

h – ukupan broj jedinki na postaji.

4.REZULTATI

4.1. Fizikalno – kemijska obilježja krških izvora

4.1.1. Temperatura vode

Većina istraživanih izvora pokazuje jako mala sezonska kolebanja temperature, a općenito je temperatura vode viša u izvorima u Dalmaciji nego u Lici i Gorskom Kotaru (Slika 3a). Na izvorima Modro Oko (15°C), Norin Prud (13,5°C) i Čikola (13,8°C) temperatura vode je prilično visoka, a jedino Čikola (povremeni izvor, s. d. 4,75) ima veće kolebanje temperature gdje količina vode jako varira. Na izvoru Kupe temperatura vode je najniža te iznosi 7,5°C. Niska temperatura vode prisutna je još i na izvorima Rječine (8,5°C) i Like (8,5°C).

4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika

Na većini istraživanih izvora prisutna su mala kolebanja koncentracije otopljenog kisika. Veće kolebanje pokazuju izvori Modro Oko (s. d. 1,74) i Čabranka (s. d. 1,6). Na izvorima Kupa i Kamačnik prisutne su najviše vrijednosti koncentracije otopljenog kisika (12 mg L⁻¹). Najniže vrijednosti prisutne su na izvorima Norin (8 mg L⁻¹) i Lika Mrđenovac (9 mg L⁻¹) (Slika 3b).

4.1.3. Zasićenost vode kisikom

Na većini istraživanih izvora prisutna su mala kolebanja zasićenosti vode kisikom. Jedino izvori Modro Oko (s. d. 26,62), Lika Mrđenovac (s. d. 15,45) i Čabranka (s. d. 15,24) pokazuju veće kolebanje (s. d. 26,62). Na izvorima Kamačnik (110 %), Čabranka (105 %) i Kupa (100 %) te su vrijednosti vrlo visoke. Na izvorima Norin (78 %) i Lika Mrđenovac (82 %) prisutne su najniže vrijednosti (Slika 3c).

4.1.4. Kemijska potrošnja kisika

Kod većine istraživanih izvora prisutna su velika kolebanja kemijske potrošnje kisika, osobito na izvorima Rječine (s. d. 1,25), Ljute (s. d. 1,16) i Čabranke (s. d. 0,84). Najviše vrijednosti izmjerene su na izvorima Rječine (1,48 mg O₂ L⁻¹), Čabranke (1,30 mg O₂ L⁻¹) i Kupe (1,20 mg O₂ L⁻¹). Najniže vrijednosti izmjerene su na izvorima Gacke (Tonkovića vrilo; 0,60 mg O₂ L⁻¹), Krupe i Zagorske Mrežnice (oba izvora 0,75mg O₂ L⁻¹) (Slika 3d).

4.1.5. Električna provodljivost vode

Na istraživanim izvorima prisutna su jako različita kolebanja električne provodljivosti vode. Na većini izvora su jako mala, a velika su na izvorima Modro Oko (s. d. 213,53), Čabranka (s. d. 136,66) i Norin Prud (s. d. 103,10). Najviše vrijednosti zabilježene su kod izvora Norin ($790 \mu\text{S cm}^{-1}$) i Modro Oko ($600 \mu\text{S cm}^{-1}$). Najniže vrijednosti zabilježene su kod izvora Kupe i Rječine (oba izvora $250 \mu\text{S cm}^{-1}$) (Slika 3e).

4.1.6. Brzina strujanja vode

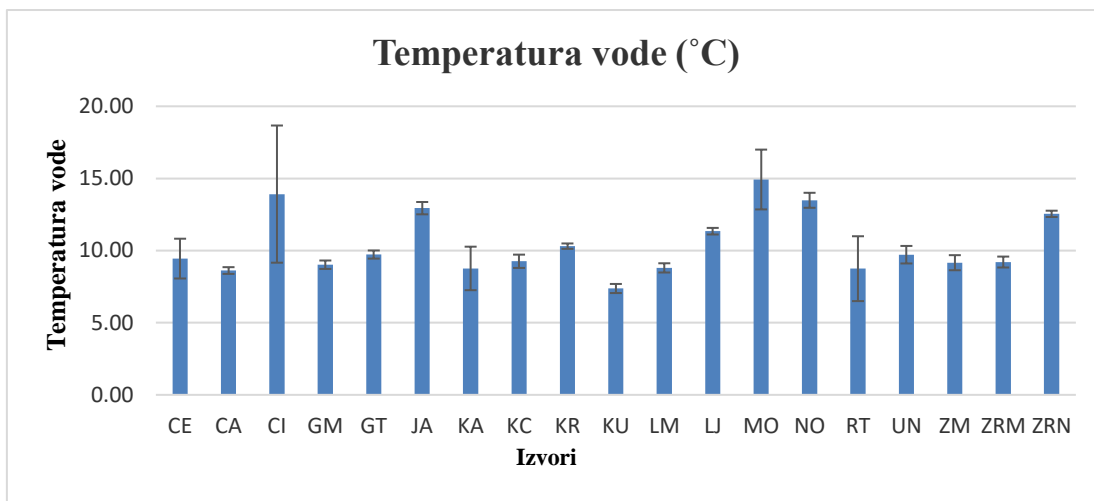
Na istraživanim izvorima prisutna su različita kolebanja brzine strujanja vode. Na većini izvora su mala, dok su velika na izvorima Ljute (s. d. 0,43), Une i Čikole (kod oba izvora s. d. iznosi 0,37). Najveću brzinu strujanja vode ima izvor Ljute ($0,95 \text{ m s}^{-1}$). Najnižu vrijednost imaju izvori Modro Oko ($0,10 \text{ m s}^{-1}$), Lika Mrđenovac i Zagorska Mrežnica (oba izvora $0,20 \text{ m s}^{-1}$) (Slika 3f).

4.1.7. pH vrijednosti vode

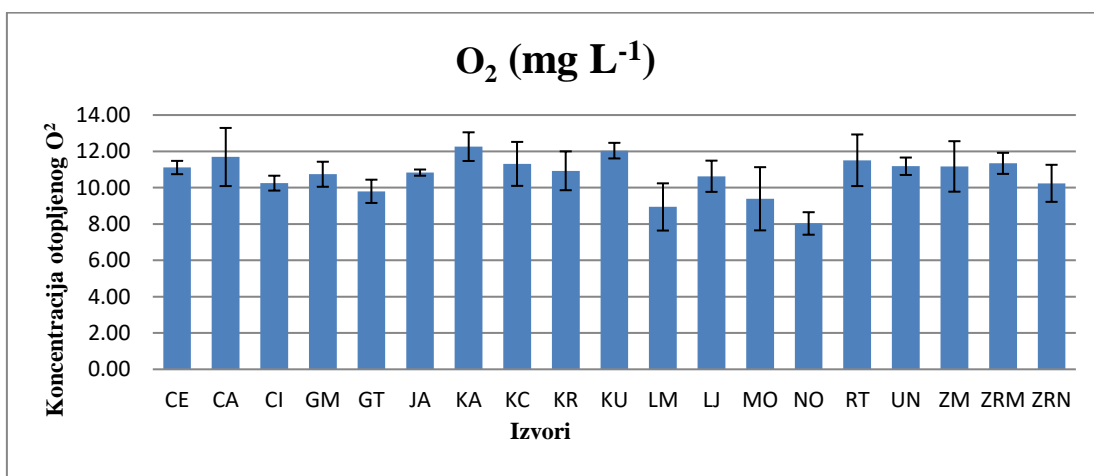
Na svim istraživanim izvorima prisutna su mala kolebanja pH vrijednosti vode. Veća kolebanja prisutna su na izvorima Krupa (s. d. 0,41) i Kamačnik (s. d. 0,34). Na izvorima Kamačnik (8,2) i Rječina (8,1) prisutne su najviše, dok su na izvorima Gacke Tonkovića Vrilo i Norin Prud prisutne najniže pH vrijednosti (oba izvora 7,2) (Slika 3g).

4.1.8. Alkalinitet vode

Na istraživanim izvorima prisutna su jako različita kolebanja alkaliniteta vode. Najveća kolebanja pokazuju izvori Čikole (s. d. 74,94) i Krupe (s. d. 66,89), dok neki izvori pokazuju mala kolebanja ili ih ne pokazuju, npr. Jadro (s. d. 0,00) i Gacka Tonkovića vrilo (s. d. 8,84). Najviše vrijednosti zabilježene su na izvorima Gacke (Tonkovića Vrilo: 260 mg L^{-1} i Majerovo Vrilo: 250 mg L^{-1}). Najniže vrijednosti zabilježene su na izvoru Kupe (130 mg L^{-1}) i Rječine (140 mg L^{-1}) (Slika 3h).

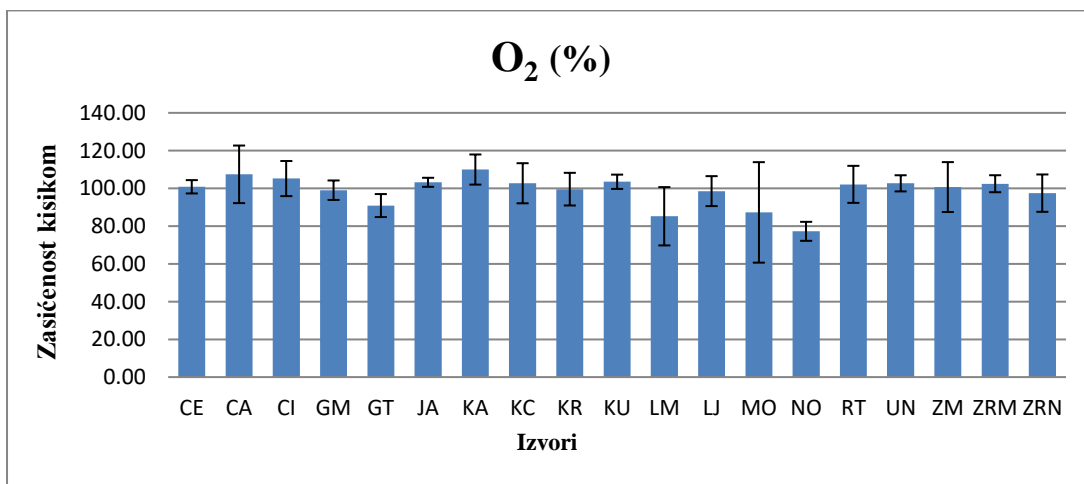


a)

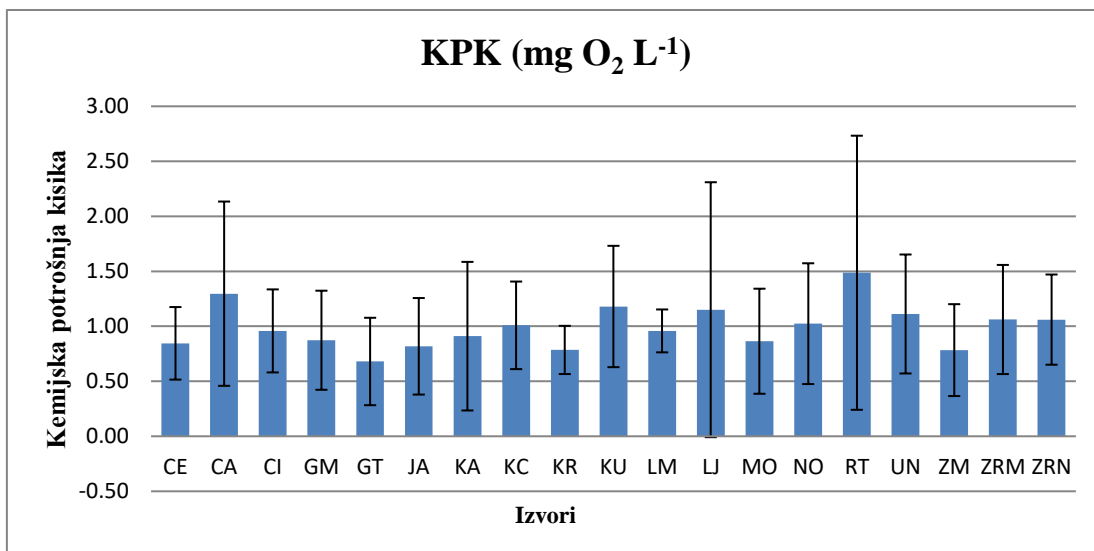


b)

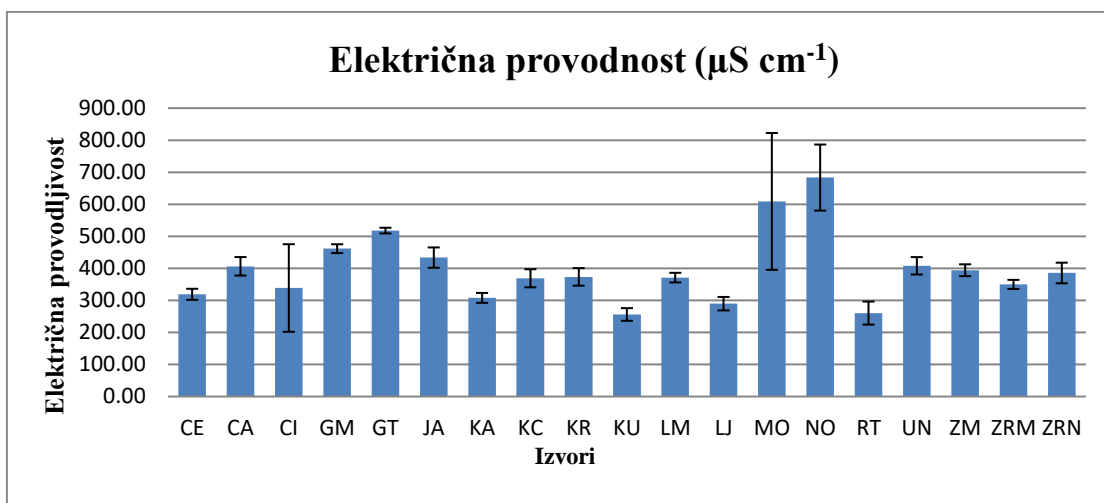
c)



Slika 3: Fizikalno-kemijska obilježja vode istraživanih krških izvora. a) temperatura vode, b) koncentracija otopljenog kisika, c) zasićenost kisikom.

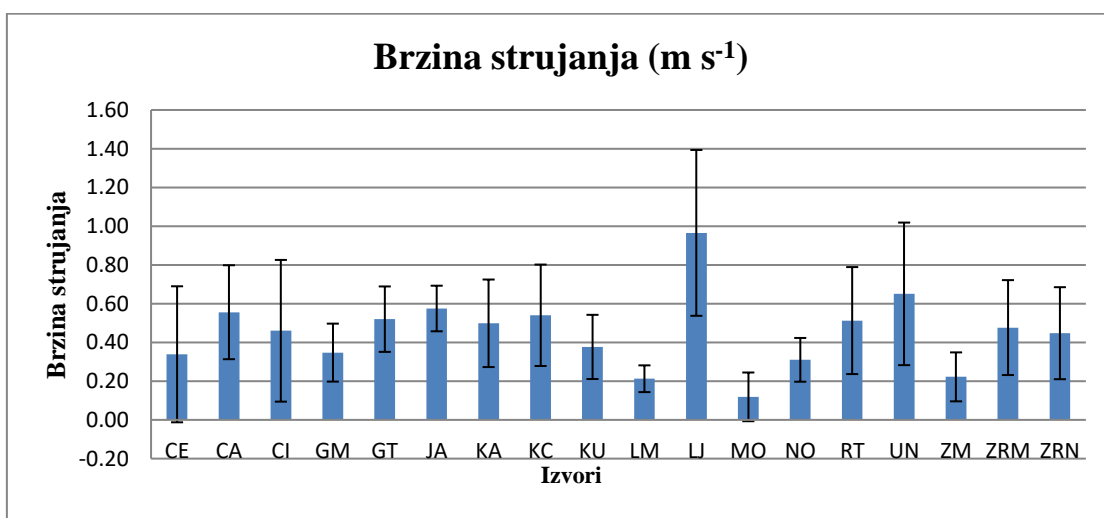


d)



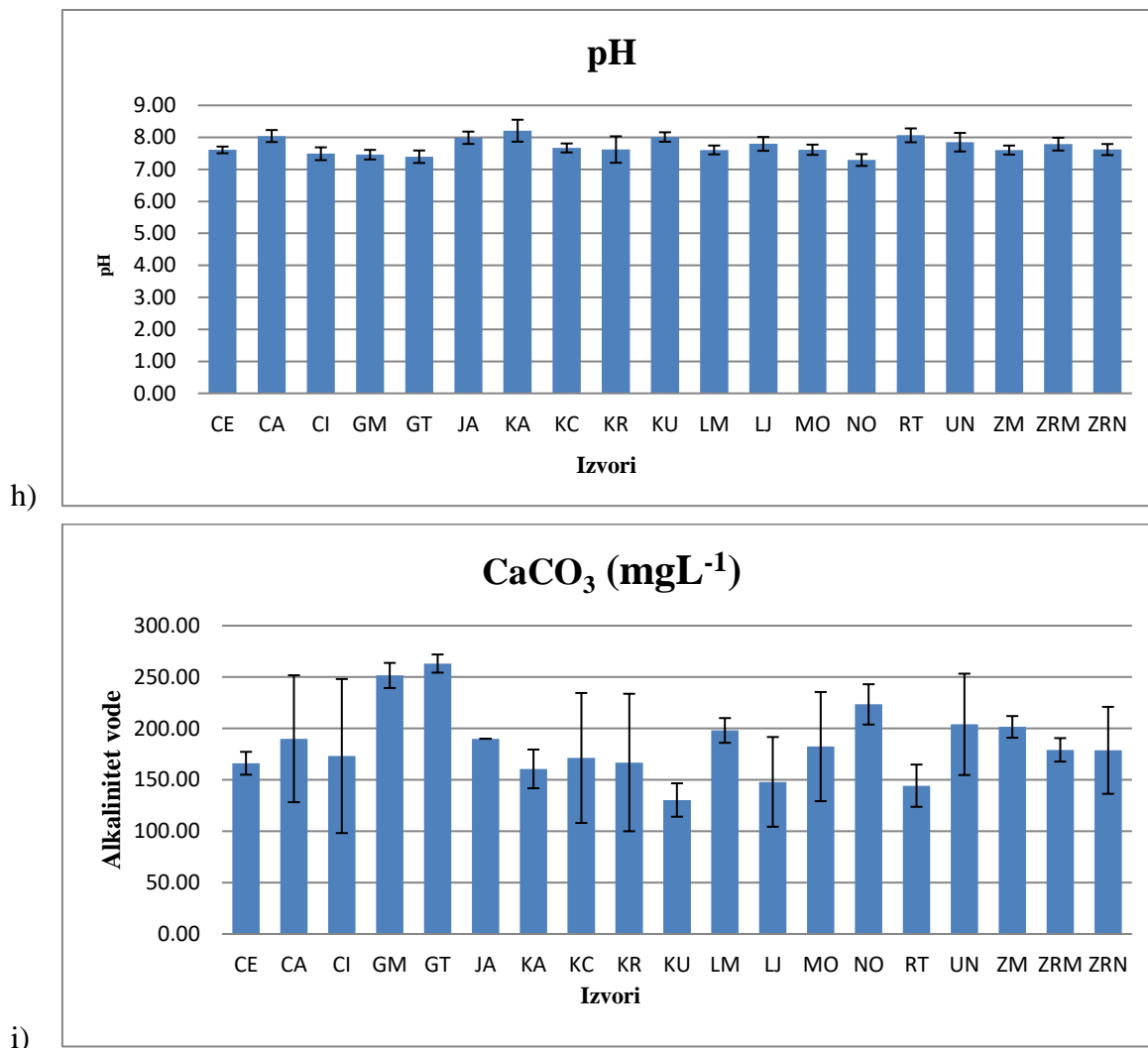
e)

f)



g)

Slika 3. Nastavak: Fizikalno-kemijska obilježja vode istraživanih krških izvora. d) kemijska potrošnja kisika, e) električna provodnost, f) brzina strujanja



Slika 3. Nastavak: Fizikalno-kemijska obilježja vode istraživanih krških izvora. g) pH vrijednosti, h) alkalinitet vode. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

4.2. Brojnost, raznolikost i sličnost zajednice tulara u krškim izvorima

Na svim istraživanim izvorima zabilježeno je ukupno 14 porodica tulara (Trichoptera, Insecta), od kojih je bila najzastupljenija porodica porodica *Limnephilidae*. Zabilježeno je ukupno 30 rodova i 33 vrste.

Na svim istraživanim izvorima ukupno je prikupljeno 38 svojti, od toga je najveći broj svojti zabilježen na izvorima rijeka Kupe i Zrmanje (ukupno po 13 svojti na oba izvora), a najmanji broj svojti zabilježen je na izvorima rijeka Zagorske Mrežnice i Čikole (ukupno po 1 svojta na oba izvora) (Tablica 2, Slika 4).

Ukupna gustoća jedinki preračunata na 1 m² iznosi 9216 jedinki. Najveća gustoća jedinki zabilježena je na izvoru rijeke Gacke Majerovo vrelo gdje iznosi 1597 / m², a najmanja gustoća jedinki zabilježena je na izvoru rijeke Čikole gdje iznosi 5 / m² (Tablica 2, Slika 4).

Najviše je jedinki zabilježeno na izvoru Gacke Majerovo vrelo te na izvoru Jadro, dok su izvori s najmanje jedinki Zagorska Mrežnica i Čikola (Tablica 2, Slika 4). Najveći Pielouov indeks ujednačenosti zabilježen je na izvorima Rječine i Modro Oko, dok je najmanji zabilježen na izvorima Gacke Majerovo Vrelo i Cetine. Najveća raznolikost prema Shannonovom indeksu zabilježena je na izvorima Rječine i Une, dok je najmanja raznolikost zabilježena na izvorima Zagorske Mrežnice i Čikole. Najveća raznolikost prema Simpsonovom indeksu zabilježena je na izvorima Rječine i Modro Oko, dok je najmanja opet zabilježena na izvorima Zagorske Mrežnice i Čikole.

Tablica 2: Istraživani izvori i ukupna gustoća i brojnost svih svojti. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Porodica	Svojta	CE	CA	CI	GM	GT
Beraeidae	<i>Beraeidae</i> neodređeno					9
Brachycentridae	<i>Micrasema minimum</i> McLachlan, 1876					
Goeridae	<i>Silo nigricornis</i> Pictet, 1834					
Glossosomatidae	<i>Glossosoma discophorum</i> Klapalek, 1902	18				
Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	1	3			
Glossosomatidae	<i>Synagapetus krawanyi</i> Ulmer, 1938					
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche dinarica</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1979					
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> sp.		7			
Hydroptilidae	<i>Allotrichia pallicornis</i> Eaton, 1873					
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> spp.					
Hydroptilidae	<i>Stactobiella risi</i> Felber, 1908					
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma basale</i> Kolenati, 1848					
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma hirtum</i> Fabricius, 1775					
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma</i> sp.					
Leptoceridae	<i>Athripsodes bilineatus</i> ssp.					
Leptoceridae	<i>Triaenodes bicolor</i> Curtis, 1834					
Leptoceridae	<i>Ylodes</i> sp.					
Leptoceridae	<i>Leptoceridae</i> neodređeno					
Limnephilidae	<i>Chaetopteryx fusca/villosa</i>				1	2
Limnephilidae	<i>Chaetopteryx</i> sp.					
Limnephilidae	<i>Chaetopterygini/Stenophylacini</i>					
Limnephilidae	<i>Annitella apfelbecki</i> Klapalek, 1899	93				
Limnephilidae	<i>Drusus croaticus</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1971		284		1585	49
Limnephilidae	<i>Drusus discolor</i> Rambur, 1842		2			
Limnephilidae	<i>Drusus vespertinus</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1976					
Limnephilidae	<i>Ecclisopteryx keroveci</i>		11			
Limnephilidae	<i>Potamophylax cingulatus/luctuosus/latipennis</i>					
Limnephilidae	<i>Potamophylax</i> sp.				2	
Limnephilidae	<i>Halesus digitatus/tesselatus</i>	1				2
Limnephilidae	<i>Grammotaulius nigropunctatus</i> Retzius, 1783					
Limnephilidae	<i>Grammotaulius nitidus</i> Muller, 1764					
Limnephilidae	<i>Limnephilus rhombicus</i> Linnaeus, 1758					
Limnephilidae	<i>Limnephilus</i> sp.	3				1
Limnephilidae	<i>Micropterna nycterobia</i> McLachlan, 1875					
Limnephilidae	<i>Limnephilidae</i> neodređeno	1	14	5	2	48
Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i> Scopoli, 1763					
Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia conspersa</i> Curtis, 1834					8
Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia</i> sp.					
Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i> Pictet, 1834					
Polycentropodidae	<i>Polycentropodidae</i> neodređeno					
Psychomyidae	<i>Lype reducta</i> Hagen, 1868					
Psychomyidae	<i>Psychomyia pusilla</i> Fabricius, 1781					
Psychomyidae	<i>Psychomyia</i> sp.					
Psychomyidae	<i>Tinodes dives</i> Pictet, 1834		189			
Psychomyidae	<i>Tinodes</i> sp.					
Psychomyidae	<i>Tinodes unicolor</i> Pictet, 1834					
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859					
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> sp.		332		6	45
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila tristis</i> Pictet, 1834		14			
Sericostomatidae	<i>Notidobia ciliaris</i> Linnaeus, 1761					
Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i> sp.	4			1	
Sericostomatidae	<i>Sericostomatidae</i> neodređeno					
Neodređeno	Neodređeno		16			
Ukupna gustoća jedinki (m ²)		121	856	5	1597	164
Ukupan broj svojti		4	9	1	5	7

Tablica 2. Nastavak

Porodica	Svojtá	JA	KA	KC	KU	KR
Beraeidae	<i>Beraeidae</i> neodređeno					
Brachycentridae	<i>Micrasema minimum</i> McLachlan, 1876				630	
Goeridae	<i>Silo nigricornis</i> Pictet, 1834					
Glossosomatidae	<i>Glossosoma discophorum</i> Klapalek, 1902					
Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	2			1	12
Glossosomatidae	<i>Synagapetus krawanyi</i> Ulmer, 1938					
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche dinarica</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1979				2	
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> sp.	61			21	
Hydroptilidae	<i>Allotrichia pallicornis</i> Eaton, 1873	1				
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> spp.				26	
Hydroptilidae	<i>Stactobiella risi</i> Felber, 1908	22				
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma basale</i> Kolenati, 1848	41				
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma hirtum</i> Fabricius, 1775	2				7
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma</i> sp.	1018				
Leptoceridae	<i>Athripsodes bilineatus</i> ssp.					
Leptoceridae	<i>Triaenodes bicolor</i> Curtis, 1834					
Leptoceridae	<i>Ylodes</i> sp.					
Leptoceridae	<i>Leptoceridae</i> neodređeno					
Limnephilidae	<i>Chaetopteryx fusca/villosa</i>					
Limnephilidae	<i>Chaetopteryx</i> sp.					
Limnephilidae	<i>Chaetopterygini/Stenophylacini</i>					
Limnephilidae	<i>Annitella apfelbecki</i> Klapalek, 1899					
Limnephilidae	<i>Drusus croaticus</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1971		3		2	
Limnephilidae	<i>Drusus discolor</i> Rambur, 1842					
Limnephilidae	<i>Drusus vespertinus</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1976					
Limnephilidae	<i>Ecclisopteryx keroveci</i>				152	
Limnephilidae	<i>Potamophylax cingulatus/luctuosus/latipennis</i>		3		11	
Limnephilidae	<i>Potamophylax</i> sp.				21	
Limnephilidae	<i>Halesus digitatus/tesselatus</i>					
Limnephilidae	<i>Grammotaulius nigropunctatus</i> Retzius, 1783			2		
Limnephilidae	<i>Grammotaulius nitidus</i> Muller, 1764			1		
Limnephilidae	<i>Limnephilus rhombicus</i> Linnaeus, 1758					
Limnephilidae	<i>Limnephilus</i> sp.					
Limnephilidae	<i>Micropterna nycterobia</i> McLachlan, 1875			504		
Limnephilidae	<i>Limnephilidae</i> neodređeno		3		30	1
Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i> Scopoli, 1763	97			3	
Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia conspersa</i> Curtis, 1834		8			
Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia</i> sp.					
Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i> Pictet, 1834	4				
Polycentropodidae	<i>Polycentropodidae</i> neodređeno					
Psychomyidae	<i>Lype reducta</i> Hagen, 1868					
Psychomyidae	<i>Psychomyia pusilla</i> Fabricius, 1781				54	
Psychomyidae	<i>Psychomyia</i> sp.				1	
Psychomyidae	<i>Tinodes dives</i> Pictet, 1834					
Psychomyidae	<i>Tinodes</i> sp.				1	
Psychomyidae	<i>Tinodes unicolor</i> Pictet, 1834					
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859					
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> sp.	6	28	411	95	14
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila tristis</i> Pictet, 1834		8			
Sericostomatidae	<i>Notidobia ciliaris</i> Linnaeus, 1761				1	
Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i> sp.	1			2	
Sericostomatidae	<i>Sericostomatidae</i> neodređeno				4	
Neodređeno	Neodređeno				1	
Ukupna gustoća jedinki (m ²)		1526	53	918	1056	34
Ukupan broj svojtí		9	6	4	13	4

Tablica 2. Nastavak

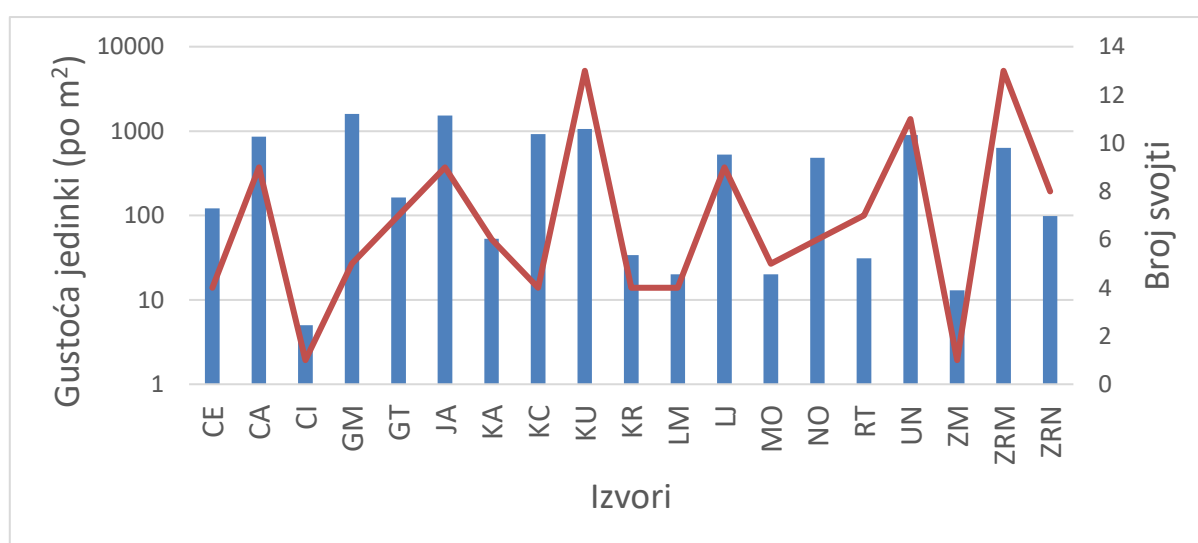
Porodica	Svojtá	LM	LJ	MO	NO	RT
Beraeidae	<i>Beraeidae</i> neodređeno					
Brachycentridae	<i>Micrasema minimum</i> McLachlan, 1876					
Goeridae	<i>Silo nigricornis</i> Pictet, 1834		27			
Glossosomatidae	<i>Glossosoma discophorum</i> Klapalek, 1902					0
Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.					3
Glossosomatidae	<i>Synagapetus krawanyi</i> Ulmer, 1938		252			
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche dinarica</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1979					
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> sp.		112		7	7
Hydroptilidae	<i>Allotrichia pallicornis</i> Eaton, 1873					
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> spp.				34	
Hydroptilidae	<i>Stactobiella risi</i> Felber, 1908		11			
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma basale</i> Kolenati, 1848					
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma hirtum</i> Fabricius, 1775	3				
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma</i> sp.				23	
Leptoceridae	<i>Athripsodes bilineatus</i> ssp.			2		
Leptoceridae	<i>Triaenodes bicolor</i> Curtis, 1834				15	
Leptoceridae	<i>Ylodes</i> sp.			7		
Leptoceridae	<i>Leptoceridae</i> neodređeno			1		
Limnephilidae	<i>Chaetopteryx fusca/villosa</i>	1				
Limnephilidae	<i>Chaetopteryx</i> sp.					
Limnephilidae	<i>Chaetopterygini/Stenophylacini</i>	2				
Limnephilidae	<i>Annitella apfelbecki</i> Klapalek, 1899					
Limnephilidae	<i>Drusus croaticus</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1971	10				1
Limnephilidae	<i>Drusus discolor</i> Rambur, 1842					
Limnephilidae	<i>Drusus vespertinus</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1976					
Limnephilidae	<i>Ecclisopteryx keroveci</i>					
Limnephilidae	<i>Potamophylax cingulatus/luctuosus/latipennis</i>					
Limnephilidae	<i>Potamophylax</i> sp.					
Limnephilidae	<i>Halesus digitatus/tesselatus</i>					8
Limnephilidae	<i>Grammotaulius nigropunctatus</i> Retzius, 1783					
Limnephilidae	<i>Grammotaulius nitidus</i> Muller, 1764			6	295	
Limnephilidae	<i>Limnephilus rhombicus</i> Linnaeus, 1758					
Limnephilidae	<i>Limnephilus</i> sp.					
Limnephilidae	<i>Micropterna nycterobia</i> McLachlan, 1875	4				
Limnephilidae	<i>Limnephilidae</i> neodređeno			1	103	3
Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i> Scopoli, 1763		1			
Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia conspersa</i> Curtis, 1834					
Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia</i> sp.					
Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i> Pictet, 1834					
Polycentropodidae	<i>Polycentropodidae</i> neodređeno					2
Psychomyidae	<i>Lype reducta</i> Hagen, 1868					
Psychomyidae	<i>Psychomyia pusilla</i> Fabricius, 1781					
Psychomyidae	<i>Psychomyia</i> sp.					
Psychomyidae	<i>Tinodes dives</i> Pictet, 1834			2		
Psychomyidae	<i>Tinodes</i> sp.		5			
Psychomyidae	<i>Tinodes unicolor</i> Pictet, 1834			1	5	
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859					
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> sp.		84			4
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila tristis</i> Pictet, 1834		1			
Sericostomatidae	<i>Notidobia ciliaris</i> Linnaeus, 1761					
Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i> sp.		32			3
Sericostomatidae	<i>Sericostomatidae</i> neodređeno					
Neodređeno	Neodređeno					
Ukupna gustoća jedinki (m ²)		20	525	20	482	31
Ukupan broj svojtí		4	9	5	6	7

Tablica 2. Nastavak

Porodica	Svojta	UN	ZM	ZRM	ZRN	UK
Beraeidae	<i>Beraeidae</i> neodređeno					9
Brachycentridae	<i>Micrasema minimum</i> McLachlan, 1876					630
Goeridae	<i>Silo nigricornis</i> Pictet, 1834					27
Glossosomatidae	<i>Glossosoma discophorum</i> Klapalek, 1902					18
Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	385				407
Glossosomatidae	<i>Synagapetus krawanyi</i> Ulmer, 1938					252
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche dinarica</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1979				3	5
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> sp.				8	222
Hydroptilidae	<i>Allotrichia pallicornis</i> Eaton, 1873					1
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> spp.					60
Hydroptilidae	<i>Stactobiella risi</i> Felber, 1908					33
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma basale</i> Kolenati, 1848					22
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma hirtum</i> Fabricius, 1775				6	18
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma</i> sp.					49
Leptoceridae	<i>Athripsodes bilineatus</i> ssp.					2
Leptoceridae	<i>Trienodes bicolor</i> Curtis, 1834					15
Leptoceridae	<i>Ylodes</i> sp.					7
Leptoceridae	<i>Leptoceridae</i> neodređeno					1
Limnephilidae	<i>Chaetopteryx fusca/villosa</i>					1
Limnephilidae	<i>Chaetopteryx</i> sp.				1	4
Limnephilidae	<i>Chaetopterygini/Stenophylacini</i>					2
Limnephilidae	<i>Annitella apfelbecki</i> Klapalek, 1899	179			2	274
Limnephilidae	<i>Drusus croaticus</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1971					1934
Limnephilidae	<i>Drusus discolor</i> Rambur, 1842					2
Limnephilidae	<i>Drusus vespertinus</i> Marinkovic-Gospodnetic, 1976	120				120
Limnephilidae	<i>Ecclisopteryx keroveci</i>					163
Limnephilidae	<i>Potamophylax cingulatus/luctuosus/latipennis</i>	12				26
Limnephilidae	<i>Potamophylax</i> sp.					12
Limnephilidae	<i>Halesus digitatus/tesselatus</i>				2	13
Limnephilidae	<i>Grammotaulius nigropunctatus</i> Retzius, 1783					2
Limnephilidae	<i>Grammotaulius nitidus</i> Muller, 1764					302
Limnephilidae	<i>Limnephilus rhombicus</i> Linnaeus, 1758		13			13
Limnephilidae	<i>Limnephilus</i> sp.					4
Limnephilidae	<i>Micropterna nycterobia</i> McLachlan, 1875					508
Limnephilidae	<i>Limnephilidae</i> neodređeno	52			22	285
Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i> Scopoli, 1763	25				470
Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i> Scopoli, 1763				1	597
Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia conspersa</i> Curtis, 1834					16
Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia</i> sp.	1				1
Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i> Pictet, 1834					4
Polycentropodidae	<i>Polycentropodidae</i> neodređeno					2
Psychomyidae	<i>Lype reducta</i> Hagen, 1868				1	1
Psychomyidae	<i>Psychomyia pusilla</i> Fabricius, 1781					54
Psychomyidae	<i>Psychomyia</i> sp.					1
Psychomyidae	<i>Tinodes dives</i> Pictet, 1834	18			2	211
Psychomyidae	<i>Tinodes</i> sp.	2			8	1
Psychomyidae	<i>Tinodes unicolor</i> Pictet, 1834					6
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859					1
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> sp.	56			49	23
Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila tristis</i> Pictet, 1834	1			3	1
Sericostomatidae	<i>Notidobia ciliaris</i> Linnaeus, 1761	2				3
Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i> sp.	41			3	1
Sericostomatidae	<i>Sericostomatidae</i> neodređeno	6				43
Neodređeno	Neodređeno					145
Ukupna gustoća jedinki (m ²)		894	13	592	98	9216
Ukupan broj svojti		11	1	13	8	38

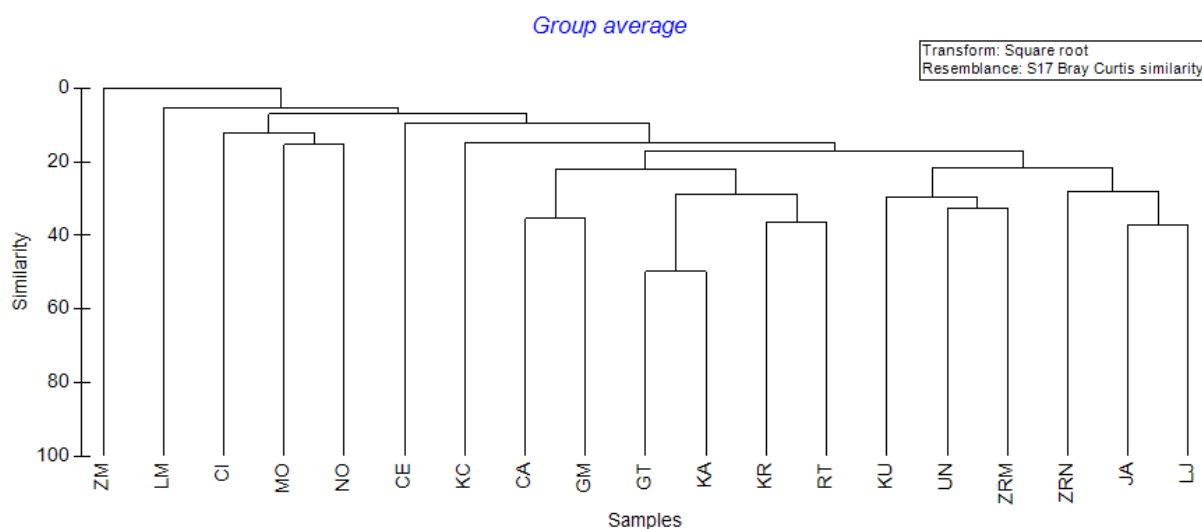
Tablica 3: Brojnost svojti i raznolikost zajednice tulara na istraživanim krškim izvorima. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1. S – broj svojti, N – broj jedinki, J' – Pielouov indeks ujednačenosti, H' – Shannon-ov indeks raznolikosti, $1-\lambda'$ – Simpson-ov indeks raznolikosti

Izvor	S	N	J'	H'	$1-\lambda'$
CE	7	121	0,4158	0,809	0,3884
CA	10	872	0,6072	1,398	0,7018
CI	1	5	****	0	0
GM	6	1597	0,0303	0,0544	0,0149
GT	8	164	0,7313	1,521	0,7486
JA	12	1526	0,4845	1,204	0,5312
KA	6	53	0,7789	1,396	0,6785
KC	4	918	0,512	0,7098	0,4987
KR	4	34	0,8382	1,162	0,6827
KU	19	1056	0,4932	1,452	0,6114
LM	5	20	0,8283	1,333	0,7105
LJ	9	525	0,6587	1,447	0,6929
MO	7	20	0,842	1,639	0,8
NO	7	482	0,6061	1,179	0,5724
RT	8	31	0,9211	1,915	0,8602
UN	14	900	0,6602	1,742	0,7498
ZM	1	13	****	0	0
ZRM	17	780	0,4853	1,375	0,5948
ZRN	8	99	0,6028	1,254	0,6578



Slika 4: Broj svojti (prikazan na logaritamskoj skali) i gustoća jedinki tulara u krškim izvorima. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Klaster analiza sličnosti faune tulara u istraživanim krškim izvorima ne pokazuje obrazac grupiranja izvora unutar regija, niti prema tipu izvora s obzirom na trajnost toka ili morfološka obilježja (Slika 5). Izvor Zagorske Mrežnice izdvaja se od ostalih izvora, a slijedi ga izvor Like Mrđenovac. Nadalje, po sličnosti su usko grupirani dalmatinski izvori Čikola, Modro Oko i Norin, dok su izvori Cetina i Krčić izdvojeni od ostatka dalmatinskih izvora. Usko su grupirani izvori Čabranke i Gacke Majerovo vrelo, zatim izvori Gacke Tonkovića vrilo i Kamačnik (koji prema analizi pokazuju najveću sličnost) te izvori Krupe i Rječine što je osobito jer se navedeni parovi izvora ne nalaze u istim regijama. Izvori Zrmanje i Une su grupirani zajedno, oba se nalaze u južnom dijelu Like, dok im je sličan izvor Kupe koji se nalazi u Gorskom Kotaru. Izvori Jadra i Ljute također su međusobno grupirani, a čine zajednički klaster s izvorom Žrnovnice (Slika 5).



Slika 5: Klaster analiza sličnosti faune tulara u krškim izvorima. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

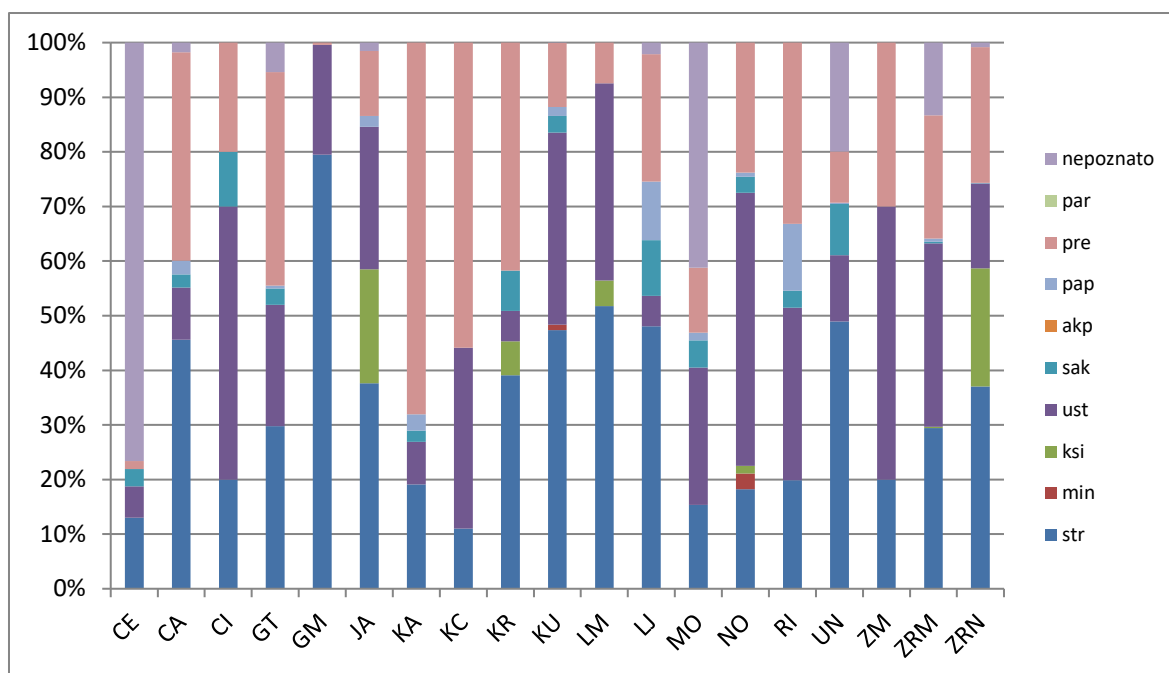
4.3. Trofička struktura zajednice tulara u krškim izvorima

Analiza funkcionalnih skupina pokazala je da postoje razlike u trofičkoj strukturi zajednica tulara na izvorima istraživanih rijeka. Općenito najbrojnija trofička skupina na većini izvora su strugači koji na polovici izvora imaju učestalost preko 30 % (Slika 6). Najbrojniji predstavnici ove trofičke skupine su vrste roda *Glossosoma* te vrsta *Synagapetus krawanay* Ulmer, 1938, zatim vrste porodice *Limnephilidae*. Daleko najveći udio ove skupine zabilježen je na izvoru Gacke Majerovo vrelo (79,5 %), dok je najmanji udio zabilježen na izvoru Krčića

(11 %) (Slika 6). Trofička skupina predatora slijedeća je po brojnosti te su njezini najbrojniji predstavnici vrste roda *Rhyacophila*, dok je na izvoru Zrmanje najbrojniji predstavnik navedene skupine bila vrsta *Odontocerum albicorne* Scopoli, 1763. Najveći udio ove skupine zabilježen je na izvoru Kamačnik (68,1 %), dok je najmanji udio zabilježen na izvoru Cetine (15 %). Trofička skupina usitnjivača sljedeća je po brojnosti, a najzastupljeniji su na izvoru Zrmanje (33,6 %), dok je najmanji udio zabilježen na izvoru Gacke Majerovo vrilo (20,1 %). Najbrojniji predstavnik skupine usitnjivača bila je vrsta *Micropterna nycterobia* McLachlan, 1875. Preostale skupine prisutne su u znatno manjem udjelu u istraživanim zajednicama, na primjer, sakupljači su najzastupljeniji na izvoru Ljute (10,2 %), dok ih je najmanje na izvoru Kamačnik (2,1 %). Pasivni procjeđivači su predstavljeni rodом *Tinodes* na izvoru Žrnovnice gdje ih ima najmanje (0,1 %), a najzastupljeniji su na izvoru Rječine (12,2 %). Također, manje zastupljene skupine su ksilofagi, kojih je najviše na izvoru Žrnovnice (21,6 %), te mineri, kojih je najviše na izvoru Norin (2,9 %), dok najmanje ima parazita zabilježenih na izvoru Zrmanje (Slika 6).

Najveći broj različitih funkcionalnih skupina imaju izvori Norin (7 različitih funkcionalnih skupina), zatim izvori Čabranke, Gacke Tonkovića vrilo, Jadro, Kupe, Ljute, Modro Oko te Zrmanja (svaki izvor po 6 različitih funkcionalnih skupina). Najmanji broj različitih funkcionalnih skupina imaju izvori Gacke Majerovo vrelo (2 različite funkcionalne skupine) te izvori Krčić i Zagorska Mrežnica (svaki izvor po 3 različite funkcionalne skupine) (Slika 6).

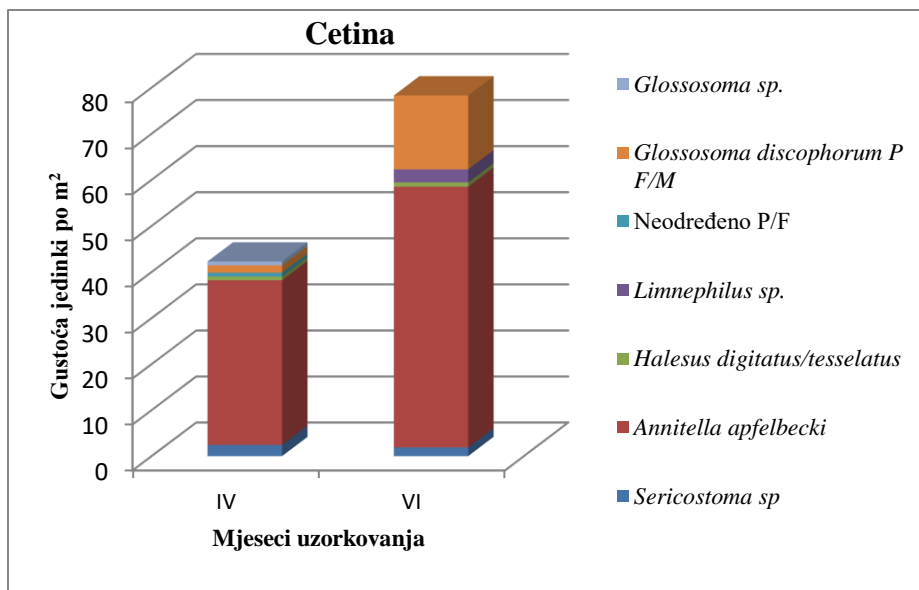
Na polovici izvora određeni dio vrsta nije se mogao kategorizirati niti u jednu trofičku skupinu, jer ekologija tih vrsta nije dovoljno poznata. Međutim, na većini izvora te vrste nisu zastupljene u velikom broju, iznimke su izvor Cetine i Modro Oko (Slika 6). Na izvoru Cetine dominantna vrsta u zajednici prisutna s udjelom od 77 % je *Annitella apfelbecki* Klapalek, 1899 čiji je način prehrane nepoznat. Nadalje, u zajednici izvora Modro oko udio od 41 % otpada na jedinke porodice *Leptoceridae* koje se nisu mogle odrediti pouzdano do razine vrste, te stoga način prehrane također nije poznat.



Slika 6: Trofička struktura zajednice tulara u krškim izvorima prikazana kao udio pojedine trofičke kategorije u zajednici tulara svakog istraživanog krškog izvora. Trofičke kategorije su sljedeće: str – strugači, min – minerali (bušači), ksi – ksilofagi, ust – usitnjivači, sak - sakupljači, akp - aktivni procjeđivači, pap - pasivni procjeđivači, pre – predatori, par – paraziti. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

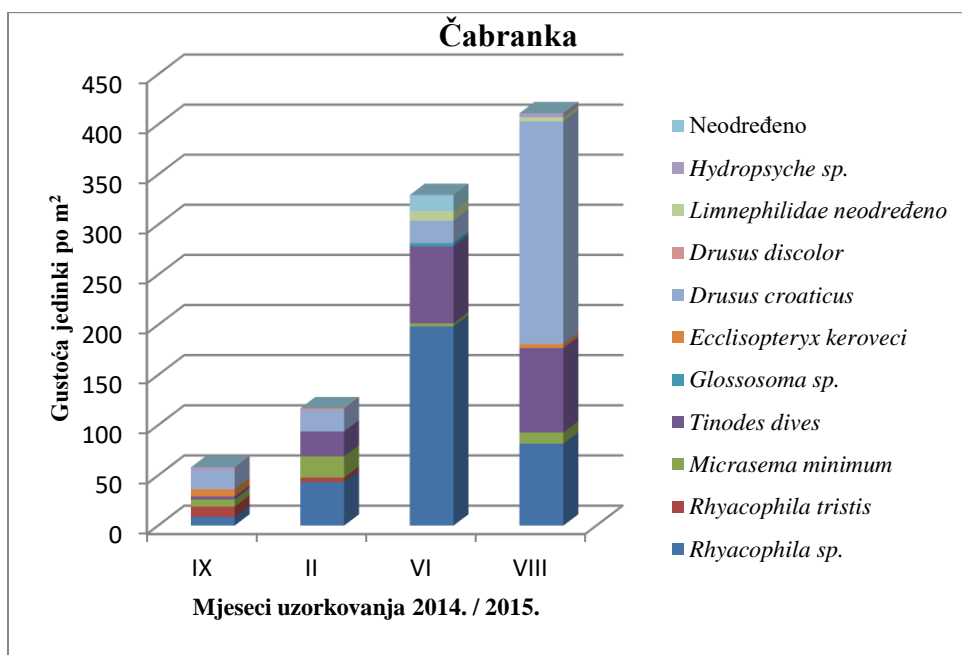
4.4. Sezonska dinamika zajednice tulara u krškim izvorima

Na izvoru Cetine veći broj jedinki sakupljen je u lipnju 2014. godine nego u travnju iste godine, što znači da postoji trend povećanja brojnosti tulara od proljeća do ljeta. Veći broj svojti prikupljen je u lipnju. Najzastupljenija je vrsta *Anitella apfelbecki*, dominantna u oba mjeseca uzorkovanja sa udjelom u zajednici 77 %, zatim slijedi *Glossosoma discophorum* Klapalek, 1902 u stadiju kukuljice sa udjelom u zajednici 15 % (Slika 7).



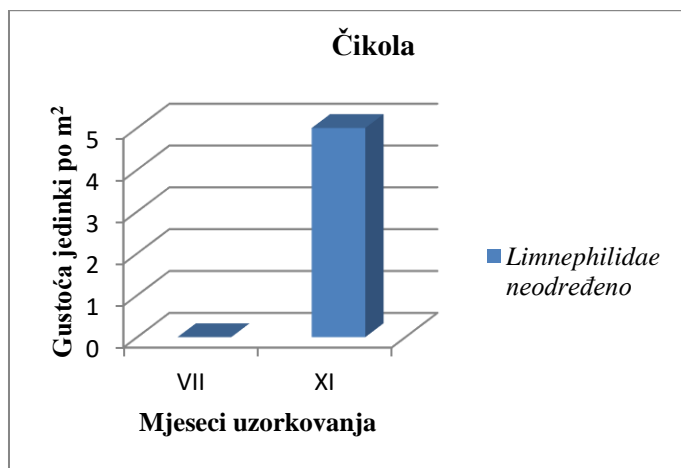
Slika 7: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru rijeke Cetine u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Najveći broj jedinki na izvoru Čabranke prikupljen je u kolovozu 2015. godine, a najmanji u rujnu 2014. godine, odnosno postoji trend povećanja brojnosti tulara od zime do ljeta (Slika 8). Najveći broj svojiti prikupljen je u veljači 2015. godine. Najzastupljenija svojita je rod *Rhyacophila* čiji udio u zajednici iznosi 36 %, a zatim slijedi vrsta *Drusus croaticus* Marinković – Gospodnetić, 1971 sa udjelom u zajednici 31 % (Slika 8).



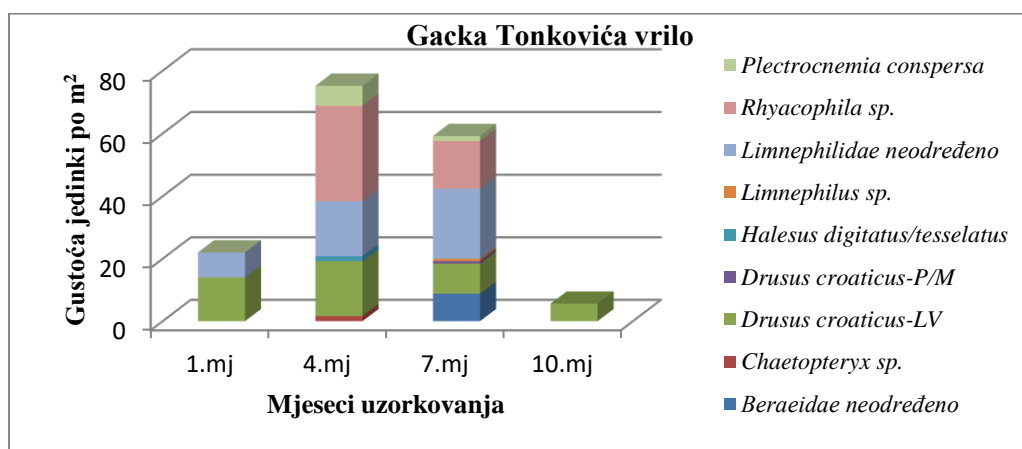
Slika 8: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru rijeke Čabranke u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Na izvoru Čikole tulari su prikupljeni samo u 11. mjesecu 2015. godine, dok ih u srpnju 2014. godine uopće nije bilo. Prisutne su jedino vrste porodice *Limnephilidae* koje nije bilo moguće odrediti (Slika 9).



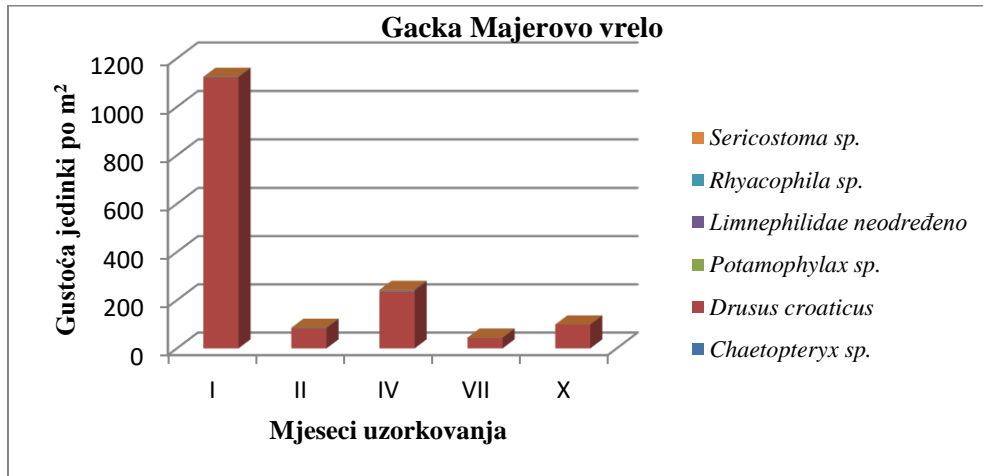
Slika 9: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru rijeke Čikole u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Na izvoru Gacke Tonkovića vrlo najveći je broj jedinki prikupljen u travnju 2014. godine, a najmanji u listopadu iste godine, odnosno postoji trend smanjenja brojnosti tulara od proljeća do jeseni (Slika 10). Najveći broj svojti prikupljen je u travnju i srpnju. Najzastupljenije su vrste porodice *Limnephilidae* sa udjelom u zajednici 30 %, zatim slijedi vrsta *Drusus croaticus* čiji je udio 29%. Također su prilično zastupljene vrste roda *Rhyacophila* čiji udio iznosi 28%. (Slika 10).



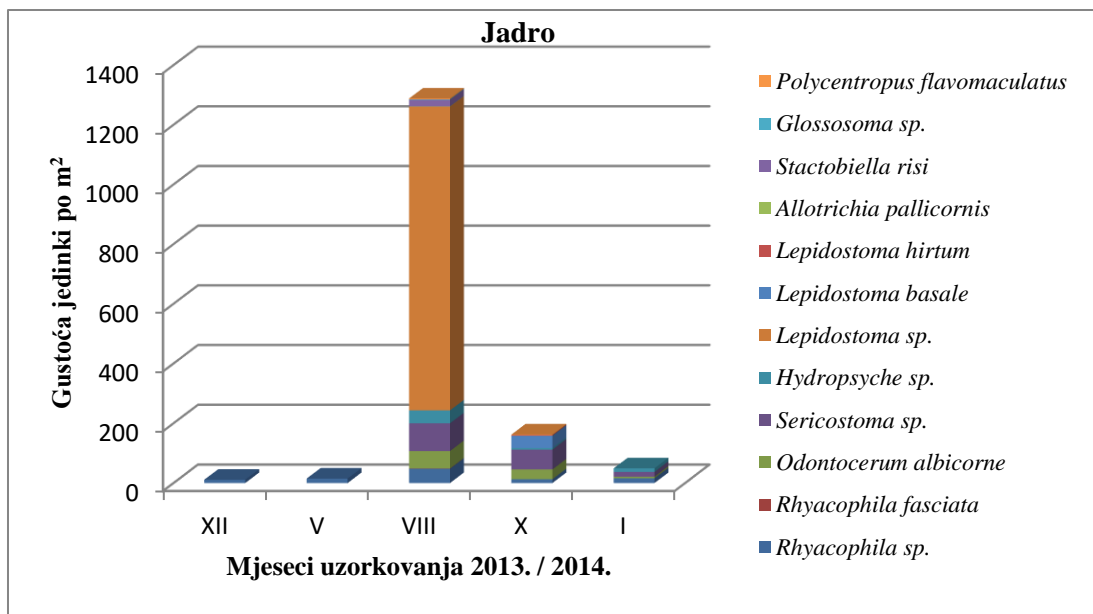
Slika 10: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru rijeke Gacke Tonkovića vrlo u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Na izvoru Gacke Majerovo vrelo najveći je broj jedinki prikupljen u siječnju 2014. godine, dok ih je najmanje bilo prikupljeno u srpnju iste godine (Slika 11). Najveći broj svojiti prikupljen je u mjesecu travnju. Najzastupljenija je bila vrsta *Drusus croaticus* sa udjelom u zajednici 99%. (Slika 11).



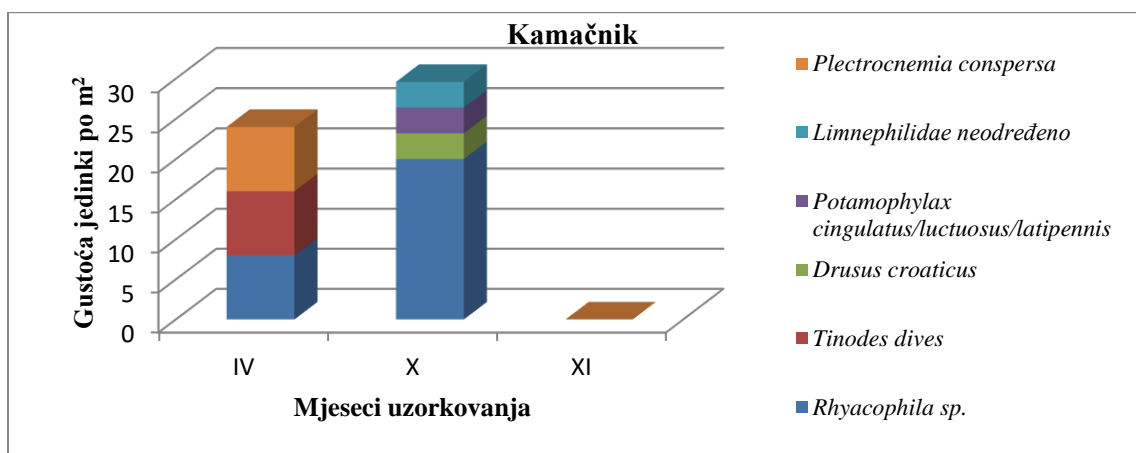
Slika 11: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru rijeke Gacke Majerovo vrelo u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Na izvoru Jadro najveći je broj jedinki prikupljen u kolovozu 2014. godine, dok ih je najmanje prikupljeno u prosincu 2013. godine što ukazuje na trend povećanja brojnosti tulara od zime do ljeta (Slika 12). Najveći broj svojiti prikupljen je u mjesecu listopadu. Najzastupljenije su vrste roda *Lepidostoma* sa udjelom u zajednici 67 %, a slijedeće su po zastupljenosti vrste roda *Sericostoma* sa znatno manjim udjelom, 11 % (Slika 12).



Slika 12: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru rijeke Jadro u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

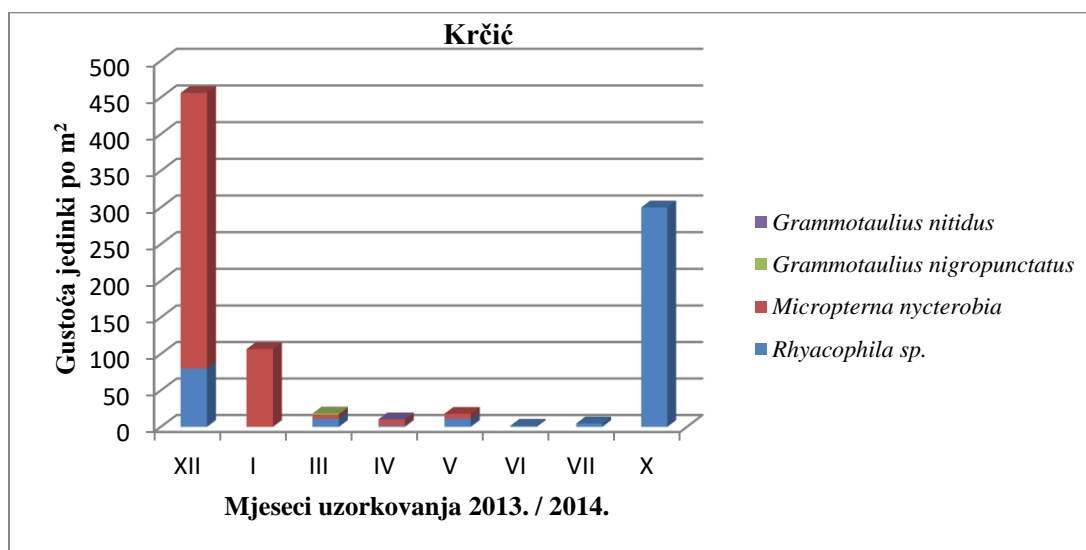
Na izvoru Kamačnik najviše je jedinki prikupljeno u listopadu 2015. godine, a najmanje u studenome iste godine (Slika 13). Najveći broj svojti zabilježen je u listopadu. Najzastupljenije su bile vrste roda *Rhyacophila* čiji udio u zajednici iznosi 52 %, zatim slijedi *Tinodes dives* Pictet, 1834 te *Plectrocnemia conspersa* Curtis, 1834 sa udjelom u zajednici 15 % (Slika 13).



Slika 13: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru Kamačnik u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

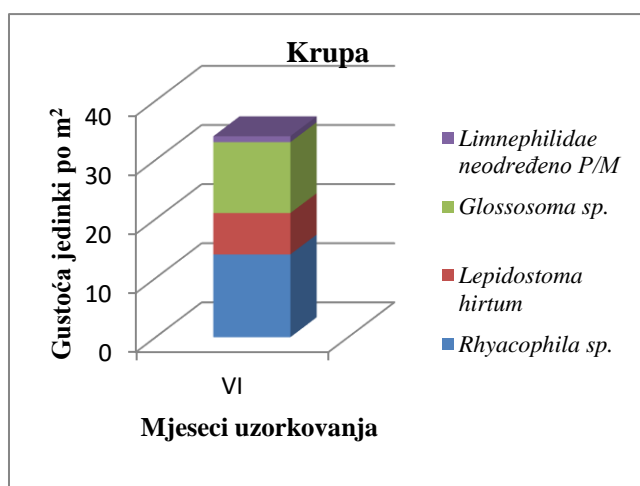
Na izvoru Krčić najviše jedinki prikupljeno je u prosincu 2013. godine, a najmanje u lipnju 2014. godine što ukazuje na trend smanjenja brojnosti tulara od zime do ljeta, dok je u jesen

prisutno povećanje brojnosti (Slika 14). Najveći broj svojti prikupljen je u mjesecu travnju. Najveću zastupljenost ima vrsta *Micropterna nycterobia* sa udjelom u zajednici 55%, zatim slijede vrste roda *Rhyacophila* čiji udio iznosi 45 % (Slika 14).



Slika 14: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru Krčić u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

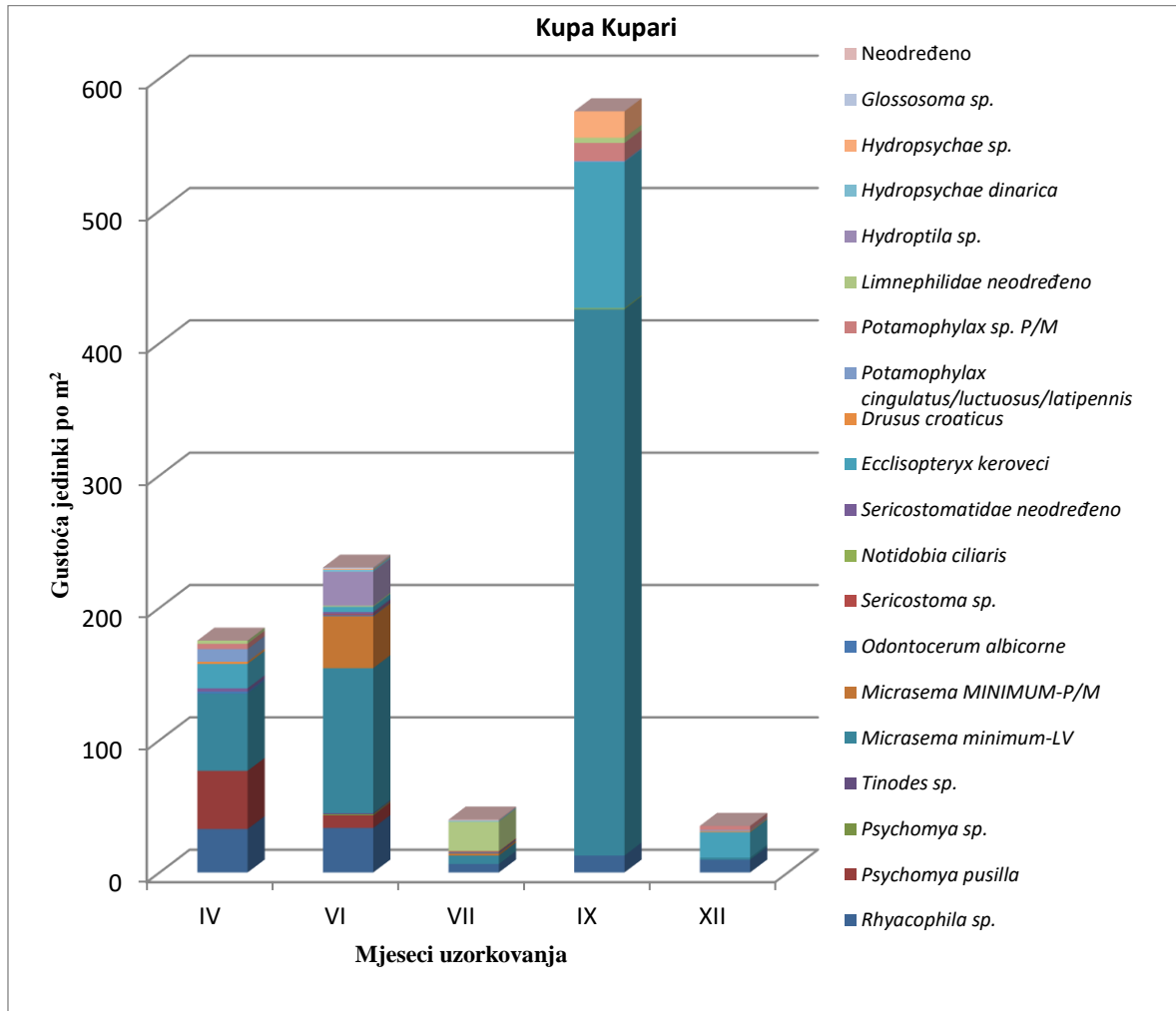
Na izvorišnom toku Krupe uzorkovanje je izvršeno u lipnju 2014. godine (Slika 15). Najveću zastupljenost imaju vrste roda *Rhyacophila* s udjelom u zajednici 41 %, zatim slijede vrste roda *Glossosoma* s udjelom 35 % (Slika 15).



Slika 15: Gustoća jedinki tulara po m² na izvorišnom toku Krupe u 6. mjesecu 2014. godine. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

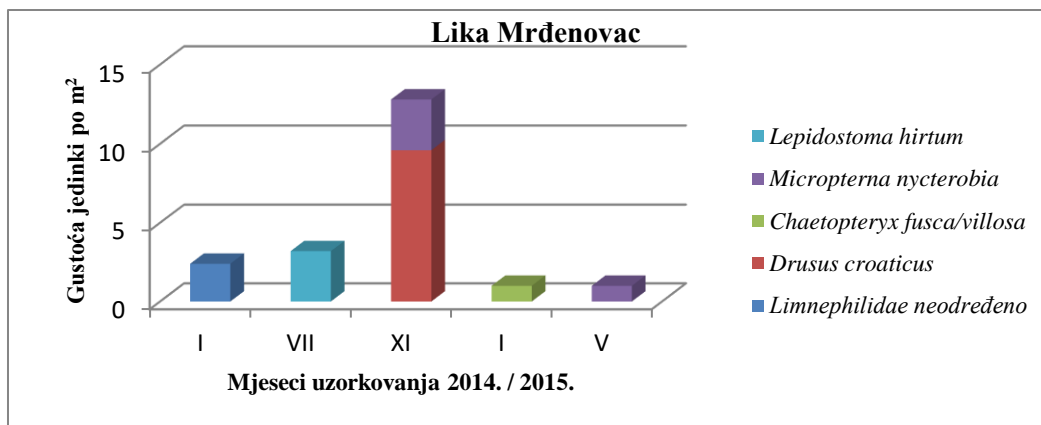
Na izvoru Kupe najviše jedinki prikupljeno je u rujnu 2014. godine, a najmanje ih je prikupljeno u prosincu iste godine što ukazuje na trend smanjenja brojnosti jedinki od proljeća

prema zimskim mjesecima (Slika 16). Najveći broj svojti prikupljen je u mjesecu lipnju. Najveću zastupljenost ima vrsta *Micrasema minimum* McLachlan, 1876 s udjelom u zajednici 56 %, zatim slijedi vrsta *Ecclisopteryx keroveci* s udjelom u zajednici 14 %. Ostale vrste imaju relativno mali udio u zajednici (Slika 16).



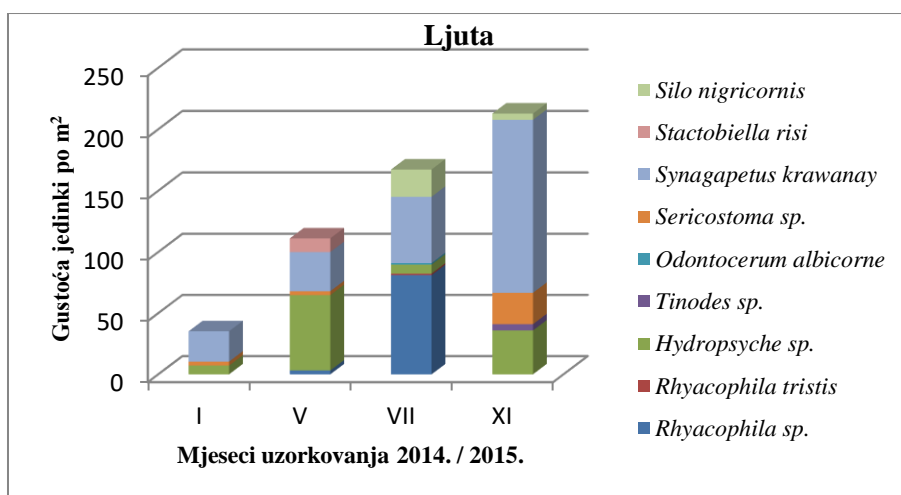
Slika 16: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru rijeke Kupe u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Na izvoru Like Mrđenovac dvije vrste su zabilježene u 11. mjesecu 2014. godine, dok je u ostalim mjesecima zabilježena po jedna svojta (Slika 17). Nadalje, u studenom je zabilježena višestruko veća gustoća jedinki od ostalih mjeseci. Najveću zastupljenost ima vrsta *Drusus croaticus* sa udjelom u zajednici 47%, zatim slijedi vrsta *Micropterna nycterobia* s udjelom 21% (Slika 17).



Slika 17: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru rijeke Like Mrđenovac u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

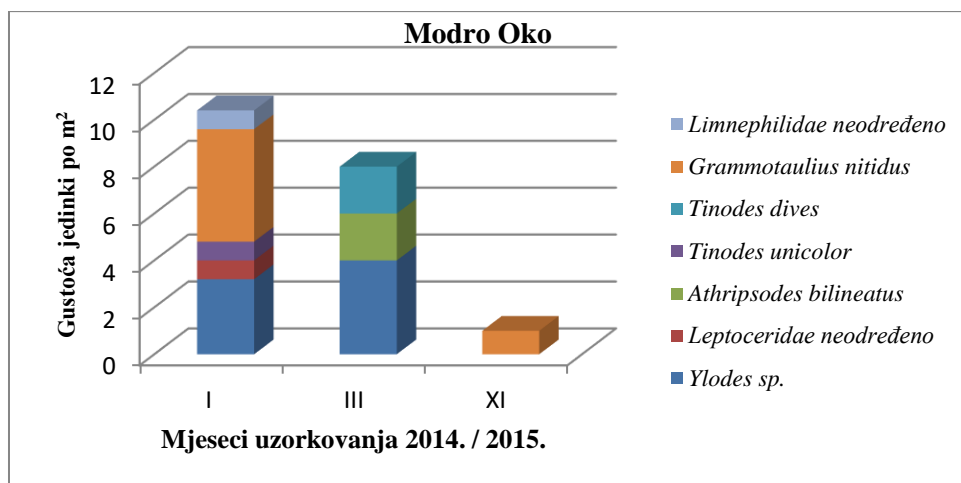
Na izvoru Ljute najveći broj jedinki prikupljen je u studenome 2015. godine, a najmanji u siječnju 2014. godine, dakle postoji trend povećanja brojnosti tulara od zime do jeseni (Slika 18). Najveći broj svojiti prikupljen je u mjesecu srpnju. Najveću zastupljenost ima vrsta *Synagapetus krawanay* s udjelom u zajednici 48%, zatim slijede vrste roda *Hydropsyche* čiji je udio 21 % (Slika 18).



Slika 18: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru rijeke Ljute u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

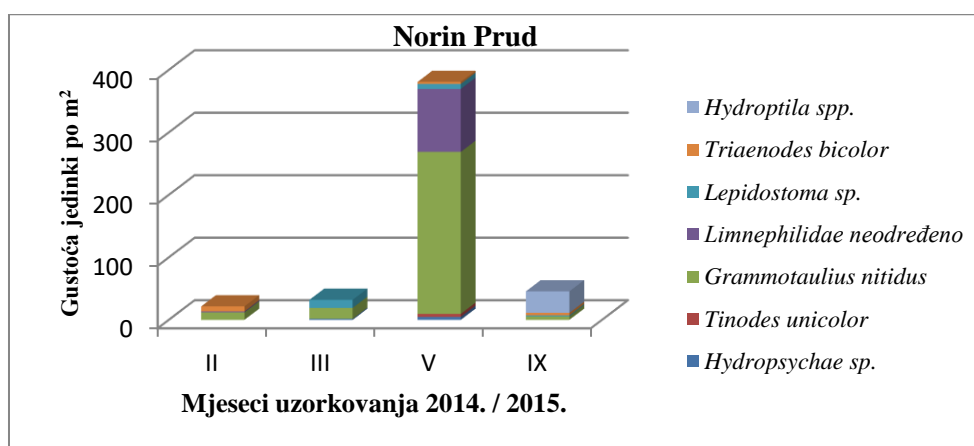
Na izvoru Modro Oko najveći je broj jedinki prikupljen u siječnju 2015. godine, a najmanje ih je prikupljeno u studenome 2014. godine što ukazuje na trend smanjenja brojnosti tulara od zime prema jeseni (Slika 19). Najviše svojiti prikupljeno je u ožujku i studenome. Najveću

zastupljenost imaju vrste roda *Ylodes* s udjelom u zajednici 37 %, zatim slijedi vrsta *Grammotaulius nitidus* Muller, 1764 s udjelom u zajednici 30% (Slika 19).



Slika 19: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru Modro Oko u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

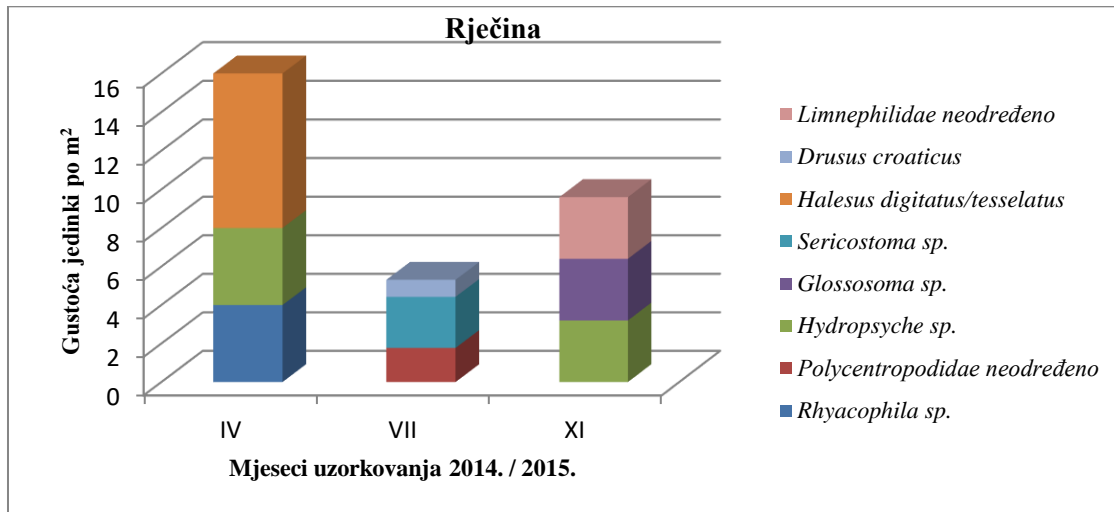
Na izvoru Norin Prud najveći je broj jedinki prikupljen u svibnju 2014. godine, dok ih je najmanje prikupljeno u veljači 2015. godine, dakle postoji trend smanjenja brojnosti tulara od proljeća do zime (Slika 20). Najveći broj svojti prikupljen je u svibnju. Najveću zastupljenost ima vrsta *Grammotaulius nitidus* sa udjelom u zajednici 61%, zatim slijede vrste porodice *Limnephilidae* s udjelom u zajednici 21% (Slika 20).



Slika 20: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru Norin Prud u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

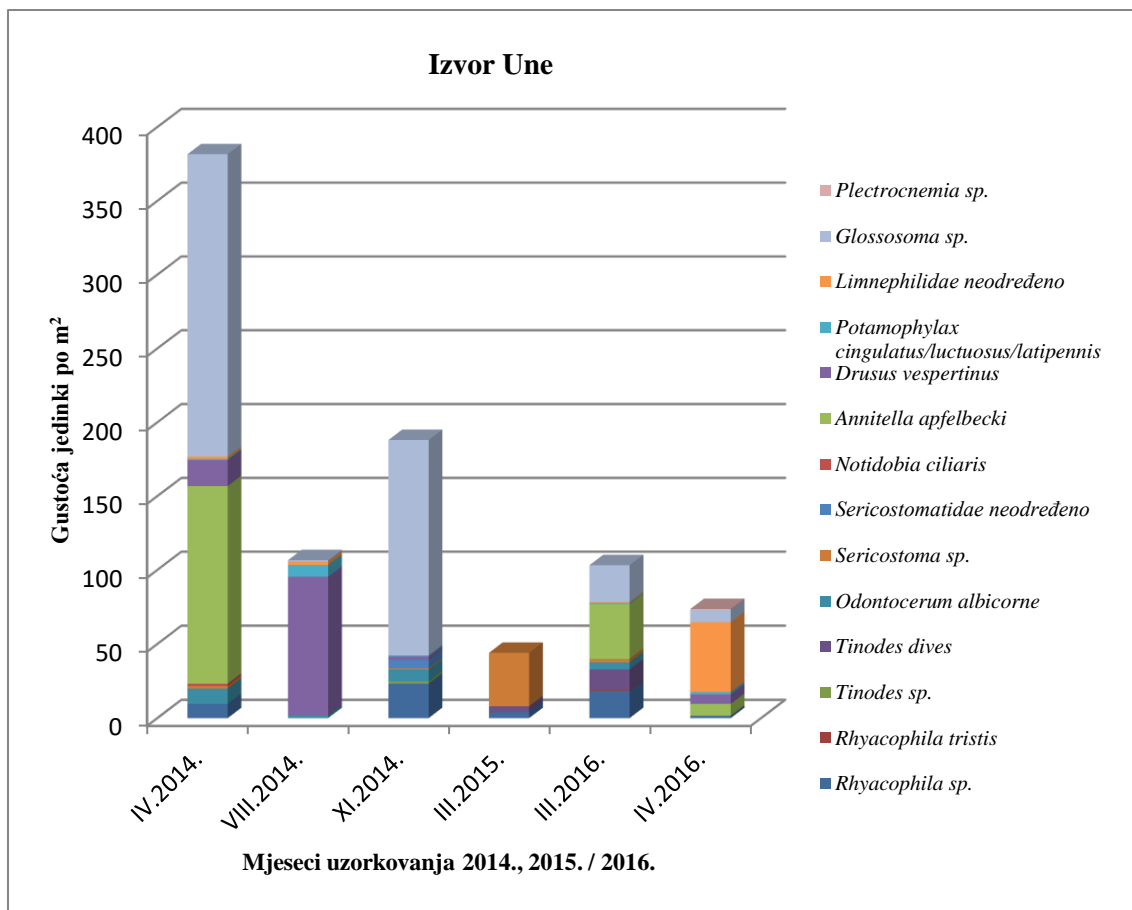
Na izvoru Rječine najveći broj jedinki prikupljen je u travnju 2015. godine, a najmanji u srpnju 2014. godine, dakle prisutan je trend smanjenja brojnosti tulara od proljeća prema ljetu

s porastom prema jeseni (Slika 21). U svim istraživanim mjesecima prikupljene su po 3 svojte. Najveću zastupljenost ima *Halesus digitatus/tesselatus* sa udjelom u zajednici 26 %, zatim slijede vrste roda *Hydropsyche* sa udjelom u zajednici 23 % (Slika 21).



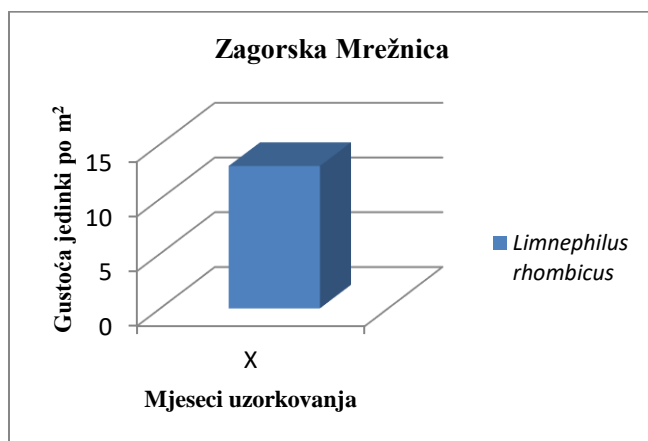
Slika 21: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru Rječine u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Na izvoru Une uzorci su prikupljeni tri puta tijekom 2014. godine, te u proljetnom razdoblju tijekom 2015. i 2016. godine. Shodno tome, osim sezonske dinamike tijekom jedne godine, na ovom izvoru možemo usporediti promjene u zajednici tulara u proljetnoj sezoni kroz tri godine. Općenito najveći je broj jedinki i svojti prikupljen u travnju 2014. godine, a najmanji u ožujku 2015. godine što ukazuje na različite trendove tijekom proljeća u različitim godinama (Slika 22). Najveću zastupljenost imaju vrste roda *Glossosoma* s udjelom u zajednici od 43 %, zatim slijedi vrsta *Annitella apfelbecki* s udjelom u zajednici od 20 %, dok su ostale su vrste znatno slabije zastupljene (Slika 22).



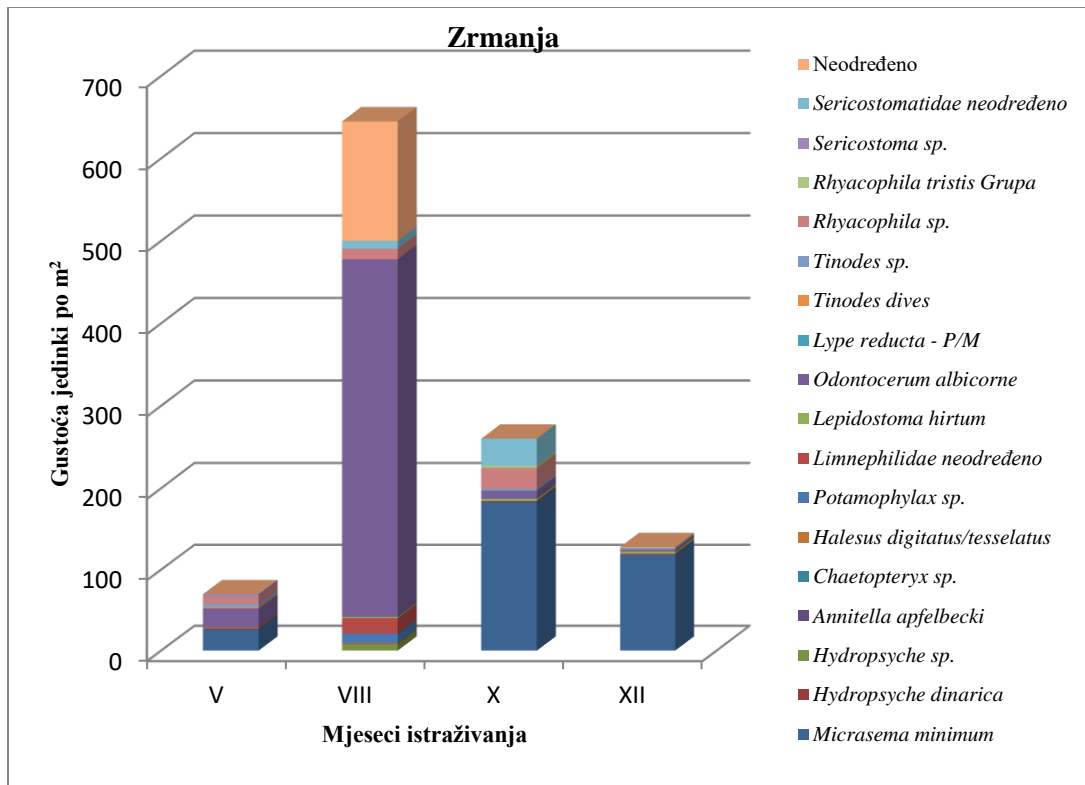
Slika 22: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru Une u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Na izvoru Zagorske Mrežnice jedinke su prikupljane tijekom listopada 2015. godine (Slika 23). Jedina zabilježena svojta jest *Limnephilus rhombicus* Linnaeus, 1758 (Slika 23).



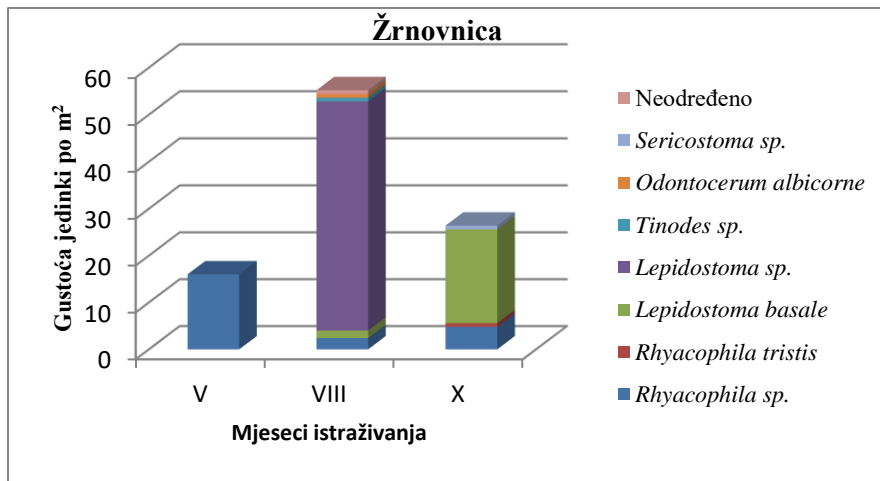
Slika 23: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru Zagorske Mrežnice u 10. mjesecu 2015. godine. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Na izvoru Zrmanje najveći je broj jedinki prikupljen u kolovozu 2014. godine, a najmanji u svibnju iste godine, dakle postoji trend povećanja brojnosti jedinki tulara od proljeća prema ljetu sa smanjenjem prema zimskim mjesecima (Slika 24). Najviše svojti prikupljeno je u listopadu. Najveću zastupljenost ima *Odontocerum albicorne*, čiji udio u zajednici iznosi 43%, zatim slijedi *Micrasema minimum* s udjelom u zajednici 30 %, dok su ostale su vrste znatno slabije zastupljene (Slika 24).



Slika 24: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru Zrmanje u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

Na izvoru Žrnovnice najveći broj jedinki prikupljen je u kolovozu 2014. godine, dok ih je najmanje prikupljeno u svibnju iste godine što ukazuje na trend povećanja brojnosti jedinki od proljeća prema ljetu (Slika 25). Najviše svojti prikupljeno je u listopadu. Najveću zastupljenost imaju vrste roda *Lepidostoma* čiji je udio u zajednici 50 %, zatim slijede vrste roda *Rhyacophila* s udjelom u zajednici 24 % (Slika 25).



Slika 25: Gustoća jedinki tulara po m² na izvoru Žrnovnice u različitim mjesecima uzorkovanja. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1.

5. RASPRAVA

5.1. Fizikalno - kemijska obilježja vode istraživanih izvora

Fizikalno – kemijska obilježja vode mjere se jer abiotički čimbenici imaju itekako važnu ulogu u određivanju slatkovodnih zajednica. Poznato je da voda kao životni prostor djeluje na sva živa bića svojim fizikalnim i kemijskim osobitostima te promjenjivost pojedinih parametara vodenoga staništa ima značajni učinak na organizme koji žive u vodi (Moog i sur., 2002). Nadalje, makrozoobentos se najčešće koristi u izračunu kakvoće vode jer postoji jasna veza između utjecaja različitih stresora (npr. organskog opterećenja, hidrološkog režima) i reakcije zajednice makrozoobentosa (Moog i sur., 2002). Naime, pod utjecajem organskog opterećenja smanjuje se raznolikost vrsta, ali se povećava broj jedinki iste vrste, dok čiste vode naseljava veći broj različitih vrsta, ali s manjom brojnošću jedinki (Capraro i sur., 2011).

Veća kolebanja fizikalno - kemijskih obilježja općenito pokazuju izvori Čikola, Čabranka, Lika Mrđenovac, Ljuta, Krupa, Modro Oko i Rječina. Navedeni izvori nalaze se u različitim regijama, no svi oni osim izvora Modro Oko i Čikola su po svome tipu reokreni što znači da su tipični za planinska područja. Izvori Čikola, Lika Mrđenovac i Rječina su po trajnosti toka povremeni izvori što znači da povremeno gube vodu i prestaju teći. Osim što je povremeni izvor, izvor Čikole nalazi se neposredno uz naselje te je prisutno zagađenje pa stoga pokazuje veća kolebanja fizikalno – kemijskih parametara, također ima najmanju gustoću jedinki po m², te najmanji broj svojiti. Izvor Modro Oko limnokreni je i trajni izvor, no nalazi se na krajnjem jugu Dalmacije te pokazuje veća kolebanja obilježja, kao i izvor Ljute koji je u istom dijelu regije, ali je po svojem tipu reokreni izvor.

Općenito je temperatura u podzemlju, a najčešće i izvorskoj vodi, na nekom području jednaka prosječnoj godišnjoj temperaturi tog područja (Glazier, 2009), analogno tome voda u izvorima u Dalmaciji ima višu prosječnu temperaturu nego u Lici i Gorskom Kotaru, primjerice Čikola, Modro Oko i Norin Prud.

Izvori koji presušuju u ljetnim mjesecima imaju manju količinu vode, pa tok postaje sve sporiji dok konačno skroz ne presuši (ako se to desi, ili ostaju lokve) što uzrokuje veća kolebanja temperature u tim izvorima tijekom godine (sezonska kolebanja), a najbolji primjer za navedeno je Čikola. Nasuprot tome, trajni izvori koji imaju stalni tok tijekom cijele godine upravo zbog toga pokazuju manja sezonska kolebanja.

Većina istraživanih izvora ima mala kolebanja koncentracije otopljenog kisika, dok veće kolebanje pokazuju jedino izvori Modro Oko i Čabranka. Sukladno tome, mala su kolebanja zasićenosti vode kisikom, iznimke su izvori Čabranka, Lika Mrđenovac i Modro Oko koji su smješteni u različitim regijama. Vrijednosti koncentracije otopljenog kisika, kao i zasićenja, zabilježenih u izvorima u ovom istraživanju u skladu su sa vrijednostima zabilježenim u krškim izvorima u Dinaridima (Bonacci, 2009), kao i općenito u krškim izvorima u drugim područjima (Capraro i sur., 2011).

Svi izvori ovdje istraživani imaju velika kolebanja kemijske potrošnje kisika, što govori o velikim sezonskim razlikama u količini organske tvari u vodi. Najveće vrijednosti kolebanja kemijske potrošnje kisika pokazuju izvori Rječine, Čabranke i Ljute. Izvori Čabranke i Ljute su trajni izvori, dok je Rječina povremeni izvor. Kemijska potrošnja kisika (KPK) je mjera ekvivalenta kisika u organskoj tvari u uzorku, koji je podložan oksidaciji pomoću jakog oksidacijskog reagensa. Zbog specifične hidrologije krških područja, tj. brzog protoka i nepotpune filtracije oborinskih voda kroz tlo, u krškim izvorima količina organske tvari podložna je velikim varijacijama koje ovise o količini padalina (Capraro i sur., 2011).

Električna provodljivost, kao i tvrdoća vode ovise prvenstveno o kemizmu naslaga kroz koje voda prolazi u podzemlju, pa razlike među izvorima reflektiraju različit sastav stijena među izvorima (Capraro i sur., 2011). Na istraživanim izvorima prisutna su jako različita kolebanja električne provodljivosti vode. Na većini izvora su jako mala, a velika su na dalmatinskim izvorima Modro Oko i Norin Prud te na izvoru Čikole, a svi su izvori trajni osim Čikole koji je povremeni. Izvori Modro Oko i Norin Prud su morfološki slični te su po klaster analizi usko grupirani, osim toga oba se nalaze u južnoj Dalmaciji što je mogući razlog zašto se baš oni izdvajaju od svih ostalih izvora. Izvor Čikole pokazuje velika kolebanja svih ostalih fizikalno – kemijskih parametara zbog svojeg smještaja direktno uz naselje, pa tako i električne provodljivosti vode. Osim kemizma stijena, visoka električna provodljivost može ukazivati i na onečišćenje (Moog, 2002).

Također su na istraživanim izvorima prisutna jako različita kolebanja tvrdoće vode, a najveća pokazuju reokreni izvori Čikole i Krupe. Izvor Čikole u svim ostalim fizikalno - kemijskim parametrima pokazuje također velika kolebanja, dok je izvor Krupe smješten na južnoj granici Like s Dalmacijom. Općenito, može se zaključiti da većina dalmatinskih, ali i lički izvori Krupe i Une imaju velika kolebanja tvrdoće vode što upućuje na činjenicu da kolebanja vrijednosti ovise o geografskom položaju izvora (Bonacci, 2009).

Na svim istraživanim izvorima prisutna su vrlo mala kolebanja pH vrijednosti vode, kao što je uobičajeno u izvorima koji nisu bitno utjecani antropogenom aktivnošću, primjerice organskim zagađenjem i sl. (Capraro i sur., 2011). Na istraživanim izvorima prisutna su različita kolebanja brzine strujanja vode, no ipak su mala na većini izvora, osim na izvorima Ljute, Une i Čikole gdje su velika. Sezonska kolebanja brzine strujanja reflektiraju sezonske promjene u protoku vode, koje pak ovise o količini padalina i razini podzemnih voda (Capraro i sur., 2011).

5.2. Sastav, struktura, raznolikost i sličnost zajednice tulara istraživanih izvora

Na svim istraživanim izvorima ukupno je prikupljeno 38 svojti, od toga je najveći broj svojti zabilježen na trajnim izvorima Kupe (19; limnokreni izvor) i Zrmanje (17; reokreni izvor), što se može smatrati velikim brojem svojti tulara u zajednici u usporedbi s drugim krškim izvorima (Smith i sur. 2003). Izvori Una, Ljuta, Jadro i Čabranka također bilježe veći broj svojti, i svi su oni reokreni trajni izvori osim Une i Jadra koji su limnokreni trajni izvori. Najmanji broj svojti imaju izvori Čikole i Zagorske Mrežnice (samo po jednu svojtu), s time da je Čikola povremeni izvor. Općenito, na povremenim je izvorima je zabilježen manji broj svojti nego na trajnim izvorima, što je također u skladu s karakteristikama zajednica vodenih kukaca u trajnim i povremenim izvorima (Stubbington i sur., 2017). Zajednice kukaca u povremenim izvorima obično su sastavljene od eurivalentnih, široko rasprostranjenih vrsta i vrsta životnim ciklusom prilagođenih na specifične hidrološke režime (Stubbington i sur., 2017). Na primjer, u ovom istraživanju, u izvoru Krčića dominantna vrsta (sa udjelom u zajednici od 55%) je *Micropterna nycterobia*, čiji je životni ciklus prilagođen povremenim vodotocima u vidu ljetne dijapauze odraslih (Waringer i Graf 2011).

Najveće gustoće jedinki zabilježene su na izvoru Gacke Majerovo vrelo te na izvoru Jadro, oba izvora su trajna i limnokrena. Izvor Majerovo vrelo jedan je od izvora s najmanjom raznolikosti i ujednačenosti, zahvaljujući dominaciji vrste *Drusus croaticus* (udio 99 %). Najmanje gustoće jedinki zabilježene su na izvorima Čikole i Zagorske Mrežnice. Najveća raznolikost i ujednačenost tulara zabilježena je u izvoru Rječine, što je suprotno očekivanjima s obzirom da se radi o povremenom izvoru (Stubbington i sur., 2017). Nadalje, na ovom izvoru zabilježena je svojta *Drusus croaticus*, za koju se smatra da ne podnosi isušivanje (Waringer i Graf, 2011), što govori u prilog različitosti hidroloških karakteristika ovog povremenog izvora, ali i moguće ekološke plastičnosti vrsta potporodice Drusinae. Na izvoru Rječine vjerojatno su veći dio godine prisutni dijelovi izvorišnog toka koji ne presušuju i

osiguravaju stalno vodeno stanište. Velika raznolikost na temelju oba indeksa (Shannon-ovom i Simpson-ovom indeksu raznolikosti) zabilježena je također na izvoru Une i Modro Oko, različitim izvorima u različitim regijama.

Općenito se može reći da brojnost svojiti, gustoća jedinki, raznolikost i ujednačenost zajednice tulara u istraživanim izvorima ne ovise isključivo o morfologiji izvora, tipu izvora s obzirom na hidrološki režim, kao ni regionalnom položaju izvora. Zajednice su određene međudjelovanjem različitih obilježja na razini individualnih izvora. Navedeno u velikoj mjeri potvrđuje i klaster analiza sličnosti prema Bray - Curtis-ovom indeksu sličnosti, s obzirom da ne postoji općeniti obrazac grupiranja istraživanih izvora na temelju zajednice tulara. Odnosno, izvori koji su međusobno najbliži na temelju zajednice tulara pripadaju različitim tipovima izvora s obzirom na morfologiju i nalaze se u različitim regijama (npr. Gacka Tonkovića vrelo i Kamačnik, Čabranka i Gacka Majerovo Vrelo). S druge strane, izvori s područja Dalmacije (izvori rijeka Jadro, Ljute i Žrnovnice, te Modro Oko, Norin i Čikole) grupirani su u klastere, ali ti klasteri se nalaze na različitim dijelovima dendrograma zajedno s izvorima iz Like i Gorskog Kotara.

Sličan zaključak nameće i analiza trofičke strukture zajednice istraživanih izvora. Naime, većina istraživanih izvora ima dosta sličnu trofičku strukturu u kojoj dominira skupina strugača ili usitnjivača, ovisno o glavnom izvoru organske tvari, odnosno radi li se o zasjenjenim ili otvorenim izvorima, što je u skladu s prethodnim opažanjima (Previšić i sur., 2007). Najmanje zastupljene skupine su ksilofagi, minerali i paraziti, skupine koje su i inače u izvorima prisutne u manjoj brojnosti jer ovise o specifičnim izvorima hrane (Waringer i Graf 2011). Navedene su skupine prisutne u izvorima dalmatinskih rijeka (Žrnovnica, Norin i Zrmanja), što ukazuje na prisutnost makrofitske vegetacije, veće količine drveta u vodi itd. u navedenim izvorima. Nadalje, nema općenitog trenda sličnosti s obzirom na regiju ili tip izvora, iako pojedini izvori koji su geografski blizu i morfološki slični pokazuju sličnu trofičku strukturu (npr. izvori Čabranke, Kupe i Rječine, izvori Jadra i Žrnovnice itd.).

Također, što je veća raznolikost i bogatstvo svojiti na izvoru, veći je i broj različitih funkcionalnih skupina (izvori Norin, Kupa, Zrmanja, Čabranka, Gacka Tonkovića vrelo, Jadro, Ljuta i Modro Oko). Naime, što je više različitih izvora hrane to je očekivano veća raznolikost funkcionalnih skupina (Waringer i Graf, 2011).

5.3. Sezonska dinamika zajednice tulara istraživanih izvora

Većina istraživanih izvora pokazuje sezonske razlike u brojnosti i sastavu zajednice tulara, što je u skladu s prethodnim opažanjima (Grbavac, 2015). Nadalje se mogu razlučiti 4 različita trenda ovisno o tome u kojem je godišnjem dobu zabilježena najveća gustoća populacije tulara. Najveću brojnost jedinki u proljeće pokazuju izvori Gacke Tonkovića vrilo, Norin Prud, Rječina i Una. Svi su navedeni izvori trajni, osim Rječine koja je povremeni izvor i može se reći da izvori koji se nalaze u Gorskom Kotaru (Rječina) i Lici (Gacka Tonkovića vrilo) imaju najveću brojnost u proljeće, a iznimka je dalmatinski izvor Norin Prud. Najveću brojnost jedinki tulara u ljeto imaju izvori Cetina, Čabranka, Jadro, Krupa, Zrmanja i Žrnovnica. Dalmatinske rijeke Jadro, Zrmanja i Žrnovnica su usko grupirane u klaster analizi sličnosti, dok su šire grupirane Cetina i Čabranka.

Kod većine izvora, za velik udio u ukupnoj gustoći odgovorna je jedna ili mali broj svojti, što znači da sezonska varijabilnost ukupne gustoće ovisi o životnim ciklusima dominantnih svojti. Na izvoru Une, najveći udio u gustoći jedinki u travnju, kao i na izvoru Cetine u lipnju, čini vrsta *A. apfelbecki*. Životni ciklus ove vrste je takav da ima relativno kratki period izlijetanja, s najvećim udjelom posljednjih ličinačkih stadija tijekom ljeta do rane jeseni (Waringer i Graf, 2009). Međutim, prethodni podaci potječu isključivo s izvora Cetine, obzirom da je svojta regionalni endem i njena ekologija nije istraživana na širem području rasprostranjenosti (Waringer i Graf 2011) pa je očito da postoji varijabilnost životnog ciklusa među izvorima i/ili među godinama. Na izvoru Une, velik dio gustoće otpada također na ličinke roda *Glossosoma*, čije vrste izlijeću pretežno ljeti, pa velika gustoća ličinki u proljeće ne iznenađuje (Graf i sur., 2008). Vrsta *O. albicorne*, dominantna na izvoru Zrmanje u kolovozu, široko je rasprostranjena vrsta s dugim periodom izlijetanja, tako da velika gustoća ličinki na ovom izvoru u ljeti govori o optimalnim uvjetima za emergenciju tijekom jeseni (Graf i sur., 2008). Vrste roda *Lepidostoma*, dominantne svojte na izvorima Žrnovnice i Jadra tijekom kolovoza, tipično izlijeću tijekom ljeta, ali djelomično i u proljeće i jesen (Graf i sur., 2008). U izvorima na području Dalmacije očito je glavnina emergencije pomaknuta na jesenski period, a najveća gustoća ličinki prisutna je ljeti.

Najveću brojnost jedinki u jesen imaju izvori Čikola, Kamačnik, Kupa, Lika Mrđenovac, Ljuta i Zagorska Mrežnica. Lika Mrđenovac i Čikola usko su grupirane po klaster analizi sličnosti, dok se Zagorska Mrežnica izdvaja. Izvori Kupa, Kamačnik i Zagorska Mrežnica nalaze se u Gorskom Kotaru, a povremeni su izvori Čikola i Lika Mrđenovac. Najveću

brojnost jedinki zimi pokazuju izvori Modro Oko, Krčić i Gacka Majerovo vrelo. Krčić je povremeni izvor i nalazi se u Dalmaciji kao i izvor Modro Oko, no reokreni je izvor, dok su Modro Oko i Majerovo Vrelo limnokreni izvori.

Za vrste *Micrasema minimum*, dominantnu vrstu na izvoru Kupe u rujnu, kao i za vrstu *Synagapetus krawanyi*, dominantnu vrstu na izvoru Ljute u studenom, zabilježeni su periodi izlijetanja pretežno u ljeto (Previšić i sur., 2007). Neslaganje s tipičnim životnim ciklusom zabilježeno u ovom istraživanju govori u prilog tome da životni ciklusi određenih vrsta nisu dovoljno istraženi na različitim izvorima gdje vladaju specifični uvjeti (npr. u drugom klimatskom području), odnosno da ekologija tih vrsta nije dovoljno poznata. Na povremenim izvorima dominantne su svojte koje imaju specifične životne cikluse prilagođene isušivanju, vrsta *Micropterna nycterobia* na izvoru Krčića je tipičan primjer, s najvećim gustoćama jedinki zabilježenim u zimskim mjesecima i u prethodnim godinama (Grbavac, 2015)

Međutim, ako se gleda broj svojti zabilježenih u pojedinim mjesecima, na većini istraživanih izvora najveći je broj svojti zabilježen u proljeće i u jesen. Iznimka su izvori Gacka Majerovo vrelo, Kamačnik, Lika Mrdenovac, Modro Oko, te Rječina na kojoj je raznolikost u svim sezonama podjednaka. Obzirom da najveći broj vrsta tulara u umjerenom području izlijeće u ljetnom razdoblju, očekivano je da se u proljetnom razdoblju u bentosu nalaze ličinke vrsta koje su tik pred izlijetanje (Waringer i Graf, 2011). Međutim, obzirom da su životni ciklusi tulara određeni uglavnom prostornom i vremenskom raspodjelom hrane u staništu, kao i promjenama temperature vode (Previšić i sur., 2007), specifični uvjeti koji vladaju u pojedinim izvorima uvjetuju promjene u istima.

Provedeno istraživanje predstavlja važan doprinos boljem poznavanju faune i ekologije krških izvora koji su inače ugrožena i osjetljiva staništa, a poznati su kao vruće točke raznolikosti, i staništa brojnih endemskih svojti. Nadalje, ovo istraživanje daje vrijedne podatke o ekologiji pojedinih vrsta, koji omogućavaju širi i detaljniji uvid u njihovu ekološku plastičnost, životne cikluse i sl.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju istraživanja zajednice tulara 19 različitih krških izvora na području Dinarida Hrvatske može se zaključiti sljedeće:

- Vrijednosti i sezonska kolebanja fizikalno-kemijskih obilježja na istraživanim izvorima u skladu su s očekivanim vrijednostima s obzirom na razlike u morfologiji, hidrološkom režimu i regionalnom položaju izvora. Najveća su kolebanja izmjerena na povremenim izvorima, dok trajni izvori pokazuju mala kolebanja parametara.
- Ovo istraživanje ukazuje da brojnost svojti, gustoća jedinki, raznolikost i ujednačenost zajednice tulara u različitim krškim izvorima ne ovise isključivo o morfologiji izvora, tipu izvora s obzirom na hidrološki režim, kao ni o regionalnom položaju izvora. Zajednice su određene međudjelovanjem različitih obilježja vezanih uz raznolikost staništa, ali i regionalne klimatske i hidrološke značajke, na razini pojedinih izvora.
- Glede sezonske dinamike gustoće populacija tulara u istraživanim izvorima, razlučuju se 4 različita trenda, ovisno o tome u kojem je godišnjem dobu zabilježena najveća gustoća populacije tulara. Kod većine izvora, za velik udio u ukupnoj gustoći odgovorna je jedna ili mali broj svojti, što znači da sezonska varijabilnost ukupne gustoće ovisi o životnim ciklusima dominantnih svojti.
- Provedeno istraživanje predstavlja važan doprinos boljem poznavanju faune i ekologije krških izvora, a daje i vrijedne i nove podatke o ekologiji i rasprostranjenosti pojedinih vrsta.

7. LITERATURA

Bonacci O. (2009): Karst Landscape Ecohydrology. International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, 782 – 790 str.

Capraro F., Bizzotto A., Masiol M., Pavoni B. (2011): Chemical analyses of spring waters and factor analysis to monitor the functioning of a karstic system. The role of precipitations regimen and anthropic pressures. *Journal of Environmental Monitoring* 13: 2543 - 2549

de Moor F. C., Ivanov V. D. (2008) – Global diversity of caddisflies (Trichoptera, Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 393 - 407

Giller, P. S., Malmqvist, B. (1998): *The biology of Streams and Rivers*. Oxford University Pres, Oxford, 296 str.

Glazier, D. S. (2009): Springs. U: Likens, G.E. (ur.), *Encyclopedia of Inland Waters*. Oxford, Elsevier, vol. 1, str. 734-755.

Graf, W., Murphy, J., Dahl, J., Zamora-Muñoz, C., López-Rodríguez, M. J., (2008). *Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Volume 1- Trichoptera*. Pensoft Publishers (Sofia-Moscow), 388 str.

Grbavac F. (2015): Makrozoobentos stalnih i povremenih krških izvora. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, 74 str.

Holzenthal W. Ralph, Blahnik J. Roger, Prather L. Aysha, & Kjer M. Karl (2007): Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. *Zootaxa* 1668: 639-698

Mackay J. Rosemary, Wiggins B. Glenn (1979): Ecological diversity in Trichoptera. *Annual Reviews of Entomology* 24: 185-208

Moog, O. (2002): *Fauna Aquatica Austriaca*,. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 684 str.

Previšić A., Kerovec M., Kučinić M. (2007): Emergence and Composition of Trichoptera from Karst Habitats, Plitvice Lakes Region, Croatia. *International Review of Hydrobiology* 61-83

Smith, H., Wood, P.J., Gunn, J. (2003): The influence of habitat structure and flow permanence on invertebrate communities in karst spring systems. *Hydrobiologia* 510: 53-66

Stubbington, R., England, J., Wood J. Paul, Sefton E. M. Catherine (2017): Temporary streams in temperate zones: recognizing, monitoring and restoring transitional aquatic-terrestrial ecosystems. Wiley periodicals, Inc. 17 str

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

Williams, D., Williams, N.E. (1998): Invertebrate communities from freshwater springs: what can they contribute to pure and applied ecology? U: Botosaneanu L. (ur.). Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbrooks. Backhuys Publishers, Leiden, str. 251-261.

URL 1: <https://www.dinarskogorje.com/vode> (pristupila 15.04.2018.)

URL 2: <http://www.enciklopedija.hr> (pristupila 15.04.2018.)

URL3:http://www.gorskikotar.hr/turizam/otkrijte_gorski_kotar/zemljopisne_znacajke (pristupila 15.04.2018.)

URL 4: <http://visit-lika.com/page/geografija> (pristupila 15.04.2018.)

URL5: <http://www.vusz.hr> (pristupila 15.04.2018.)

Prilozi

Tablica P1: Prikaz fizikalno–kemijskih obilježja krških izvora. Nazivi istraživanih izvora prikazani su u Tablici 1. \bar{x} – aritmetička sredina, Min – najniža izmjerena vrijednost, Max – najviša izmjerena vrijednost, S.D. – standardna devijacija.

Lokalitet (izvor)	CE				CA			
	\bar{x}	Min	Max	S.D.	\bar{x}	Min	Max	S.D.
Temp. Zraka (°C)	21,20	4,40	28,10	8,36	15,53	2,9	31,1	8,87
Temp. / °C	9,44	8,40	13,00	1,38	8,62	8,3	8,9	0,23
O ₂ / mgL ⁻¹	11,11	10,66	11,52	0,37	11,69	10,65	16,62	1,60
O ₂ / %	100,83	96,10	105,50	3,53	107,43	97,4	152	15,24
pH	7,61	7,43	7,78	0,10	8,04	7,74	8,5	0,19
σ / μScm^{-1}	319,00	294,00	345,00	17,25	406,42	363	444	28,86
Salinitet								
Utrošak HCl (ml)	3,32	2,90	3,60	0,22	4,15	3,8	4,8	0,32
CaCO ₃ / mgL ⁻¹	166,11	145,00	180,00	11,12	190	0	240	61,75
KPK (mgO ₂ /L)	0,85	0,24	1,18	0,33	1,30	0,31	2,99	0,84
brzina strujanja (m/s) - average	0,34	0,12	1,12	0,35	0,56	0,24	1,08	0,24

Lokalitet (izvor)	CI				GM			
	\bar{x}	Min	Max	S.D.	\bar{x}	Min	Max	S.D.
Temp. Zraka (°C)	17,53	11,90	28,00	6,63	14,45	2,40	28,00	7,76
Temp. / °C	13,91	11,40	24,10	4,75	9,02	8,50	9,60	0,29
O ₂ / mgL ⁻¹	10,25	9,72	10,63	0,41	10,74	8,74	12,15	0,69
O ₂ / %	105,19	91,10	119,00	9,30	99,02	80,30	109,40	5,17
pH	7,49	7,18	7,74	0,20	7,46	7,18	7,76	0,15
σ / μScm^{-1}	338,76	16,10	414,00	136,66	461,46	433,00	488,00	13,77
Salinitet					0,10	0,10	0,10	0,00
Utrošak HCl (ml)	3,96	2,70	4,40	0,58	5,03	4,45	5,50	0,24
CaCO ₃ / mgL ⁻¹	173,13	0,00	220,00	74,94	251,54	222,50	275,00	12,23
KPK (mgO ₂ /L)	0,96	0,47	1,49	0,38	0,87	0,39	1,77	0,45
brzina strujanja (m/s) - average	0,46	0,19	1,07	0,37	0,35	0,15	0,77	0,15

Tablica P1. Nastavak.

Lokalitet (izvor)	GT				JA			
	\bar{x}	Min	Max	S.D.	\bar{x}	Min	Max	S.D.
Temp. Zraka (°C)	11,98	2,30	21,20	7,13	19,40	9,30	32,60	8,20
Temp. / °C	9,73	9,40	10,20	0,28	12,94	12,60	13,70	0,43
O ₂ / mgL ⁻¹	9,80	8,40	10,31	0,64	10,83	10,50	11,10	0,17
O ₂ / %	90,89	77,50	96,60	6,09	103,20	101,10	108,50	2,40
pH	7,40	7,21	7,85	0,19	7,99	7,70	8,28	0,19
σ / μScm^{-1}	517,88	507,00	535,00	8,92	433,60	392,00	493,00	31,70
Salinitet	0,17	0,10	0,20	0,05	0,11	0,10	0,20	0,03
Utrošak HCl (ml)	5,26	4,90	5,50	0,18	3,90	3,60	4,20	0,17
CaCO ₃ / mgL ⁻¹	263,13	245,00	275,00	8,84	190,00	190,00	190,00	0,00
KPK (mgO ₂ /L)	0,68	0,31	1,10	0,40	0,82	0,39	1,34	0,44
brzina strujanja (m/s) - average	0,52	0,28	0,72	0,17	0,58	0,43	0,79	0,12

Lokalitet (izvor)	KA				KC			
	\bar{x}	Min	Max	S.D.	\bar{x}	Min	Max	S.D.
Temp. Zraka (°C)	17,76	12,10	25,20	4,30	16,16	1,20	32,30	9,16
Temp. / °C	8,76	7,20	11,10	1,51	9,26	8,00	10,80	0,46
O ₂ / mgL ⁻¹	12,26	11,11	13,34	0,79	11,31	7,87	13,76	1,21
O ₂ / %	109,96	101,10	119,90	7,99	102,70	71,30	121,10	10,62
pH	8,21	7,73	8,71	0,34	7,67	7,40	7,94	0,14
σ / μScm^{-1}	307,88	288,00	336,00	15,44	369,16	281,00	419,00	28,17
Salinitet								
Utrošak HCl (ml)	3,21	2,60	3,80	0,38	3,83	3,30	6,20	0,44
CaCO ₃ / mgL ⁻¹	160,63	130,00	190,00	18,84	171,28	0,00	310,00	63,21
KPK (mgO ₂ /L)	0,91	0,39	2,36	0,68	1,01	0,47	2,12	0,40
brzina strujanja (m/s) - average	0,50	0,26	0,93	0,23	0,54	0,07	1,37	0,26

Tablica P1. Nastavak

Lokalitet (izvor)	KR				KU			
	\bar{x}	Min	Max	S.D.	\bar{x}	Min	Max	S.D.
Temp. Zraka (°C)	19,02	4,90	29,80	8,84	14,07	2,10	26,40	7,58
Temp. / °C	10,31	10,10	10,80	0,19	7,37	6,90	7,90	0,31
O ₂ / mgL ⁻¹	10,93	9,00	13,20	1,07	12,04	11,54	12,80	0,43
O ₂ / %	99,57	82,00	115,00	8,65	103,49	99,10	110,40	3,79
pH	7,62	6,54	8,29	0,41	8,01	7,75	8,21	0,15
σ / μScm^{-1}	373,36	338,00	429,00	27,41	256,17	224,00	278,00	19,79
Salinitet								
Utrošak HCl (ml)	3,85	3,40	4,50	0,31	2,61	2,15	3,00	0,32
CaCO ₃ / mgL ⁻¹	166,83	0,00	225,00	66,89	130,36	107,50	150,00	16,23
KPK (mgO ₂ /L)	0,79	0,63	0,94	0,22	1,18	0,79	1,57	0,55
brzina strujanja (m/s) - average					0,38	0,20	0,61	0,17

Lokalitet (izvor)	LM				LJ			
	\bar{x}	Min	Max	S.D.	\bar{x}	Min	Max	S.D.
Temp. Zraka (°C)	13,70	2,90	28,70	9,33	17,24	5,30	33,00	7,89
Temp. / °C	8,80	8,40	9,40	0,32	11,34	10,90	11,90	0,23
O ₂ / mgL ⁻¹	8,94	5,75	10,01	1,30	10,63	7,85	11,90	0,86
O ₂ / %	85,21	53,30	111,30	15,45	98,54	73,70	111,80	7,94
pH	7,61	7,45	7,84	0,14	7,80	7,53	8,28	0,22
σ / μScm^{-1}	371,11	354,00	403,00	14,98	289,71	257,00	339,00	20,98
Salinitet	0,10	0,10	0,10	0,00				
Utrošak HCl (ml)	3,96	3,75	4,50	0,24	3,17	2,80	3,80	0,31
CaCO ₃ / mgL ⁻¹	198,06	187,50	225,00	12,04	148,00	0,00	190,00	43,66
KPK (mgO ₂ /L)	0,96	0,63	1,10	0,19	1,15	0,31	4,40	1,16
brzina strujanja (m/s) - average	0,21	0,09	0,29	0,07	0,97	0,11	1,47	0,43

Tablica P1. Nastavak

Lokalitet (izvor)	MO				NO			
	\bar{x}	Min	Max	S.D.	\bar{x}	Min	Max	S.D.
Temp. Zraka (°C)	20,14	8,70	34,30	9,22	20,03	9,10	35,80	8,33
Temp. / °C	14,93	12,00	17,80	2,07	13,49	12,40	14,10	0,52
O ₂ / mgL ⁻¹	9,39	5,74	12,40	1,74	8,03	7,13	8,96	0,62
O ₂ / %	87,25	7,61	117,80	26,62	77,23	69,30	85,40	5,03
pH	7,61	7,33	7,90	0,16	7,29	7,09	7,73	0,18
σ / μScm^{-1}	608,93	399,00	1062,00	213,53	683,36	554,00	917,00	103,10
Salinitet	0,21	0,10	0,50	0,14	0,23	0,00	0,40	0,11
Utrošak HCl (ml)	3,91	3,30	4,65	0,35	4,47	3,90	5,40	0,39
CaCO ₃ / mgL ⁻¹	182,33	0,00	232,50	53,12	223,39	195,00	270,00	19,63
KPK (mgO ₂ /L)	0,86	0,24	1,81	0,48	1,02	0,31	1,85	0,55
brzina strujanja (m/s) - average	0,12	0,00	0,37	0,13	0,31	0,16	0,54	0,11

Lokalitet (izvor)	RT				UN			
	\bar{x}	Min	Max	S.D.	\bar{x}	Min	Max	S.D.
Temp. Zraka (°C)	14,35	6,00	25,40	6,23	15,98	1,90	33,10	9,02
Temp. / °C	8,75	7,30	16,50	2,25	9,71	9,20	11,80	0,61
O ₂ / mgL ⁻¹	11,51	7,84	13,73	1,42	11,18	9,50	11,84	0,48
O ₂ / %	102,12	78,90	128,10	9,81	102,67	88,70	109,10	4,27
pH	8,07	7,54	8,38	0,22	7,85	7,34	8,07	0,29
σ / μScm^{-1}	260,52	214,00	363,00	35,92	408,00	362,00	453,00	27,16
Salinitet								
Utrošak HCl (ml)	2,75	2,20	3,50	0,39	4,27	3,75	5,05	0,39
CaCO ₃ / mgL ⁻¹	144,29	110,00	170,00	20,55	203,98	0,00	252,50	49,31
KPK (mgO ₂ /L)	1,49	0,31	5,97	1,25	1,11	0,39	2,44	0,54
brzina strujanja (m/s) - average	0,51	0,10	1,21	0,28	0,65	0,04	1,41	0,37

Tablica P1. Nastavak

Lokalitet (izvor)	ZM				ZRM			
	\bar{x}	Min	Max	S.D.	\bar{x}	Min	Max	S.D.
Temp. Zraka (°C)	19,44	15,30	27,40	4,86	16,70	0,90	34,80	8,90
Temp. / °C	9,16	8,40	9,70	0,52	9,21	8,40	9,90	0,38
O ₂ / mgL ⁻¹	11,17	9,30	12,65	1,39	11,34	10,25	12,67	0,48
O ₂ / %	100,68	84,10	114,70	13,22	102,45	95,30	119,20	4,50
pH	7,60	7,38	7,77	0,14	7,79	7,50	8,08	0,20
σ / μScm^{-1}	394,20	376,00	419,00	18,43	349,90	319,00	381,00	14,19
Salinitet					0,10	0,10	0,10	0,00
Utrošak HCl (ml)	4,03	3,80	4,30	0,21	3,58	3,30	4,10	0,23
CaCO ₃ / mgL ⁻¹	201,50	190,00	215,00	10,55	179,17	165,00	205,00	11,41
KPK (mgO ₂ /L)	0,78	0,31	1,10	0,42	1,06	0,39	1,89	0,50
brzina strujanja (m/s) - average	0,22	0,06	0,32	0,13	0,48	0,15	1,07	0,25

Lokalitet (izvor)	ZRN			
	\bar{x}	Min	Max	S.D.
Temp. Zraka (°C)	18,37	7,00	30,60	6,67
Temp. / °C	12,55	12,10	12,90	0,22
O ₂ / mgL ⁻¹	10,24	8,98	14,48	1,02
O ₂ / %	97,46	85,40	139,40	9,90
pH	7,62	7,36	8,15	0,17
σ / μScm^{-1}	385,58	327,00	465,00	32,23
Salinitet	0,09	0,00	0,10	0,03
Utrošak HCl (ml)	3,75	3,45	4,25	0,20
CaCO ₃ / mgL ⁻¹	178,69	0,00	212,50	42,31
KPK (mgO ₂ /L)	1,06	0,47	1,73	0,41
brzina strujanja (m/s) - average	0,45	0,04	1,27	0,24

ŽIVOTOPIS

Osobni podaci:

Ime: Dora

Prezime: Zenković

Datum rođenja: 03.11.1991.

Obrazovanje:

Gimnazija Sisak (2006 – 2010)

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2010-2015)

Prirodoslovno – matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2015 – 2018)

Sudjelovanje na Simpoziju studenata bioloških usmjerenja 2017. (SISB)

Vještine:

Poznavanje rada na osobnom računalu (Microsoft Office)

Dobro poznavanje i konverzacija engleskog i njemačkog jezika

Rad s djecom i osobama starije životne dobi (davanje instrukcija, rad u udrugama)