Makrozoobentos stalnih i povremenih krških izvora

Grbavac, Franka

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:121434

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Franka Grbavac

MAKROZOOBENTOS STALNIH I POVREMENIH KRŠKIH IZVORA

Diplomski rad

Zagreb, 2015.

Ovaj diplomski rad izrađen je u 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 i zaštite prirode.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek Diplomski rad

Makrozoobentos stalnih i povremenih krških izvora

Franka Grbavac

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb

Izvori su mjesta koja predstavljaju ekoton, odnosno prijelaznu zonu gdje podzemna voda izbija na površinu Zemlje i oblikuje površinski tok. Među izvorima se posebno izdvajaju krški izvori. Stalni krški izvori predstavljaju stabilna staništa s vrlo malim sezonskim promjenama abiotičkih uvjeta, dok povremeni izvori pokazuju izraženije sezonske oscilacije. U ovom radu istražena je zajednica makrozoobentosa četiri različita krška izvora, od toga tri stalna (izvor rijeke Krke, Krupe, Kosovčice) i jednog povremenog izvora (izvor Krčića). Provedeno je jednogodišnje istraživanje s mjesečnim uzokovanjem makrozoobentosa uz pomoć Surberove mreže. Na istraživanim izvorima nisu zabilježena velika sezonska kolebanja fizikalno – kemijskih obilježja vode, ali postoje međusobne razlike, ovisno o porijeklu vode iz podzemlja. Najveće razlike u sastavu, strukturi i sezonskim promjenama zajednice makrozoobentosa istraživanih izvora zabilježene su između stalnih i povremenih izvora, ukazujući na važnost prisutnosti ili odsutnosti površinskog toka. Na stalnim izvorima zabilježena je veća raznolikost i gustoća skupina nego na izvoru rijeke Krčića, koji presušuje u ljetnim mjesecima. U stalnim izvorima najveća gustoća jedinki makrozoobentosa zabilježena je u mahovini, a na izvoru rijeke Krčića na valuticama, zahvaljujući velikoj gustoći jedinki vrste *Micropterna nycterobia* (Limnephilidae, Trichoptera). Navedena vrsta ima specifično prilagođen životni ciklus na sezonsko presušivanje, a veliki udio takvih vrsta karakteristično je obilježje zajednica povremenih staništa.

(74 stranice, 38 slika, 24 tablice, 95 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

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

Voditelj: dr.sc. Ana Previšić, doc.

Ocjenitelji:

Zamjena: dr.sc. Mladen Kerovec, red. prof.

Rad prihvaćen:

BASIC DOKUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology Graduation Thesis

Macroinvertebrate communities of permanent and temporary karstic springs

Franka Grbavac

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb

Springs represent ecotons, i.e. the transition zone where groundwater rises to the surface of the earth forming surface flow. Karst springs are specific type of springs. Permanent karst springs represent stable habitats with very low seasonal variations of abiotic conditions, while temporary springs show more pronounced seasonal oscillations. In this study we explored the macroinvertebrate communities of four different karst springs, three of them were permanent (springs of the river Krka, Krupa and Kosovčica) and one temporary (Krčić spring). One-year research was conducted with monthly macroinvertebrates sampling using Surber sampler. Seasonal fluctuations in physico-chemical parameters of the water were generally low, nevertheless there were differences between the studied springs, depending on the origin of water. The greatest differences in the composition, structure and seasonal variations of macroinvertebrates were observed between permanent and temporary springs, indicating the importance of the presence of the surface flow. Overall, diversity and abundance of macroinvertebrates were higher at the permanent springs than the Krčić spring, which dries up in the summer months. In permanent springs, greatest abundance of macroinvertebrates was recorded in moss, whereas at the Krčić spring it was highest in the mesolithal, due to the high density of *Micropterna nycterobia* (Limnephilidae, Trichoptera). This species has specifically adapted life cycle to the seasonal drying up, and large proportion of such species is typical for communities in temporary habitat.

(74 pages, 38 figures, 24 tables, 95 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central biological library.

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

Supervisor: Dr.sc. Ana Previšić, Assist. Prof.

Reviewers:

Replacement: Dr. Mladen Kerovec, Full Prof.

Thesis accepted:

SADRŽAJ:

1. UVOD 1

1.1. Opća obilježja izvora 1

1.2. Klasifikacija izvora 2

1.3. Izvori u kršu 2

1.4. Opća obilježja makrozoobentosa i tulara (Trichoptera, Insecta) 3

1.5. Sastav i struktura zajednica makrozoobentosa izvora 4

1.6. Ciljevi istraživanja 5

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA 6

2.1. Opća geografska, klimatska i geološka obilježja rijeke Krke i njenih pritoka 6

2.1.1. Geografska obilježja rijeke Krke i njenih pritoka 6

2.1.2. Klimatska obilježja područja rijeke Krke i njenih pritoka 7

2.1.3. Geološka obilježja rijeke Krke i njenih pritoka 7

2.1.4. Hidrogeologija izvorišnog dijela rijeke Krke 8

2.1.5. Izvor rijeke Krčića 10

2.1.6. Izvor rijeke Kosovčice 11

2.2. Opća geografska, klimatska i geološka obilježja sliva rijeke Krupe 12

2.2.1. Geografska obilježja sliva rijeke Krupe 12

2.2.2. Klimatska obilježja sliva rijeke Krupe 13

2.2.3. Geološka obilježja sliva rijeke Krupe 13

2.2.4. Hidrogeologija izvorišnog dijela rijeke Krupe 13

3. MATERIJALI I METODE 15

3.1. Terenska istraživanja 15

3.1.1. Mjerenje fizikalno – kemijskih obilježja vode 15

3.1.2. Uzorkovanje zajednice makrozoobentosa 15

3.1.3. Izolacija i obrada sakupljenog biološkog materijala 16

3.1.4. Analiza podataka 16

4. REZULTATI 18

4.1. Fizikalno – kemijska obilježja vode izvora rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe 18

4.1.1. Temperatura vode 18
4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika 19
4.1.3. Zasićenje kisikom 20
4.1.4. pH vrijednosti vode 21
4.1.5. Provodljivost vode 22
4.1.6. Alkalinitet vode 23
4.2. Sastav i gustoća zajednice makrozoobentosa na istraživanim izvorima 24
4.2.1. Sastav i gustoća zajednice makrozoobentosa na izvoru rijeke Kosovčice 24
4.2.2. Sastav i gustoća zajednice makrozoobentosa na izvoru rijeke Krčića 26
4.2.3. Sastav i gustoća zajednice makrozoobentosa na izvoru rijeke Krke 28
4.2.4. Sastav i gustoća zajednice makrozoobentosa na izvoru rijeke Krupe 30
4.2.5. Usporedba sastava, strukture i raznolikosti, te sličnost zajednice makrozoobentosa na istraživanim izvorima 32
4.3. Sastav i gustoća makrozoobentosa u različitim tipovima mikrostaništa na istraživanim izvorima 34
4.3.1. Sastav i gustoća makrozoobentosa u različitim tipovima mikrostaništa na izvoru rijeke Kosovčice 34
4.3.2. Sastav i gustoća makrozoobentosa u različitim tipovima mikrostaništa na izvoru rijeke Krčića 36
4.3.3. Sastav i gustoća makrozoobentosa u različitim tipovima mikrostaništa na izvoru rijeke Krke 38
4.3.4. Sastav i gustoća makrozoobentosa u različitim tipovima mikrostaništa na izvoru rijeke Krupe 40
4.4. Sastav i struktura zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) na istraživanim izvorima 43
4.4.1. Sastav i struktura zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Kosovčice 43
4.4.2. Sastav i struktura zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krčića 45
4.4.3. Sastav i struktura zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krke 47
4.4.4. Sastav i struktura zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krupe 49
4.4.5. Usporedba sastava, strukture i raznolikosti, te sličnost zajednice tulara (Trichoptera, insecta) na istraživanim izvorima 52
5. RASPRAVA 56

5.1. Razlike u fizikalno-kemijskim obilježjima vode na istraživanim izvorima 56

5.2. Usporedba sastava i strukture makrozoobentosa istraživanih izvora 57

5.3. Sastav i struktura zajednice makrozoobentosa na različitim mikrostaništima istraživanih izvora 61

5.4. Usporedba sastava i strukture tulara (Trichoptera, Insecta) istraživanih izvora..... 61

6. ZAKLJUČAK..... 66

7. LITERATURA 67

1. UVOD

1.1. Opća obilježja izvora

Izvori su mjesta na kojima se podzemna voda pojavljuje na površini Zemlje i oblikuje površinski tok. Sva izvorska voda u konačnici potječe od oborina (precipitacija). Kiša i otopljeni snijeg procjeđuju se u tlo, gdje se skupljaju kao podzemna voda u poroznim stijenama (vodonosnik). Takva voda teče kroz podzemlje, prolazi pukotine i velike međuprostore topivih stijena, te na drugom mjestu, na dodiru sa vodonepropusnim stijenama izbija na površinu (Glazier, 2009). Jedinstvena karakteristika izvora je u tome što predstavljaju ekoton, odnosno prijelaznu zonu između dva ekološka sustava. U takvom dinamičnom i jedinstvenom sustavu dolazi do međusobne interakcije podzemnih i površinskih voda, te kopnenog ekosustava (Barquín i Scarsbrook, 2007). Položaj izvora na granici više različitih ekosustava stvara heterogeni mozaik vodenih, poluvodenih i polukopnenih mikrostaništa. Ova činjenica je doprinijela shvaćanju izvora kao "vrućih točaka" slatkovodne bioraznolikosti (Barquín i Death, 2009).

Područje izvora još se naziva krenon ili krenal, a može se podijeliti na dva osnovna dijela: eukrenal i hipokrenal. Eukrenal je mjesto gdje voda iz podzemlja dolazi na površinu, te tako predstavlja sam izvorišni dio. Na eukrenal se nastavlja hipokrenal koji predstavlja izvorišni tok. Taj tok može biti u dužini od nekoliko metara pa do nekoliko stotina metara, što ovisi o veličini eukrenala i količini vode (Erman i Erman, 1995). Zona samog izvora, eukrenal, određena je termalnim promjenama. Granica između eukrenala i hipokrenala određena je kao točka gdje godišnje varijacije temperature ne prelaze 2°C (Erman i Erman, 1995).

Velik broj izvora tijekom godine ima uglavnom ujednačene i stabilne fizikalno-kemijske parametre (van der Kamp, 1995). Važan fizikalan parametar izvora jest temperatura vode koja je približno jednaka srednjoj godišnjoj temperaturi zraka na području izvora (Williams i Williams, 1998). Stabilnost temperature je, kako je spomenuto, biološki važna karakteristika, pa stoga zona eukrenala predstavlja područje stabilnih ekoloških uvjeta (Williams, 1991). No, takvi stabilni uvjeti nisu prisutni na području svih izvora. Zbog izloženosti sezonskim ili iznenadnim promjenama, temperatura vode, kemijski sastav, suspendirane krute čestice i količina vode mogu biti promijenjene (Ryen i Meiman, 1996; Webb i sur., 1998).

1.2. Klasifikacija izvora

Izvori su vrlo raznoliki i na brojne načine klasificirani, s obzirom na njihovu geologiju, hidrologiju, fizikalno-kemijska svojstva vode, ekologiju i humanu upotrebu (Glazier, 2009).

Izvori se pojavljuju u tri osnovna morfološka oblika:

1. **Reokreni izvori** su tipični predstavnici planinskih područja. To su izvori sa jakim prozračivanjem vode i stjenovitom podlogom, koji izbijaju na površinu iz podzemlja pod pritiskom, neposredno tvoreći potok.

2. **Limnokreni izvori** su izvori iz kojih voda teče iz velike duboke depresije. Na takvim mjestima je vodonosnik viši od podloge, tvoreći ujezerenje u udubini u koju neprestano ulazi izvorišna voda, gdje zatim dalje može teći u obliku potoka. Izvorišno područje limnokrenog tipa je najčešće s muljevito-pjeskovitim sedimentom, a dno bazena se može sastojati i od vrlo sitnih vapnenačkih čestica koje su prekrivene mikrofitskom ili makrofitskom vegetacijom. Prodiranje izvorišne vode iz dna bazena uvjetuje i neznatno strujanje, koje se pojačava na mjestima gdje voda otječe u izvorišni potok.

3. **Helokreni izvori** su procjedni, zamočvareni izvori kod kojih se voda može difuzno procjeđivati kroz tlo, šljunak ili propusnu stijenu tvoreći šire zamočvareno područje, bez jasnih granica gdje voda izvire (URL 1).

1.3. Izvori u kršu

Dinarski krš je karakterističan tip krajolika koji se proteže preko Dinarskog gorja. Predstavlja područje dugačko preko 650 km i široko do 150 km. Proteže se u smjeru sjeverozapad-jugoistok, od rijeke Soče u Italiji, preko Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne gore i djela jugozapadne Srbije, do sjeverozapadne Albanije. To područje ima površinu od oko 60 000 km² i jedno je od najvećih kontinuiranih krških područja Europe. Hidrološke značajke dinarskog krša rezultat su kompleksne geološke strukture, te duge i intenzivne geomorfološke evolucije. Pored njegove raznolike geologije i morfologije, hidrologija dinarskog krša je jedan od njegovih najvažnijih, najosebujnijih i najprepoznatljivijih elemenata (Mihevc i sur., 2010).

Krš predstavlja specifičnu sredinu u kojoj postoji izravna i čvrsta interakcija između cirkulacije i skladištenja podzemne i površinske vode. Ovi procesi snažno utječu na prostornu i vremensku raspodjelu organizama i njihovih staništa u kršu. Kao posljedica toga, činjenica

je da se pojava, skladištenje i cirkulacija vode u karstificiranim sredinama značajno razlikuje od istih procesa u ostalim mnogo homogenijim i izotropnijim terenima (Mihevc i sur., 2010).

Za krške rijeke karakteristične su sezonske varijacije protoka vode i hidrološke fluktuacije (Arab i sur., 2004). Ovisno o stupnju prolaznosti, rijeke i potoci mogu se okarakterizirati kao:

1. **Perenijalni vodotok** - predstavlja stalni (trajni) vodotok koji se opskrbljuje površinskom i podzemnom vodom.

2. Privremeni (temporalni) vodotok - sa sezonskim tokom vode, koji se dalje može podijeliti ovisno o trajanju sušnog perioda (Bonada, 2013; Uys i O' Keeffe, 1997). Ekstremne sezonske varijacije u protoku vode često uzrokuju nulti ili minimalni protok vode, te je vodena površina ograničena na izolirane bazene duž toka tekućice. Takve pojave u povremenim rijekama uzrokuju promjene iz lotičkog u lentičko stanje tijekom godine (Morais i sur., 2004). Privremeni vodotoci dijele se na: **povremene (intermitentne) vodotoke** - kod kojih je tijekom sušnog perioda vodena površina ograničena na bazene i uvijek je prisutna, dok su **kratkotrajni (efemerni)** tokovi oni kojima tijekom sušnog perioda vodena površina nestaje (Bonada, 2013; Uys i O' Keeffe, 1997).

1.4. Opća obilježja makrozoobentosa i tulara (Trichoptera, Insecta)

Pojam makrozoobentos označava sveprisutnu i raznoliku skupinu makroskopskih beskralježnjaka koji su važan i sastavni dio vodenih ekosustava, a vezani su za dno kopnenih voda. Važan su dio hranidbenog lanca, i svaka promjena u okolišu će uzrokovati promjene u sastavu makrozoobentosa, te imati utjecaj na trofičke odnose. Bitan su pokazatelj kvalitete vode i biološke raznolikosti u vodenim ekosustavima (Sharma i Chowdhary, 2011). Zajednice makrozoobentosa uključuju razne puževe, školjkaše, rakove (Decapoda, Amphipoda i Isopoda), maločetinaše (Oligochaeta), te ličinačke stadije kukaca (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Megaloptera i Odonata) (Giller i Malmqvist, 1998). Postoje tri veličinske skupine bentoskih organizama. U prvu skupinu spada mikrobentos, čija je veličina manja od 0,063 mm. U drugu skupinu spada meiobentos, čija se veličina kreće u rasponu od 0,063 mm do 1,00 mm. Treću, najveću skupinu, čini makrobentos čija veličina prelazi 1,00 mm (Tagliapietra i Sigovini, 2010).

Tulari (Trichoptera, Insecta) su skupina kukaca koja je životnim ciklusom vezana za slatkovodna i kopnena staništa. Brojnošću i brojem vrsta jedna su od najznačajnijih skupina vodenih kukaca (Morse, 2003). Tulari imaju potpunu preobrazbu (holometabolni kukci), pa njihov životni ciklus uključuje sva četiri stadija: jaje, ličinku, kukuljicu i odraslu jedinku (Gullan i Cranston, 2010). Stadij ličinke ključan je čimbenik velike raznolikosti tulara. Razlog tome je što ličinke tulara proizvode predljive niti koje im na različite načine služe za izgradnju kućica, mreža ili skloništa, što omogućuje tularima da nastane različite tipove staništa, s različitim ekološkim čimbenicima (Holzenthal i sur., 2007). S obzirom na način uzimanja hrane, tulari se u ličinačkom stadiju dijele na: strugači (engl. „scrapers“ ili „grazers“), usitnjivači (engl. „shredders“), sakupljači (engl. „collectors“), procjeđivači (engl. „filter feeders″), bušači (engl. „pierces“) i predatori (Mackay, 1979; Otto, 1981). Zbog specifičnih uvjeta staništa i osjetljivosti na onečišćenje, tulari predstavljaju ključne vrste u procjeni ekološkog stanja vodenih staništa (Graf i sur., 2002; Morse, 2003).

1.5. Sastav i struktura zajednica makrozoobentosa izvora

Izvori su kao jedinstveni slatkovodni ekosustavi idealni za istraživanje odnosa između zajednice faune i okolišnih čimbenika koji utječu na njihovu distribuciju (Smith i sur., 2003). Izvori i njihove zajednice pokazuju većinu strukturnih i funkcionalnih svojstava već viđenih u drugim lotičkim zajednicama, ali su ipak znatno složenije (Williams i Williams, 1998). Iako su bitni za slatkovodnu ekologiju, odnos između izvorske zajednice makrozoobentosa i ekoloških parametara je slabo istražen (Williams i sur., 1997; Botosaneanu, 1998; Hoffsten i Malmqvist, 2000).

Provedena istraživanja 1990-ih godina (Williams i sur., 1990; Ferrington, 1995; Botosaneanu, 1998) doprinijela su razumijevanju čimbenika koji kontroliraju sastav i strukturu bioloških zajednica, posebice sastav makrozoobentosa. Izvorske zajednice mogu se sastojati od podzemnih, krenalnih (izvorskih) i kopnenih vrsta, a mogu uključivati i krenobiontske i krenofilne vrste, ovisno o bioregiji, klimi i okolišnim čimbenicima (Botosaneanu, 1998). Vrste uglavnom ograničene na eukrenal nazivaju se krenobionti, a vrste podjednako raspoređene po čitavom krenalu nazivaju se krenofilima. Vrste koje su samo povremeno prisutne u izvorima i javljaju se na raznim vodenim staništima nazivaju se krenoksene vrste. Relativna zastupljenost krenobionata ovisi o tipu staništa, održivosti, izoliranosti i stabilnosti unutar izvora (Glazier, 2009).

Izvori i okolna izvorska staništa obično sadrže ograničen broj makrozoobentoskih vrsta, uključujući i izvorske specijaliste (Danks i Williams, 1991). Mnogi izvori su zaštićeni, jer su povezani i ovise o podzemnim vodama koje ih štite od velikih klimatskih oscilacija, što je omogućilo opstanak mnogih reliktnih i endemskih vrsta na izvorskim staništima (Ponder, 1985; Ito, 1998).

Nasuprot izvorima s pretežno konstantnim uvjetima, postoje i oni gdje uvjeti nisu uvijek stabilni, te ovise o prirodi vodonosnika (Van Everdingen, 1991; Van Der Kamp, 1995), kao što su neki krški izvori (Aquilina i sur., 2006). Kod manjih i povremenih izvora oscilacije abiotičkih čimbenika su izraženije, a protok vode, temperatura vode, kemijske značajke i količina suspendiranih tvari ovise o količini oborina (Smith i sur., 2003). Konstantnost toka pokazala se kao ključan čimbenik koji ima utjecaj na izvorske zajednice makrozoobentosa (Smith i Wood, 2002; Meyer i sur., 2003). Raznolikost i gustoća makrozoobentosa obično je veća u stalnim vodenim tokovima. No, u povremenim tokovima pojedine svojte (Ephemeroptera i Diptera) mogu imati veću gustoću zbog mogućnosti brze kolonizacije staništa nakon uspostavljanja toka vode (Glazier i Glooch, 1987).

Sastav i struktura zajednica makrozoobentosa u svim staništima, pa tako i izvorima, usko je povezana s karakteristikama mikrostaništa (npr. tip supstrata, prisutnost makrofita, mahovine, itd.) (Glazier i Glooch, 1987). Također, na zajednicu makrozoobentosa utječu i kemija vode, brzina strujanja vode i nadmorska visina (Barquín i Death, 2009).

Struktura staništa i sastav supstrata su prema Harper i sur. (1995) dominantni čimbenici koji utječu na distribuciju svojti beskralješnjaka u mnogim riječnim sustavima. Smith i sur. (2003) predlažu da fluktuacije protoka imaju puno značajniji utjecaj na zajednicu makroskopskih beskralježnjaka i njezin sastav nego što ima struktura staništa u tekućicama, te samim time naglašava važnost fluktuacije protoka na oblikovanje strukture staništa.

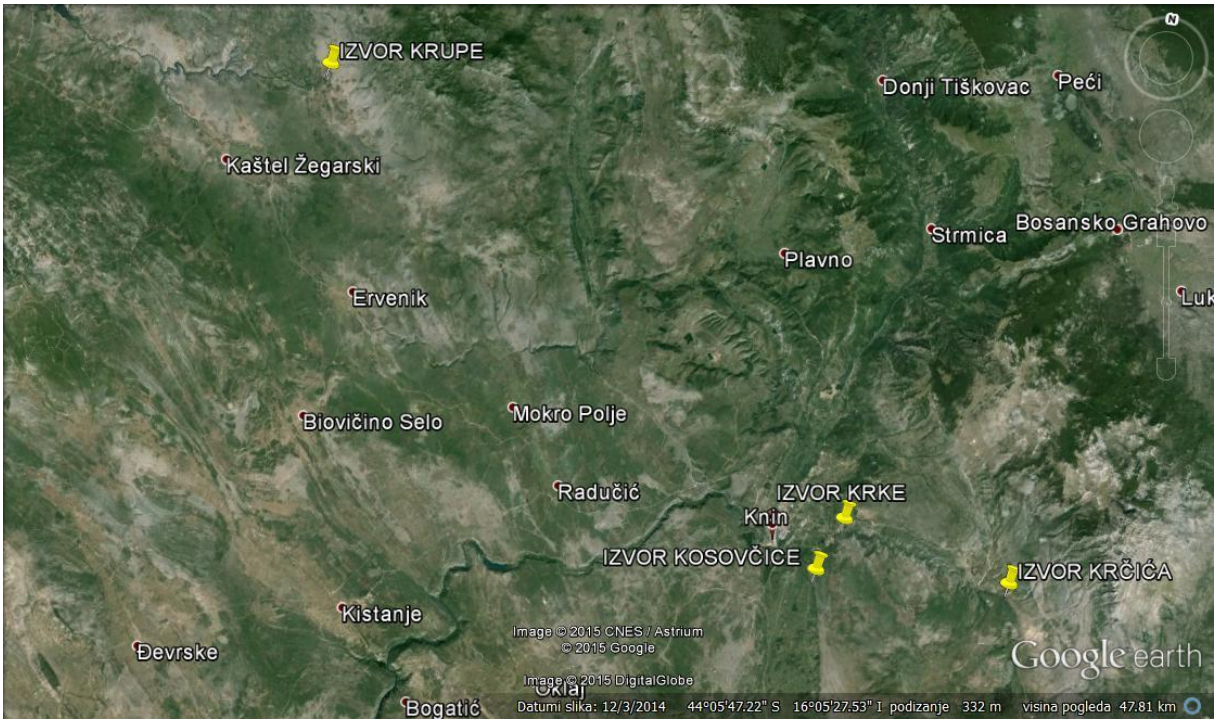
1.6. Ciljevi istraživanja

Ciljevi ovog diplomskog rada usmjereni su na istraživanje sastava zajednice makrozoobentosa četiri različita krška izvora, od toga tri stalna (izvor rijeke Krke, Krupe i Kosovčice) i jednog povremenog izvora (izvor Krčića). Prepoznajući specifičnost zajednica različitih tipova izvora i njihovu ovisnost o abiotičkim faktorima, postavljeni su sljedeći ciljevi istraživanja:

- utvrditi i usporediti sastav zajednica makrozoobentosa tri stalna i jednog povremenog krškog izvora, s posebnim naglaskom na zajednicu tulara;

- utvrditi razlike u sastavu zajednice makrozoobentosa pojedinih mikrostaništa na istraživanim izvorima;
- utvrditi sezonske promjene u sastavu i brojnosti (gustoći) zajednice makrozoobentosa na istraživanim izvorima.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA



Slika 1: Položaj istraživanih lokaliteta

2.1. Opća geografska, klimatska i geološka obilježja rijeke Krke i njenih pritoka

2.1.1. Geografska obilježja rijeke Krke i njenih pritoka

Rijeka Krka je po duljini 22. rijeka u Hrvatskoj. Izvire u podnožju planine Dinare, 3,5 km sjeveroistočno od Knina (podno Topoljskog slapa koji se još naziva Veliki buk ili Krčića slap), a utječe u Jadransko more pokraj Šibenika (Slika 1 i 2a). Duljina je slatkovodnog vodotoka 49 km, a boćatoga 23,5 km, pa je s potopljenim dijelom ušća rijeka ukupno duga 72,5 km. Značajni su joj pritoci Krčić, Kosovčica, Orašnica, Butišnica i Čikola s Vrbom. Ima sedam sedrenih slapova s ukupnim padom od 242 m i po tome je prirodni i krški fenomen.

Krka se cijelom svojom duljinom nalazi u Šibensko-kninskoj županiji. Područje Krke, 2 km nizvodno od Knina do Skradina s donjim tokom rijeke Čikole, proglašeno je 1985. Nacionalnim parkom *Krka* koji se prostire na površini od 109 km² (Samokovlija Dragičević, 2007).

2.1.2. Klimatska obilježja područja rijeke Krke i njenih pritoka

Srednja godišnja temperatura zraka na području doline rijeke Krke varira od 10 °C do 15 °C. U siječnju na području cijele doline srednja je temperatura viša od 0 °C, dok srednja srpanjska temperatura koleba od 22 °C do 25 °C. Srednja godišnja količina oborina na području porječja Krke varira od 850 mm (ušće) do 1750 mm (vršni dijelovi planina). Međutim, uočava se nepravilna godišnja raspodjela oborina. Tijekom srpnja područje oko ušća prima oko 40 mm oborina, dok vršni dijelovi planina primaju oko 80 mm oborina (Penzar i Penzar, 1990). Ovakav godišnji hod temperatura i oborina odražava se na izrazito nepovoljan protok vode tijekom ljetnih mjeseci. Suprotno tome, veća količina oborina i niže temperature utječu na izrazito povećanje protoka tijekom hladnog dijela godine. Također, takve klimatske prilike utječu i na isparavanje, koje je osjetno veće ljeti (Perica i sur., 2005). Pri oblikovanju doline rijeke Krke veliko značenje imale su paleoklimatske prilike. Izmjena hladnijih glacijala i toplijih interglacijala odrazila se na cikličko usijecanje korita rijeke Krke i oblikovanje njezine doline (Polšak i sur., 1990; Srdoč i sur., 1990).

2.1.3. Geološka obilježja rijeke Krke i njenih pritoka

Dolina Krke poligenetskog je postanka, odnosno područje sliva rijeke Krke izgrađuju naslage perma, trijasa, jure, krede, tercijara i kvartara.

Najstarije naslage u porječju Krke su mlađe paleozojske, odnosno permske starosti, a otkrivene su na nekoliko lokaliteta u Petrovom, Kosovom i Kninskom polju. Zastupljene su evaporitima (gips i anhidrit), te klastitima (pješčenjaci, siltiti, peliti i šupljikave breče).

Naslage trijaske i jurske starosti otkrivene su u povirju Krke (Butišnica, Krčić), a zastupljene su uglavnom izmjenom vapnenaca i dolomita.

Srednji i donji dio porječja, te najveći dio Sjevernodalmatinske zaravni izgrađuju naslage tercijara.

Kvartarne naslage ispunjavaju dna dolinskih proširenja (polja). Među kvartarnim naslagama ističe se sedra, koja je važna za razumijevanje nastanka današnjeg izgleda rijeke Krke. Ostaci sedrenih barijera nalaze se na različitim relativnim visinama u odnosu na sadašnje korito što je važno za objašnjenje brzine usijecanja rijeke Krke (Perica i sur., 2005).

2.1.4. Hidrogeologija izvorišnog dijela rijeke Krke

Gornji dio porječja Krke je obilježen brojnim tekućicama, što je ponajprije uvjetovano hidrogeološkim značajkama stijena. Povirje se nalazi na kontaktu vodopropusnih i dijelomično vodonepropusnih karbonatnih naslaga koje se nalaze u krovini vodonepropusnih klastita trijaske starosti (Perica i sur., 2005).

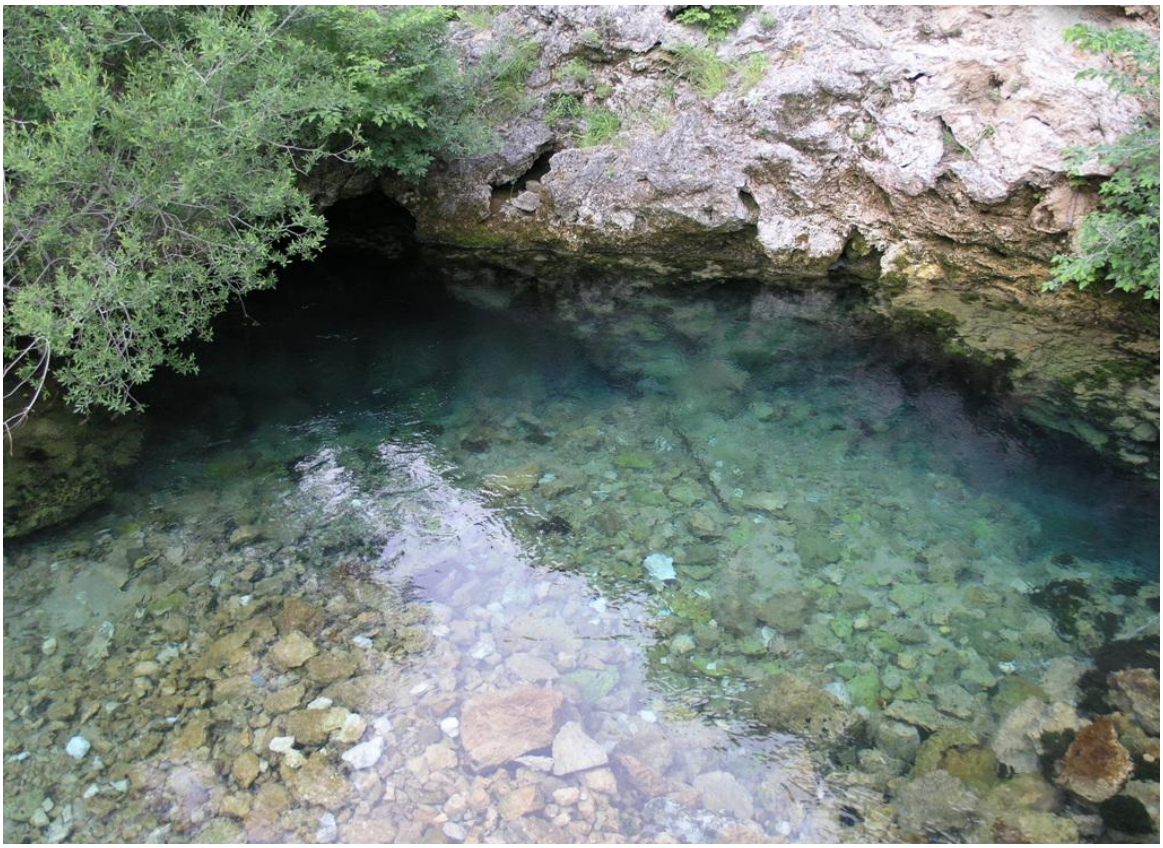
Poznato je da se u krškom području ne poklapaju topografska i hidrogeološka razvodnica porječja, odnosno postoji podzemno pritjecanje vode neovisno o reljefu. Dio vode pritječe rijeci Krki i iz Dinarskog zaleđa (Grahovo polje), ali i iz gornjeg porječja rijeke Zrmanje (Fritz i sur., 1990). Površina (topografskog) porječja iznosi oko 2450 km², dok je slivno područje (hidrogeološko porječje) oko 2650 km² (Perica i sur., 2005).

Krka izvire kod sela Topolja na sjeveroistočnom dijelu Kninskog polja podno Dinare (Šegota, 1968, Friganović, 1990). Prema Žugaju i Markoviću (1990) izvori Krke se nalaze ispod slapova Krčića na spoju sa nadzemnim tokom Krčića na koti 220 m n. m. i sastoje se iz tri izvorišta; Glavni izvor, Mali izvor i Treći izvor.

Naime, njezino glavno vrelo nalazi se u špilji pod 22 m visokom i 40 m dugom sedrenom barijerom njezine pritoke Krčića (Slika 2a). Krčić je u morfogenetskom pogledu izvorište Krke, s kojom je u prošlosti tvorila jednu tekućicu (Šegota, 1968; Friganović, 1990). Za Glavni izvor smatra se da daje 80 do 95 % ukupnih voda svih Krkinih izvora.

Treći izvor ima najmanji protok, a smješten je na lijevoj obali Krke 30 do 50 m nizvodno od slapa. Takozvani Mali izvor Krke daje oko 10 do 15 % svih voda Krke koje dotječu podzemnim putem, dva do pet puta je izdašniji od Trećeg izvora, a nalazi se cca 100-150 m nizvodno od slapa na lijevoj obali Krke (Bonacci i Perica, 1990).

Rijeka Krka nikada ne presušuje. Prema dosadašnjim mjerenjima i saznanjima čini se da nema niti gubitaka vode u podzemlje ili, ako i postoje, oni su beznačajni. Razlog ovoga treba tražiti u procesu kolmacije koji je na slivu Krke toliko snažan da su fine glinene suspendirane čestice stvorile u samom koritu rijeke nepropusnu podlogu (Bonacci i Perica, 1990).



Slika 2a: Izvor rijeke Krke (Foto: A. Previšić).



Slika 2b: Mjerenje fizikalno-kemijskih obilježja na izvoru rijeke Krke (Foto: A. Previšić).

2.1.5. Izvor rijeke Krčića

Izvor rijeke Krčića nalazi se oko 12 km istočno od Knina na nadmorskoj visini od oko 370 m n.m. u podnožju planine Dinare (Jukić, 2006) (Slika 1 i 3). Smješten je u Šibensko – kninskoj županiji, na području Grada Knina na (Marguš i sur., 2011). Tok rijeke Krčić urezan je u dubok kanjon visine 450 m, a nakon desetak kilometara, Krčić završava svoj kratki vodeni tok ulaskom u Kninsko polje gdje se kod mjesta Topolje prelijeva preko dvadesetak metara visokog slapa (Jukić, 2006). Ranija istraživanja, provedena na slivu rijeke Krčića ukazuju na to da srednji godišnji protoci vode opadaju od izvora prema ušću. Razlog ovome leži u snažnoj karstificiranosti sliva. Rijeka Krčić presušuje najčešće sredinom srpnja, a presušivanje završava krajem rujna, s tim da se zna produžiti čak i do sredine studenog (Slika 4). U dva navrata Krčić je presušio i zimi (Bonacci, 1985).

Krčić je u morfogenetskom pogledu izvorište Krke. To je, vjerojatno, bila permanentna tekućica od Podinarja do mora s ušćem izvan šibenskog zaljeva (Šegota, 1968). Izmjenom klime, okršavanjem i nepovoljnim djelovanjem čovjeka Krčić je postao periodična tekućica (Friganović, 1990). Rijeka Krčić zaštićena je od 1964. godine i zajedno s rijekom Krkom čini jedinstven hidrografski sustav s obiljem krško-hidrografskih i morfoloških fenomena (Marguš i sur., 2011).



Slika 3: Izvor rijeke Krčića (Foto: A. Previšić).



Slika 4: Izvor rijeke Krčića u vrijeme presušivanja tijekom ljetnih mjeseci (Foto: A. Previšić).

2.1.6. Izvor rijeke Kosovčice

Rijeka Kosovčica je stalna krška tekućica sa stalnim izvorom i lijevi je pritok rijeke Krke. Nalazi se u Šibensko – kninskoj županiji, u općini Biskupija, 7 km jugoistočno od Knina na prostoru Kosovog polja (Slika 1). Protječe kroz Kosovo polje koje je površine 33 km², dugo je oko 13,5 kilometara i široko oko 5 kilometara. Lijevi je pritok rijeke Krke, ulijeva se u Krku 3 km nizvodno od izvorišta i dovodi vodu s više stalnih i povremenih izvora: Velikog i Malog izvora i Lopuškog vrela (Marguš i sur. 2011).

Izvor rijeke Kosovčice nalazi se u selu Riđane smještenog na istočnim obroncima planine Kozjak. Izvor je djelomično kaptiran u svrhu vodoopskrbe, ali je osim toga hidromorfološki znatno izmijenjen betoniranjem i izgradnjom (Slika 5).



Slika 5: Uzorkovanje makrozoobentosa na izvoru rijeke Kosovčice (Foto: A. Previšić).

2.2. Opća geografska, klimatska i geološka obilježja sliva rijeke Krupe

2.2.1. Geografska obilježja sliva rijeke Krupe

Rijeka Krupa je tipična krška rijeka i najjača pritoka rijeke Zrmanje. Nalazi se na području Zadarske županije (Sjeverna Dalmacija), te spada u nizinske tekućice kratkih tokova (7 km) s padom većim od 5 % (Mihaljević i sur., 2011) (Slika 1). Izvire ispod Velebita, nedaleko od zaselka Mandići iz dva tipična krška vrela. Već sam izvorišni dio toka malobrojni stanovnici su učinkovito iskoristili, pa je rijeka skretana na rampe slagane od kamenja kako bi ostvarili visinsku razliku potrebnu za pokretanje brojnih mlinica i navodnjavanje škrtih bašti. Jedan od ovih mlinova, Urošev mlin iz 1913. godine, još uvijek je u funkciji. Sa svojom prvom pritokom Orovačom ulazi u kratak kanjon do manastira Krupa. Nakon Manastirskih luka, Krupa do utoka u Zrmanju teče kanjonom u smjeru zapada (URL 2).

2.2.2. Klimatska obilježja sliva rijeke Krupe

Područje na kojem se nalazi rijeka Krupa, kao i rijeka Zrmanja, ima kontinentalnu klimu pod utjecajem Jadranskog mora. Zime su hladne s temperaturama ispod 0 °C, koje idu i do ispod -10 °C. Ljeta su jako vruća, a temperatura zraka se tada penje do 35 °C. Srednja godišnja temperatura zraka varira od 9–14 °C, dok srednja godišnja količina oborina varira od 1100 do 2100 mm, s prosjekom od oko 1600 mm. Godišnji maksimum protoka rijeka Zrmanja ima tijekom perioda otapanja snijega i kišne sezone, dakle od ožujka do svibnja i od listopada do prosinca (Bonacci, 1999).

2.2.3. Geološka obilježja sliva rijeke Krupe

Prema geološkim istraživanjima sliv rijeke Zrmanje nalazi se na donjim trijaskim dolomitima i vapnencima, karbonatima iz doba krede, dolomitnim brečama i aluvijalnim naslagama iz kvartara (Fritz, 1972). Na toj geološkoj podlozi nalazi se i rijeka Krupa. Vodopropusne stijene izgrađene su od vapnenaca iz geološkog razdoblja mezozoika, tj. trijasa, jure i krede (prije 220-140 milijuna godina). Malo propusne stijene izgrađene su od dolomita i pločastih vapnenaca iz geološkog razdoblja jure, dok su vodonepropusne stijene klastične, sastavljene od pješčenjaka, škriljaca, lapora i dolomita. Geografski položaj rijeke u prošlosti se znatno razlikovao od današnjeg. Prije otprilike 40 000 godina Zrmanja je, danas svojim fosilnim koritom, kod Mokrog polja otjecala u rijeku Krku. Danas između tih dviju rijeka postoji samo podzemna veza (Burić, 2006).

2.2.4. Hidrogeologija izvorišnog dijela rijeke Krupe

Smještena pod krajnjim južnim obroncima Velebita i nešto udaljenija od značajnijih prometnih pravaca nego Zrmanja, Krupa je zasad široj javnosti još prilično nepoznata rijeka. Njen tok dugačak je oko 7 km. Vrelo same rijeke, smješteno ispod Tremzine, jednog od krajnjih velebitskih obronaka iz skupine Crnopca, je pristupačno i nikada ne presušuje (Slika 6).

Prva pritoka Krupe je Orovača, koju Krupa prima već u samom izvorišnom dijelu. Svega kilometar duga rječica Krnjeza je druga pritoka Krupe. Svojim impozantnim, gotovo 300 metara dubokim kanjonom, svjedoči o erozivnoj moći goleme količine vode koja nakon podzemnog toka kroz okršene stijene južnovelebitskog masiva, izbija u obliku modrog jezerca skrivenog u prostranoj pećini.

Od ušća Krnjeze u Krupu razvila se najduža sedrena barijera na rijeci, poznata pod nazivom Deveterac. Preko stotinjak metara dugačke barijere, rijeka se prelijeva niz otprilike osam manjih kaskada. Deveterac, završava devetim, posljednjim, desetak metara visokim slapom. Prisutno je mnoštvo sedrenih stijena obrušenih s postojećih ili s nekih bivših slapova, pa one među sobom formiraju procjepe i podvodne tjesnace. Dno naizmjence pokrivaju obluci veličine šake i fini pijesak. Podvodno u svom koritu, Krupa prima mnoga vrela. No neki izvori periodičkog su karaktera i pojavljuju se tek nakon velikih kiša u Lici (Šafarek i Šolić, 2011).



Slika 6: Izvor rijeke Krupe (Foto: A. Previšić).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Terenska istraživanja

Terensko istraživanje je provedeno tijekom jednogodišnjeg razdoblja od travnja 2011. do travnja 2012. godine na četiri različita krška izvora, od toga tri stalna (izvor rijeke Krke, Krupe, Kosovčice) i jednog povremenog izvora (izvor Krčića) (Slika 1). Uzorci su prikupljeni u travnju, svibnju, srpnju, kolovozu, listopadu i prosincu 2011. godine, te siječnju, ožujku i travnju 2012. godine.

3.1.1. Mjerenje fizikalno – kemijskih obilježja vode

Tijekom uzorkovanja makroskopskih vodenih beskralješnjaka na izvoru su mjerena i osnovna fizikalno-kemijska obilježja vode pomoću WTW sondi. Sondom WTW Oxi 330 mjerena je temperature vode (°C), količina otopljenog kisika u vodi (mgL^{-1}) i zasićenje vode kisikom (%). Sondom WTW pH 340i mjeren je pH vode, a sondom WTW Cond 340i mjerena je električna provodljivost vode (μScm^{-1}). Alkalinitet vode ($mg\ L^{-1}$) mjeren je titriranjem uzorka vode s kloridnom kiselinom (HCl) uz metiloranž kao indikator.

3.1.2. Uzorkovanje zajednice makrozoobentosa

Uzorci zajednice makrozoobentosa prikupljani su Surberovom mrežom s dimenzijama okvira 25×25 cm, te s veličinom oka mreže od 500 μm. Uzorkovanje je započeto od nizvodnih prema uzvodnim dijelovima izvora, pri čemu je Surberova mreža postavljena u položaj za uzorkovanje, a otvor mreže usmjeren prema uzvodnom dijelu toka. Uzorak se prikupljao podizanjem sedimenta s dna tekućice na dubini od 10-15 cm pomoću ruke ili "kick-sampling" metodom, kojom se snažnim udaranjem ili rotiranjem stopala/čizme unutar okvira mreže uzvodno od otvora Surberove mreže prikuplja fauna koju struja vode otplavi u mrežu (Slika 7). Tijekom uzorkovanja jedan okvir mreže je na površini sedimenta, a drugi se drži okomito na podlogu. Na svim istraživanim izvorima, prilikom svakog uzorkovanja prikupljen je po jedan uzorak s tri različita tipa supstrata/mikrostaništa: mahovina ili fital (S1), valutice ili mezolital (S2; 6-20 cm) i šljunak ili mikrolital (S3; 2-6 cm). Nakon uzorkovanja prikupljena fauna konzervirana je u 96% etanolu, te pohranjena u plastične bočice na koje je prethodno napisan naziv lokaliteta, tip supstrata i datum uzorkovanja.



Slika 7: Uzorkovanje makrozoobentosa Surberovom mrežom na izvoru Kosovčice (Foto: A. Previšić).

3.1.3. Izolacija i obrada sakupljenog biološkog materijala

U laboratoriju je sakupljeni materijal razvrstan i pregledan na stereolupi. Iz uzorka su izdvojeni makroskopski beskralješnjaci, zatim razvrstani po skupinama u epruvete sa 75%-tnim etanolom u koje je prethodno stavljena kartica s nazivom sistematske kategorije, datumom i mjestom uzorkovanja, te zabilježen broj jedinki svake skupine. Svaki uzorak je cijeli pregledan i izolirane su sve jedinke. Determinacija do razine skupina i porodica provedena je uz pomoć determinacijskog ključa Sansoni i Ghetti (1992). Za potrebe ovog rada, od izdvojenih skupina do razine roda ili vrste određene su jedinke skupine tulara (Insecta, Trichoptera) uz pomoć determinacijskog ključa Waringer i Graf (2011), te determinacijskog ključa Malicky (2004).

3.1.4. Analiza podataka

Prikupljeni podaci o brojnosti jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa uneseni su u računalni program Microsoft Excel XP. Podaci o fizikalno – kemijskim obilježjima vode prikazani su pomoću linijskih grafova. Broj jedinki preračunavan je na površinu od 1 m^2 i

prikazan pomoću stupičastih grafova. Usporedba brojnosti jedinki pojedinih skupina i postotni udio jedinki pojedinih skupina na istraživanim postajama prikazani su pomoću stupičastih grafova. Kako bi se utvrdila raznolikost zajednice makrozoobentosa, te zajednice tulara na istraživanim postajama izračunati su sljedeći indeksi raznolikosti: Shannon-Wienerov i Simpsonov indeks sličnosti, te Pielouov indeks ujednačenosti, koristeći programski paket Primer v6 (Clarke i Gorley 2006).

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

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

gdje je: p_i - udio jedinki vrste *i* u zajednici.

Simpsonov indeks raznolikosti (λ) izražava vjerojatnost da dvije slučajno odabrane jedinke iz zajednice pripadaju različitim kategorijama (vrstama), a izračunava se prema formuli:

$$\lambda = \sum (n_i / N)^2$$

gdje je: n_i - ukupni broj jedinki vrste *i*,

N - ukupan broj jedinki svih vrsta.

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

$$J' = \frac{H'}{\log(S)}$$

gdje je: H' - Shannon-Wienerov indeks,

S - ukupni broj vrsta u zajednici.

Koristeći isti programski paket provedena je analiza multidimenzionalnog skaliranja (MDS - engl. „multidimensional scaling analysis) temeljena na Bray-Curtis-ovom indeksu sličnosti, kako bi se utvrdila sličnost zajednica makrozoobentosa i tulara na istraživanim postajama. Analiza trofičke strukture zajednice tulara izračunata je prema metodi Moog i sur. (2010), tj. uz pomoć sljedećeg izraza:

$$R = \Sigma\ n_i / \Sigma\ h$$

Pri čemu 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

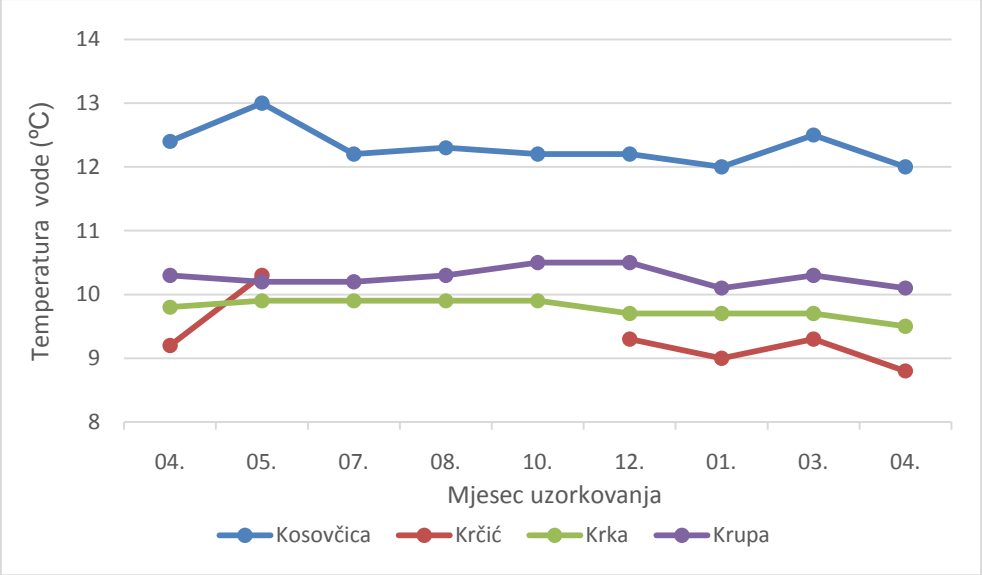
4.1. Fizikalno – kemijska obilježja vode izvora rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe

4.1.1. Temperatura vode

Na svim istraživanim izvorima mala su sezonska kolebanja temperature vode. Na izvorima rijeke Krke i Krupe razlika između najviše i najniže temperature iznosi svega 0,4 °C, dok je malo viša razlika zabilježena na izvoru Kosovčice (1 °C) i Krčića (1,5 °C) (Tablica 1; Slika 8).

Tablica 1: Temperatura vode (°C) izmjerena na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Temperatura vode (°C)	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Kosovčica	12	13	12,3
Krčić	8,8	10,3	9,3
Krka	9,5	9,9	9,7
Krupa	10,1	10,5	10,3



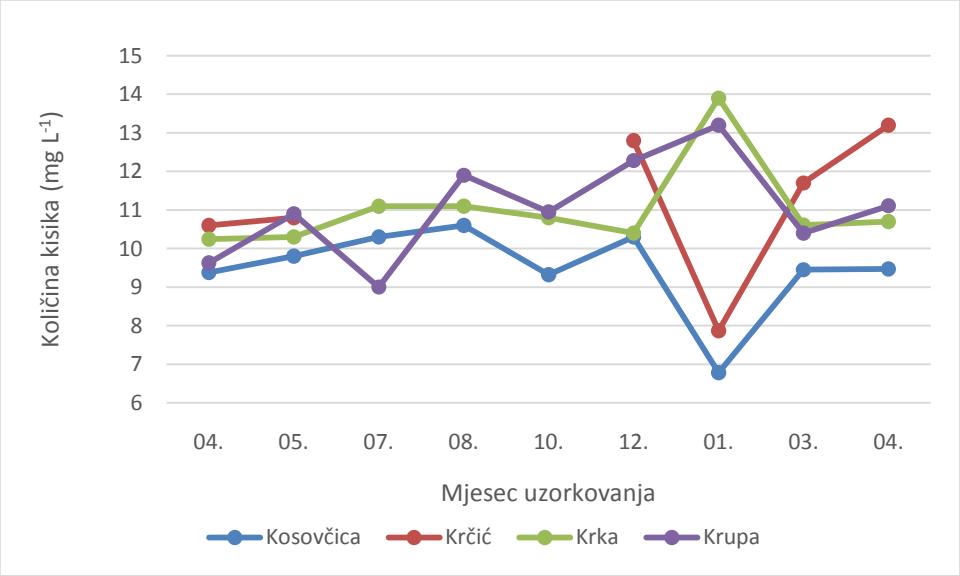
Slika 8: Temperatura vode (°C) izmjerena na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine. Izvor Krčića je presušio u razdoblju od lipnja do studenog 2011. godine.

4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika

Koncentracija otopljenog kisika izmjerena na izvoru rijeke Krke (3,66 mg/L) i Kosovčice (3,82 mg/L) pokazuje mala sezonska kolebanja, dok su malo viša ipak zabilježena na izvoru Krupe (4,2 mg/L) i Krčića (5,33 mg/L) (Tablica 2; Slika 9).

Tablica 2: Koncentracija otopljenog kisika (mg L^{-1}) izmjerena na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Količina kisika (mg/l)	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Kosovčica	6,78	10,6	9,5
Krčić	7,87	12,8	11,2
Krka	10,24	13,9	11
Krupa	9	13,2	11,05



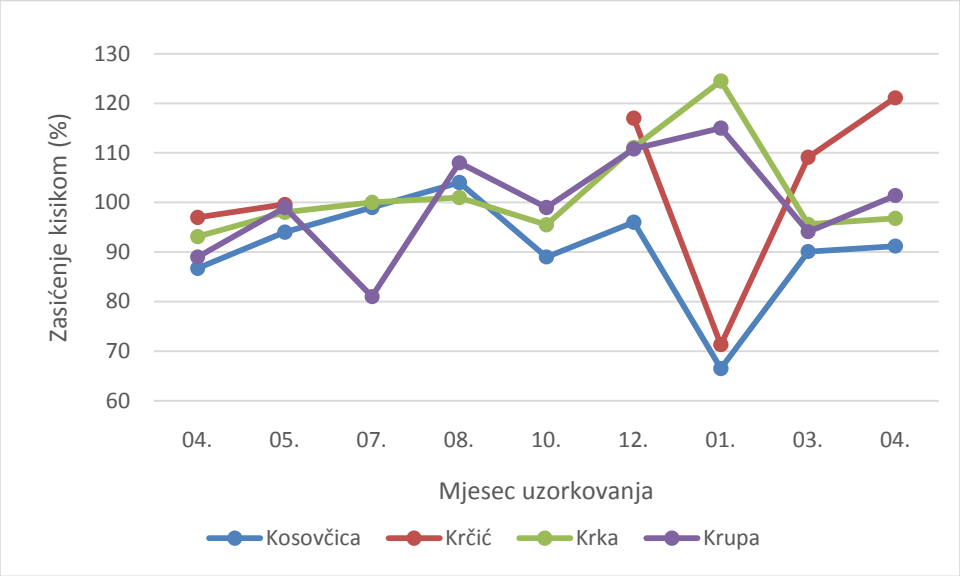
Slika 9: Koncentracija otopljenog kisika (mg L^{-1}) izmjerena na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine. Izvor Krčića je presušio u razdoblju od lipnja do studenog 2011. godine.

4.1.3. Zasićenje kisikom

Razlika između najviše i najniže vrijednosti zasićenja vode kisikom na istraživanim izvorima iznosi: Kosovčica (37,5 %), Krčić (49,8 %), Krka (31,4%) i Krupa (34 %) (Tablica 3; Slika 10).

Tablica 3: Zasićenje kisikom (%) izmjereno na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Zasićenje kisikom (%)	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Kosovčica	66,5	104	90,72
Krčić	71,3	121,1	102,51
Krka	93,1	124,5	101,73
Krupa	81	115	99,7



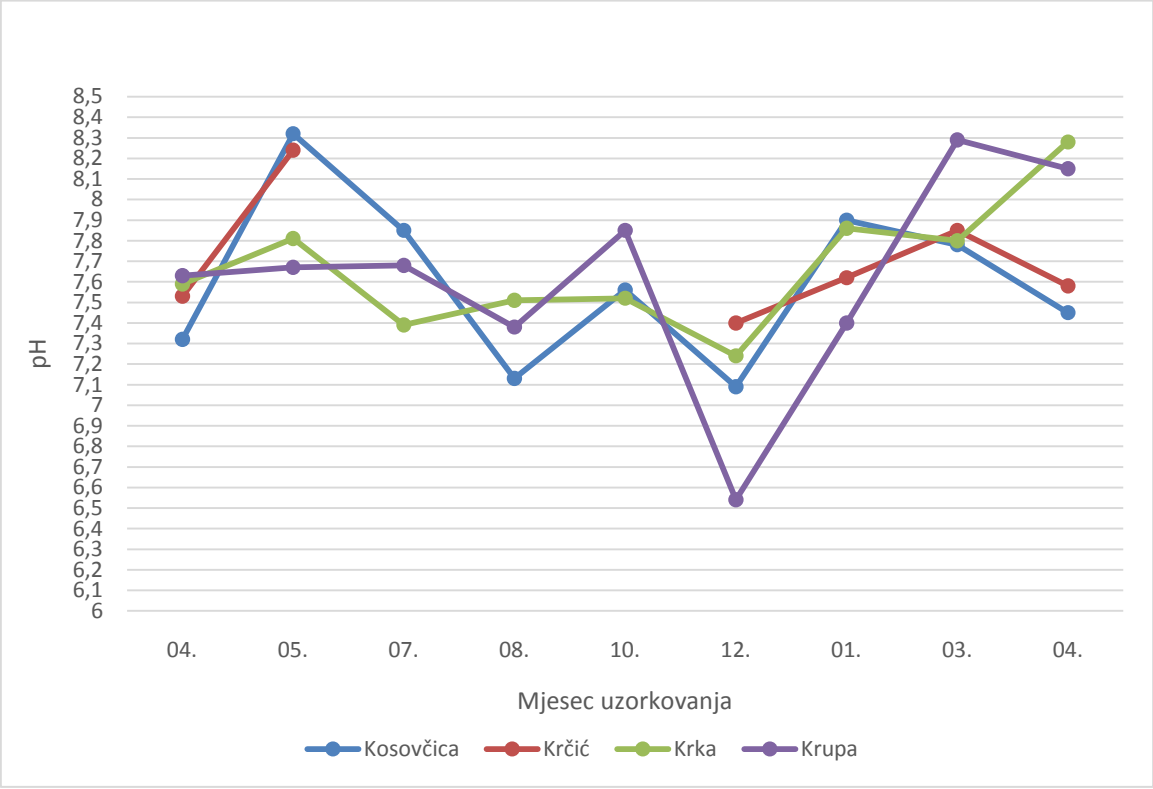
Slika 10: Zasićenje kisikom (%) izmjereno na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine. Izvor Krčića je presušio u razdoblju od lipnja do studenog 2011. godine.

4.1.4. pH vrijednosti vode

Razlike između najviše i najniže pH vrijednosti na istraživanim izvorima nisu značajno velike i iznose: Kosovčica (1,23), Krčić (0,84), Krka (1,04) i Krupa (1,75) (Tablica 4; Slika 11).

Tablica 4: pH izmjeren na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

pH	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Kosovčica	7,09	8,32	7,6
Krčić	7,4	8,24	7,7
Krka	7,24	8,28	7,6
Krupa	6,54	8,29	7,6



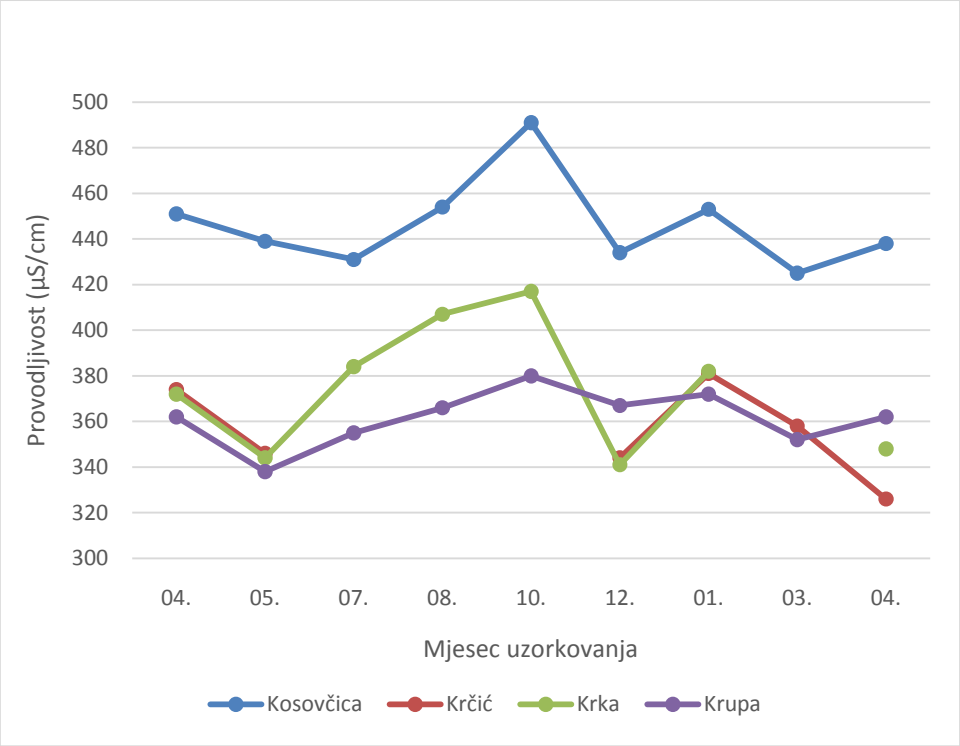
Slika 11: pH izmjeren na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine. Izvor Krčića je presušio u razdoblju od lipnja do studenog 2011. godine.

4.1.5. Provodljivost vode

Razlike između najviše i najniže vrijednosti provodljivosti vode na istraživanim izvorima iznose: Kosovčica (66 µS cm^{-1}), Krčić (55 µS cm^{-1}), Krka (76 µS cm^{-1}) i Krupa (42 µS cm^{-1}) (Tablica 5; Slika 12).

Tablica 5: Provodljivost vode (µS cm^{-1}) izmjerena na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Provodljivost (µS/cm)	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Kosovčica	425	491	446,22
Krčić	326	381	354,83
Krka	341	417	374,37
Krupa	338	380	361,55



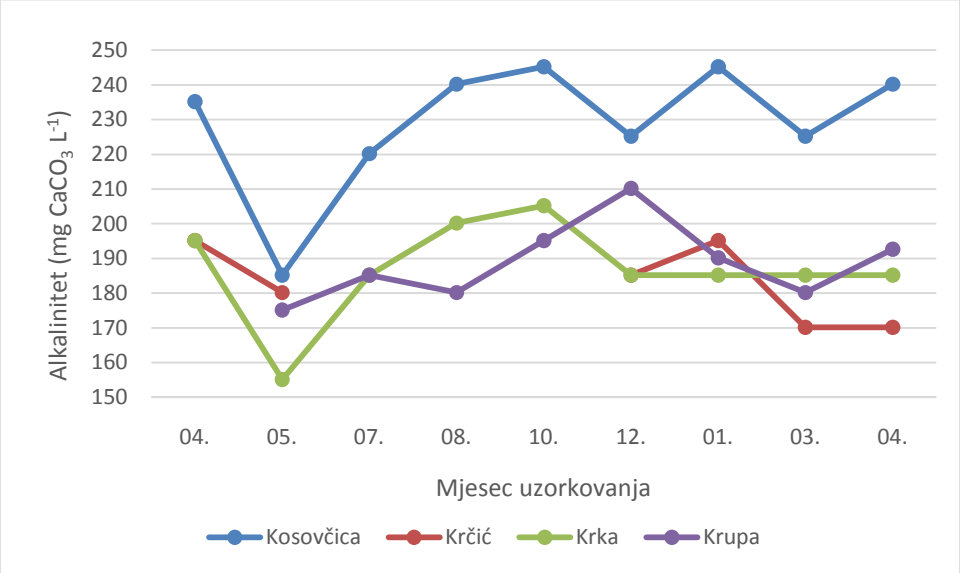
Slika 12: Provodljivost vode (µS cm^{-1}) izmjerena na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine. Izvor Krčića je presušio u razdoblju od lipnja do studenog 2011. godine, a u ožujku 2012. godine mjerenje nije izvršeno na izvoru Krke.

4.1.6. Alkalinitet vode

Na svim istraživanim izvorima su mala sezonska kolebanja vrijednosti alkaliniteta vode. Razlike između najviše i najniže vrijednosti alkaliniteta vode na istraživanim izvorima iznose: Kosovčica (60,05 mg $CaCO_3$ L^{-1}), Krčić (25,02 mg $CaCO_3$ L^{-1}), Krka (50,05 mg $CaCO_3$ L^{-1}) i Krupa (35,03 mg $CaCO_3$ L^{-1}) (Tablica 6; Slika 13).

Tablica 6: Alkalinitet (mg $CaCO_3$ L^{-1}) izmjeren na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Alkalinitet (mg $CaCO_3$ L^{-1})	**Minimum**	**Maksimum**	**Srednja vrijednost**
Kosovčica	185,16	245,21	229,08
Krčić	170,15	195,17	182,66
Krka	155,13	205,18	186,82
Krupa	175,15	210,18	188,60



Slika 13: Alkalinitet (mg $CaCO_3$ L^{-1}) izmjeren na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine. Izvor Krčića je presušio u razdoblju od lipnja do studenog 2011. godine, a u travnju 2011. godine mjerenje nije izvršeno na izvoru Krupe.

4.2. Sastav i gustoća zajednice makrozoobentosa na istraživanim izvorima

4.2.1. Sastav i gustoća zajednice makrozoobentosa na izvoru rijeke Kosovčice

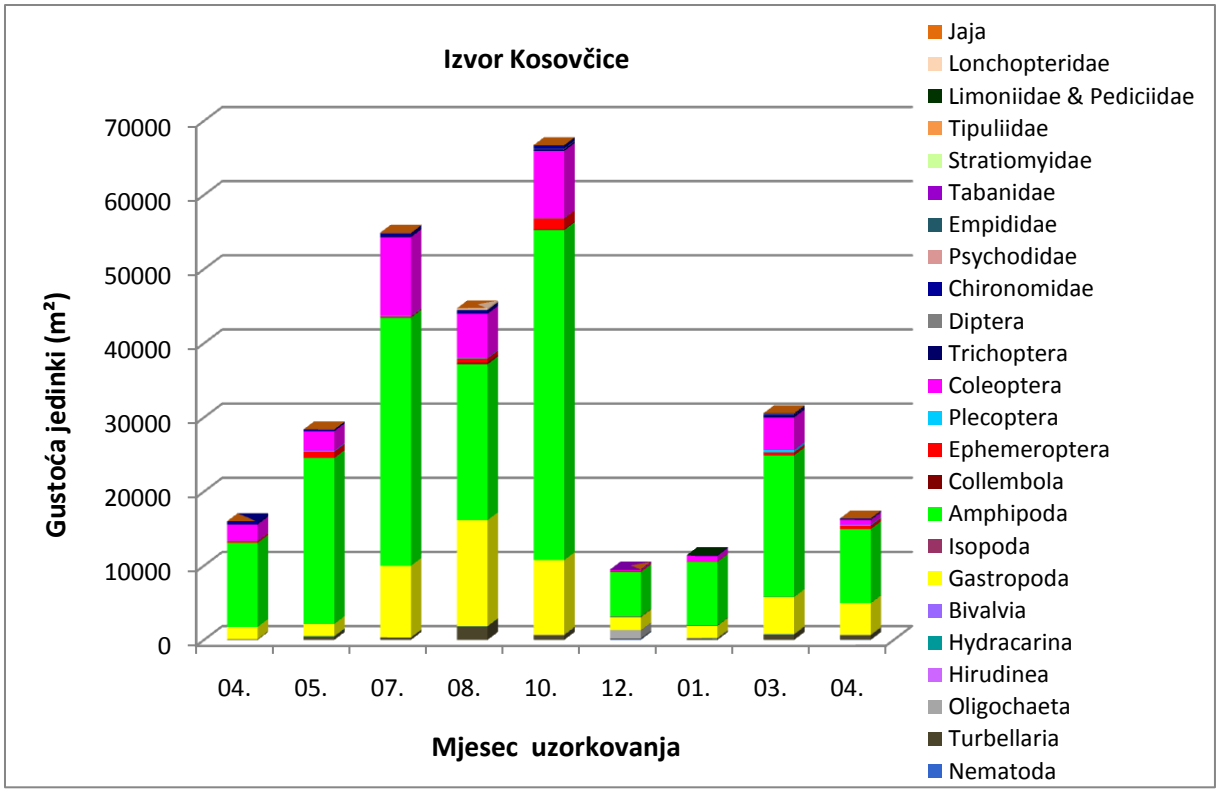
Kroz cijelo istraživano razdoblje na području rijeke Kosovčice ukupno je prikupljeno 17 416 jedinki, odnosno preračunato na 1 m² 278 656 jedinki. Najveća gustoća jedinki, 66 720 / m^2 , zabilježena je u listopadu 2011. godine, a najmanja u prosincu 2011. godine, kada je brojnost jedinki iznosila 9 504 / m^2 (Tablica 7).

Na izvoru rijeke Kosovčice ukupno su utvrđene 24 skupine makrozoobentosa. Najviše skupina makrozoobentosa, njih 15, utvrđeno je u listopadu 2011. godine, kada je zabilježena i najveća brojnost jedinki makrozoobentosa. Najmanje skupina zabilježeno je u travnju 2011. godine, i to njih 8 (Tablica 7; Slika 14).

Tijekom cijelog razdoblja istraživanja rakušci (Amphipoda) su dominantna skupina na izvoru rijeke Kosovčice što se tiče gustoće (Tablica 7) i udjela u zajednici. Njihov najmanji udio zabilježen je u prosincu 2011. godine (63,29 %), a najveći u listopadu 2011. godine (66,73 %). Velik udio u zajednici također čine sljedeće skupine: kornjaši (Coleoptera), puževi (Gastropoda), virnjaci (Turbellaria), ličinke trzalaca (Chironomidae) i ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera) (Tablica 7; Slika 14). Također, navedene su skupine zabilježene u svim mjesecima istraživanja (Tablica 7). Devet skupina je zabilježeno samo jednom tijekom istraživanog razdoblja: oblići (Nematoda), pijavice (Hirudinea), školjkaši (Bivalvia), leptirašice (Psychodidae), muhe plesačice (Empididae), Stratiomyidae, komari (Tipuliidae), obadi (Tabanidae) i Lonchopteridae (Tablica 7).

Tablica 7: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa na izvoru rijeke Kosovčice (izražena po m^2) u istraživanom razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	04.	05.	07.	08.	10.	12.	01.	03.	04.
Nematoda	0	0	0	0	0	96	0	0	16
Turbellaria	96	448	320	1824	624	96	176	720	608
Oligochaeta	0	16	0	0	64	1120	96	64	96
Hirudinea	0	0	0	0	16	0	0	0	0
Hydracarina	0	48	0	32	16	0	16	16	0
Bivalvia	0	0	16	0	0	0	0	0	0
Gastropoda	1648	1632	9648	14288	10032	1744	1600	4976	4224
Isopoda	0	0	0	0	0	80	48	16	16
Amphipoda	11344	22384	33472	21040	44528	6016	8592	19088	9984
Collembola	0	0	32	192	96	0	0	0	0
Ephemeroptera	240	848	128	592	1472	144	64	400	464
Plecoptera	32	128	80	80	32	0	0	320	112
Coleoptera	2208	2640	10624	5936	9056	144	736	4400	640
Trichoptera	160	48	240	96	224	0	16	288	48
Diptera neodređeno	0	0	0	0	80	0	16	32	32
Chironomidae	272	176	304	400	432	32	64	192	128
Psychodidae	0	0	0	16	0	0	0	0	0
Empididae	0	0	0	0	16	0	0	0	0
Tabanidae	0	0	0	0	0	32	0	0	0
Stratiomyidae	0	0	0	0	0	0	0	16	0
Tipuliidae	0	0	16	0	0	0	0	0	0
Limoniidae & Pediciidae	0	16	0	16	32	0	16	32	16
Lonchopteridae	0	0	0	208	0	0	0	0	0
Jaja neodređeno	0	16	48	0	0	0	0	0	0



Slika 14: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa na izvoru rijeke Kosovčice (izražena po m^2) u istraživanom razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

4.2.2. Sastav i gustoća zajednice makrozoobentosa na izvoru rijeke Krčića

Kroz cijelo istraživano razdoblje na području rijeke Krčića ukupno je prikupljeno 8 877 jedinki, odnosno preračunato na 1 m² 142 032 jedinki. Najveća gustoća jedinki, 70 304 / m^2 , zabilježena je u svibnju 2011. godine, a najmanja u ožujku 2012. godine, kada je brojnost jedinki iznosila 7 312 / m^2. Bitno je napomenuti da je Krčić u srpnju, kolovozu i listopadu 2011. godine presušio, pa nije bilo moguće uzorkovati makrozoobentos (Tablica 8).

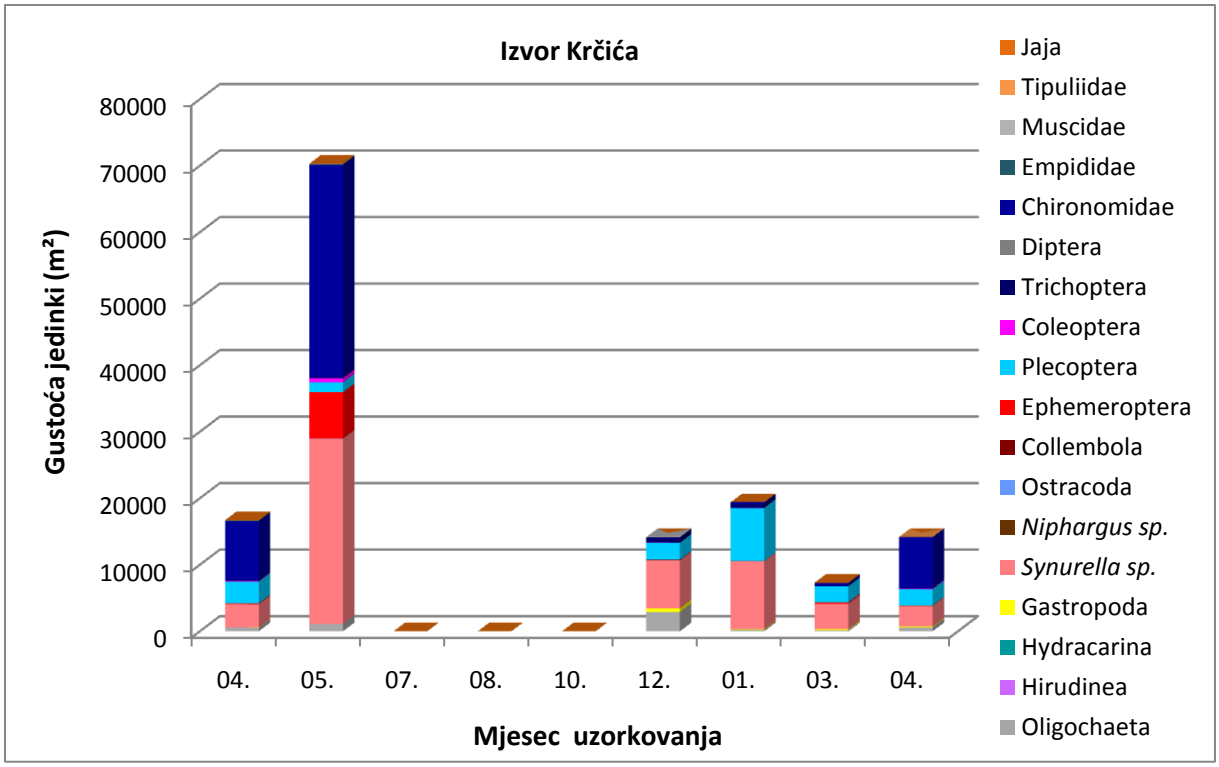
Na izvoru rijeke Krčića ukupno je utvrđeno 17 skupina makrozoobentosa. Najviše skupina makrozoobentosa, njih 12, utvrđeno je u svibnju 2011. godine, kada je zabilježena i najveća brojnost jedinki makrozoobentosa. Najmanje skupina zabilježeno je u travnju i prosincu 2011. godine, te u ožujku 2012. godine, gdje je utvrđena i najmanja brojnost jedinki. Zabilježeno je 10 skupina makrozoobentosa (Tablica 8; Slika 15).

Tijekom cijelog razdoblja istraživanja rakušci (Amphipoda), i to rod *Synurella,* su dominantna skupina na izvoru rijeke Krčića što se tiče gustoće (Tablica 8) i udjela u zajednici. Njihov najmanji udio zabilježen je u travnju 2012. godine (21,78 %), a najveći u svibnju 2011. godine (39,59 %). Velik udio u zajednici također čine sljedeće skupine: ličinke trzalaca

(Chironomidae), ličinke obalčara (Plecoptera), ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera), maločetinaši (Oligochaeta) i jedinke neodređenih dvokrilaca (Diptera) (Tablica 8; Slika 15). 3 skupine su zabilježene samo jednom tijekom istraživanog razdoblja: vodengrinje (Hydracarina), dvokrilci (Diptera) i komari (Tipuliidae) (Tablica 8).

Tablica 8: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa na izvoru rijeke Krčića (izražena po m^2) u istraživanom razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	**04.**	**05.**	**07.**	**08.**	**10.**	**12.**	**01.**	**03.**	**04.**
Oligochaeta	576	1104	0	0	0	2912	160	144	592
Hirudinea	0	0	0	0	0	0	16	32	0
Hydracarina	0	0	0	0	0	0	16	0	0
Gastropoda	32	0	0	0	0	528	128	160	144
***Synurella* sp.**	3472	27840	0	0	0	7248	10208	3808	3088
***Niphargus* sp.**	32	0	0	0	0	0	16	0	16
Ostracoda	0	32	0	0	0	0	0	0	16
Collembola	0	16	0	0	0	80	0	0	0
Ephemeroptera	80	6960	0	0	0	0	16	192	32
Plecoptera	3280	1472	0	0	0	2528	7968	2432	2432
Coleoptera	80	640	0	0	0	32	32	16	96
Trichoptera	176	144	0	0	0	752	512	80	64
Diptera neodređeno	0	0	0	0	0	0	0	0	16
Chironomidae	8832	31920	0	0	0	48	304	400	7664
Empididae	112	128	0	0	0	16	0	0	0
Muscidae	0	16	0	0	0	16	0	0	0
Tipuliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	16
Jaja neodređeno	32	32	0	0	0	0	0	48	0



Slika 15: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa na izvoru rijeke Krčića (izražena po m^2) u istraživanom razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine. Izvor Krčića je presušio u razdoblju od lipnja do studenog 2011. godine.

4.2.3. Sastav i gustoća zajednice makrozoobentosa na izvoru rijeke Krke

Kroz cijelo istraživano razdoblje na području rijeke Krke ukupno je prikupljeno 45 076 jedinki, odnosno preračunato na 1 m² 721 216 jedinki. Najveća gustoća jedinki, 150 688 / m^2 , zabilježena je u kolovozu 2011. godine, a najmanja u ožujku 2012. godine, kada je brojnost jedinki iznosila 41 520 / m^2 (Tablica 9).

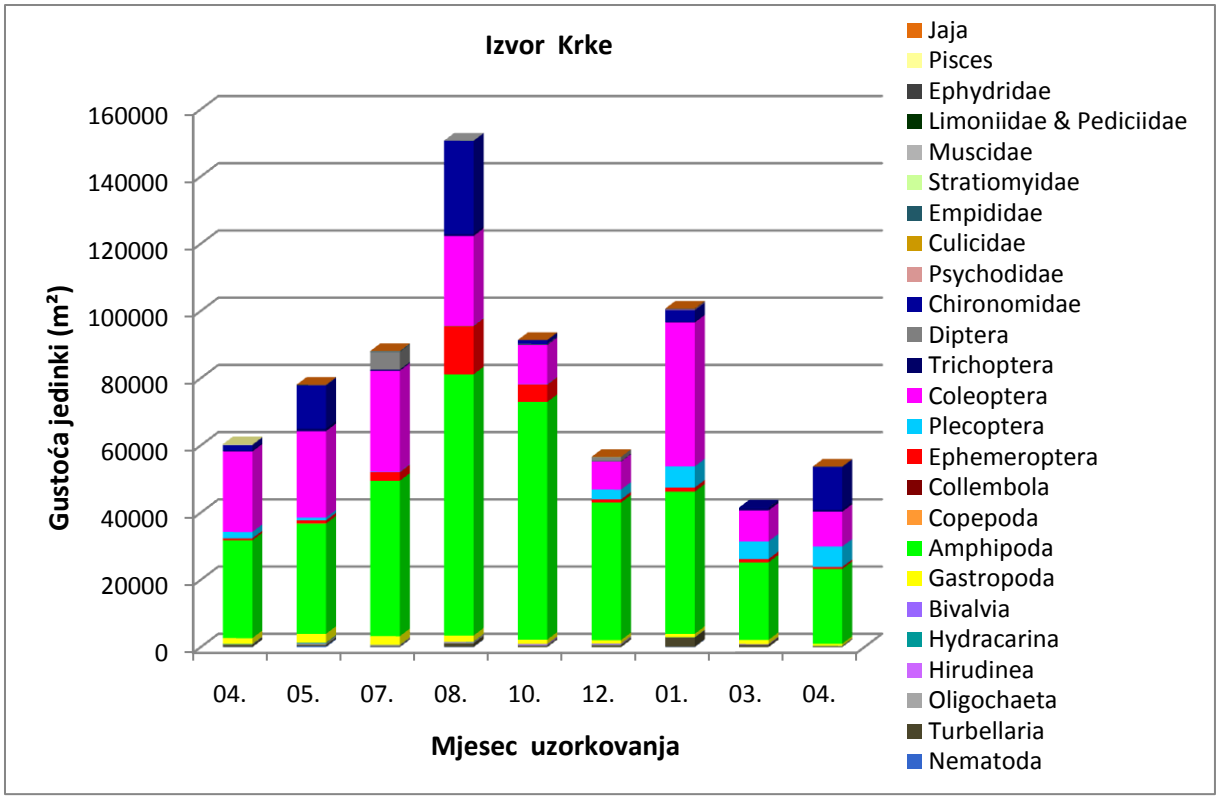
Ukupno je utvrđeno 26 skupina makrozoobentosa. Najviše skupina makrozoobentosa, njih 18, utvrđeno je u svibnju 2011. godine, a najmanje skupina zabilježeno je u ožujku 2012. godine, njih 10, kada je utvrđena i najmanja brojnost jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa (Tablica 9; Slika 16).

Tijekom cijelog razdoblja istraživanja rakušci (Amphipoda) su dominantna skupina na izvoru rijeke Krke što se tiče gustoće (Tablica 9) i udjela u zajednici. Njihov najmanji udio zabilježen je u travnju 2012. godine (41,46 %), a najveći u kolovozu 2011. godine (51,58 %). Velik udio u zajednici također čine sljedeće skupine: kornjaši (Coleoptera), ličinke trzalaca (Chironomidae), ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera), ličinke obalčara (Plecoptera) i puževi (Gastropoda) (Tablica 9; Slika 16). 9 skupina je zabilježeno samo jednom tijekom

istraživanog razdoblja: veslonošci (Copepoda), skokuni (Collembola), Ceratopogonidae, leptirašice (Psychodidae), Stratiomyidae, Limoniidae, Pediciidae i Ephydridae (Tablica 9).

Tablica 9: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa na izvoru rijeke Krke (izražena po m^2) u istraživanom razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	04.	05.	07.	08.	10.	12.	01.	03.	04.
Nematoda	32	256	80	48	16	0	80	0	16
Turbellaria	640	416	272	1088	384	592	2752	688	224
Oligochaeta	96	480	144	464	160	256	32	0	16
Hirudinea	32	0	64	0	16	16	16	0	16
Hydracarina	96	176	64	64	0	0	48	0	64
Bivalvia	0	0	0	0	320	176	0	192	0
Gastropoda	1776	2624	2624	1760	1328	1024	1008	1248	656
Amphipoda	29120	32800	46240	77728	70720	40960	42304	23088	22272
Copepoda	0	16	0	0	0	0	0	0	0
Collembola	0	0	0	0	16	0	0	0	0
Ephemeroptera	592	944	2544	14384	5136	912	1232	992	576
Plecoptera	1872	832	128	96	112	2928	6288	5248	6096
Coleoptera	23936	25712	30064	26688	11664	8320	42816	9200	10352
Trichoptera	272	784	336	592	144	96	208	720	608
Diptera neodređeno	0	0	5248	0	176	1312	0	16	0
Chironomidae	1680	12896	0	27728	1152	0	3520	128	12736
Ceratopogonidae	0	16	0	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	0	0	0	0	0	0	240	0	0
Culicidae	0	0	0	0	16	16	0	0	0
Empididae	0	16	208	16	16	0	0	0	48
Stratiomyidae	0	16	0	0	0	0	0	0	0
Muscidae	16	32	64	32	0	0	16	0	0
Limoniidae & Pediciidae	0	16	0	0	0	0	0	0	0
Ephydridae	0	0	0	0	0	0	176	0	0
Pisces	208	0	0	0	0	0	0	0	0
Jaja neodređeno	0	64	32	0	0	0	0	0	32



Slika 16: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa na izvoru rijeke Krke (izražena po m^2) u istraživanom razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

4.2.4. Sastav i gustoća zajednice makrozoobentosa na izvoru rijeke Krupe

Kroz cijelo istraživano razdoblje na području rijeke Krupe ukupno je prikupljeno 51 285 jedinki, odnosno preračunato na 1 m² 820 560 jedinki. Najveća gustoća jedinki, 269 456 / m^2 , zabilježena je u listopadu 2011. godine, a najmanja u prosincu 2011. godine, kada je brojnost jedinki iznosila 22 896 / m^2 (Tablica 10).

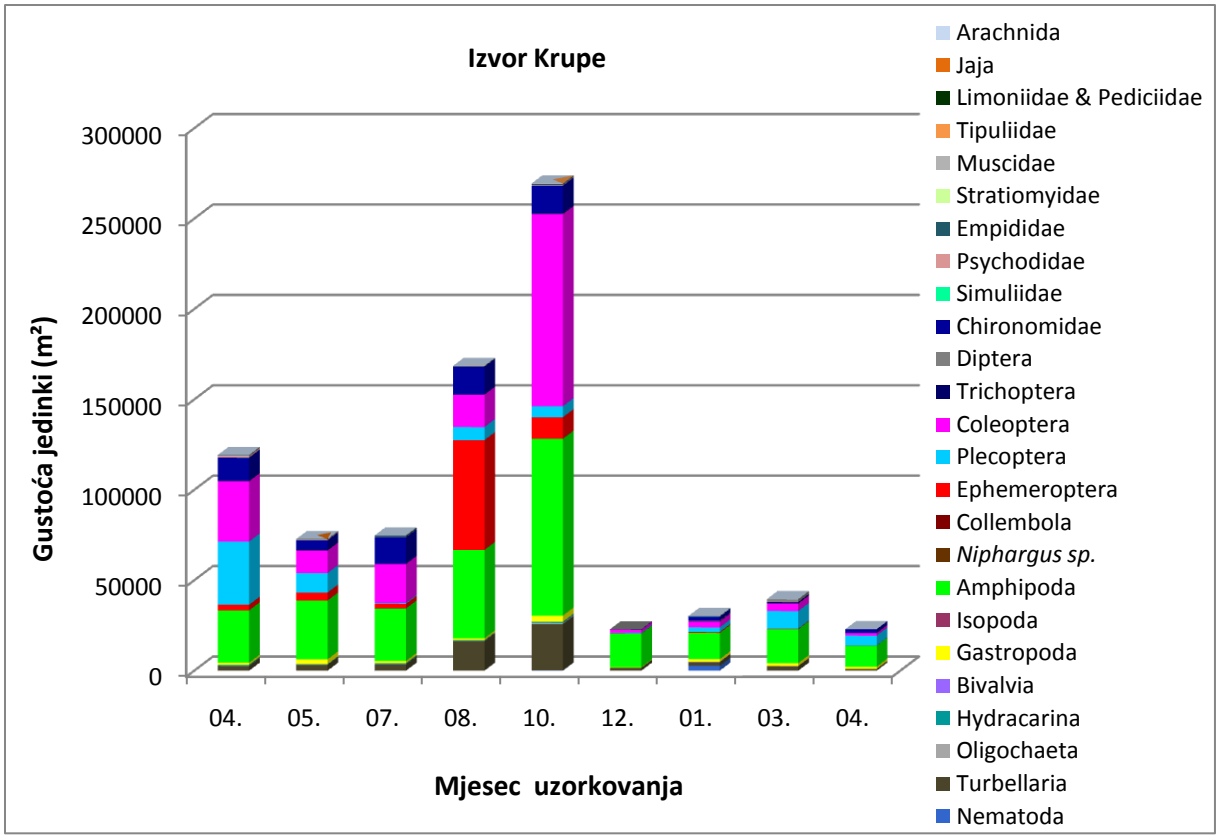
Ukupno je utvrđeno 24 skupine makrozoobentosa. Najviše skupina makrozoobentosa, njih 17, utvrđeno je u listopadu 2011. godine, kada je zabilježena i najveća brojnost jedinki, te u siječnju 2012. godine. Najmanje skupina zabilježeno je u prosincu 2012. godine, njih 8, kada je također utvrđena i najmanja brojnost jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa (Tablica 10; Slika 17).

Tijekom cijelog razdoblja istraživanja rakušci (Amphipoda) su dominantna skupina na izvoru rijeke Krupe što se tiče gustoće (Tablica 10) i udjela u zajednici. Njihov najmanji udio zabilježen je u listopadu 2011. godine (36,29 %), a najveći u travnju 2012. godine (50,59%). Velik udio u zajednici također čine sljedeće skupine: kornjaši (Coleoptera), ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera), ličinke obalčara (Plecoptera), ličinke trzalaca

(Chironomidae) i virnjaci (Turbellaria) (Tablica 10; Slika 17). 6 skupina je zabilježeno samo jednom tijekom istraživanog razdoblja: školjkaši (Bivalvia), jednakonožni rakovi (Isopoda), Stratiomyidae, Limoniidae, Pediciidae i paučnjaci (Arachnida) (Tablica 10).

Tablica 10: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa na izvoru rijeke Krupe (izražena po m^2) u istraživanom razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

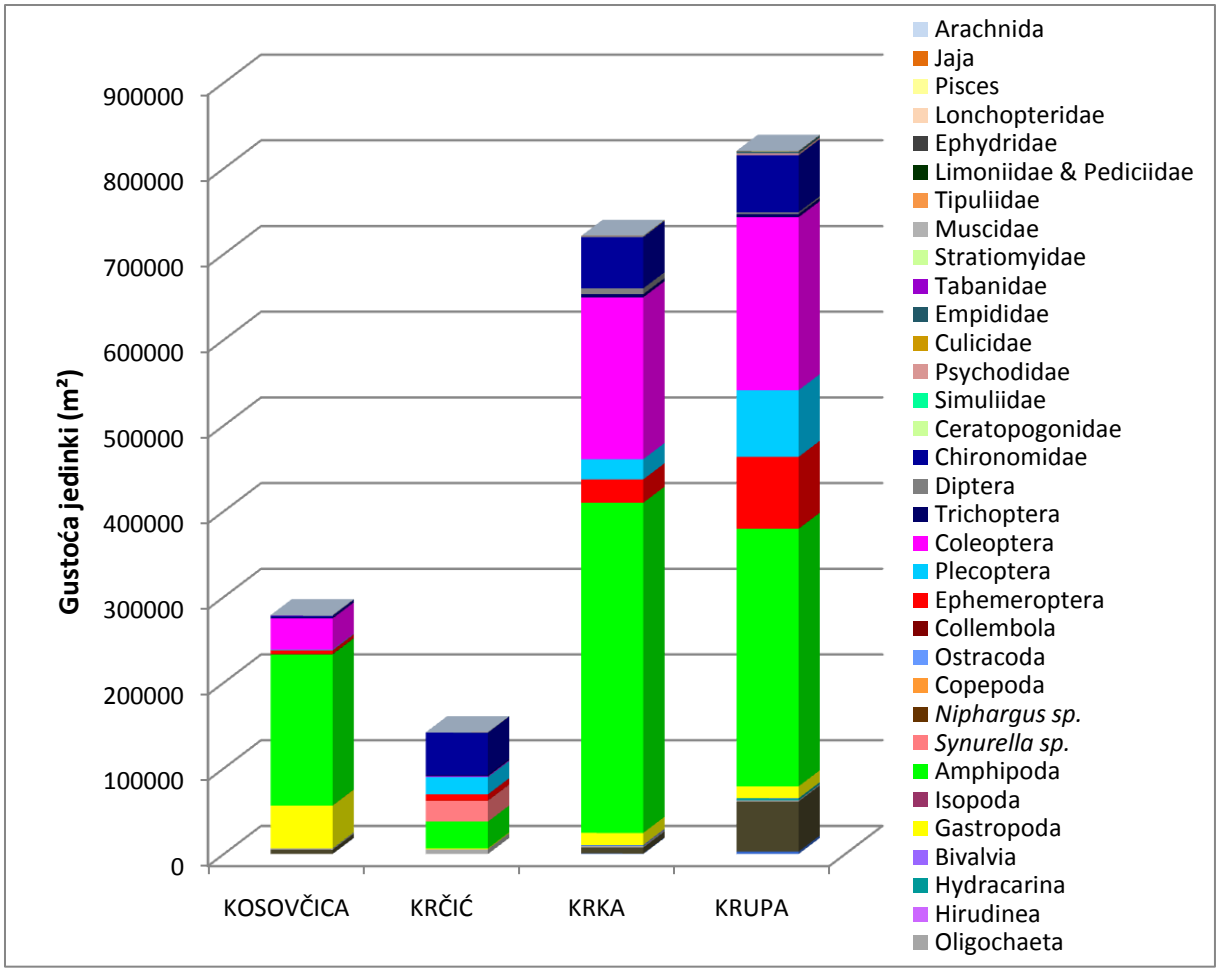
SKUPINE	04.	05.	07.	08.	10.	12.	01.	03.	04.
Nematoda	16	0	32	32	128	0	2656	0	0
Turbellaria	2608	3248	3520	16352	25648	1584	2048	2496	912
Oligochaeta	96	112	128	192	560	0	288	0	64
Hydracarina	544	240	480	336	704	0	16	0	0
Bivalvia	0	0	0	0	0	0	0	96	0
Gastropoda	1136	2672	1184	960	3408	320	1360	1584	1216
Isopoda	0	0	0	0	0	0	16	0	0
Amphipoda	28960	32528	29072	48896	97808	18448	14496	18720	11616
***Niphargus* sp.**	16	0	16	0	0	0	0	0	0
Collembola	0	0	32	0	80	0	0	0	0
Ephemeroptera	3088	4432	2528	60752	11840	256	528	288	96
Plecoptera	34960	10752	496	7216	6080	448	2528	9808	5504
Coleoptera	33360	12496	21552	17920	106240	1552	3248	4144	1344
Trichoptera	592	752	288	272	448	240	288	784	80
Diptera neodređeno	0	0	0	0	80	48	256	1600	32
Chironomidae	12448	4896	14464	15216	15248	0	2176	0	2096
Simuliidae	16	0	0	0	0	0	64	0	0
Psychodidae	1056	368	128	80	384	0	128	0	0
Empididae	352	96	832	272	528	0	128	0	0
Stratiomyidae	0	0	0	0	0	0	16	0	0
Muscidae	32	32	0	64	224	0	0	0	0
Tipuliidae	0	0	0	16	48	0	0	0	0
Limoniidae & Pediciidae	0	96	0	0	0	0	0	0	0
Jaja neodređeno	0	64	48	0	0	0	0	0	0
Arachnida	0	0	0	0	0	0	0	48	0



Slika 17: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa na izvoru rijeke Krupe (izražena po m^2) u istraživanom razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

4.2.5. Usporedba sastava, strukture i raznolikosti, te sličnost zajednice makrozoobentosa na istraživanim izvorima

Na istraživanim izvorima ukupno je prikupljeno 1 962 464 jedinke po m² koje pripadaju u 35 skupina (Slika 18). Najveća gustoća makrozoobentosa utvrđena je na izvoru rijeke Krupe (820 560/ m²), a najmanja na rijeci Krčić (142 032 m²) (Slika 18). Najveća raznolikost skupina makrozoobentosa zabilježena je na rijeci Krki (27), a najmanja na rijeci Krčić (17). Na svim istraživanim izvorima dominantna skupina su rakušci (Amphipoda), a zatim ih slijede kornjaši (Coleoptera), ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera), ličinke obalčara (Plecoptera), ličinke trzalaca (Chironomidae) i puževi (Gastropoda) (Slika 18). Slična gustoća jedinki po m² i sastav zajednica makrozoobentosa zabilježena je na izvorima Krupe i Krke, dok Kosovčica ima sličan sastav zajednica, ali manji broj skupina i puno manju brojnost jedniki makrozoobentosa. Krčić, pak, pokazuje najveća odstupanja u odnosu na ostale izvore. Jedini ima u svom sastavu zabilježen rod *Synurella* (Slika 18).



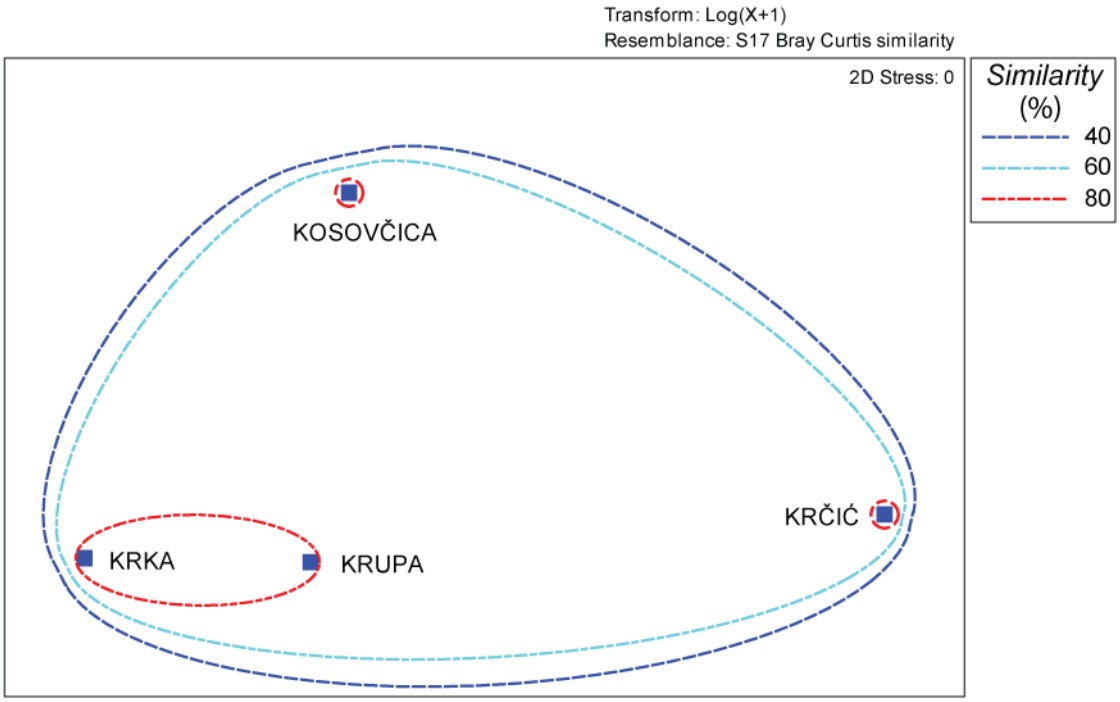
Slika 18: Ukupna gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa na izvoru rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe (izražena po m^2) u istraživanom razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Najveća vrijednost ujednačenosti vrsta (Pielouov indeks), a samim tim i najveći Simpsonov indeks, kao i Shannon-Wienerov indeks je na izvorima Krčića i Krupe, a onda ih slijede Krka i Kosovčica (Tablica 11).

Tablica 11: Vrijednosti indeksa raznolikosti zajednice makrozoobentosa na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine. S je broj skupina, N je ukupna gustoća jedinki, J' je Pielouov indeks ujednačenosti, H' je Shannon-Wienerov indeks raznolikosti, λ je Simpsonov indeks raznolikosti.

IZVOR	S	N	J'	H'	λ
Kosovčica	24	278656	0,358	1,139	0,549
Krčić	19	142032	0,582	1,714	0,778
Krka	26	721216	0,420	1,369	0,636
Krupa	25	820560	0,547	1,759	0,774

Prema rezultatima multidimenzionalnog skaliranja (MDS) možemo uočiti da se zajednice makrozoobentosa Krupe i Krke grupiraju sa 80 % sličnosti, dok se, zajedno sa ostalim izvorima, grupiraju sa 60 % sličnosti (Slika 19).



Slika 19: Analiza multidimenzionalnog skaliranja (MDS) sličnosti zajednice makrozoobentosa na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

4.3. Sastav i gustoća makrozoobentosa u različitim tipovima mikrostaništa na istraživanim izvorima

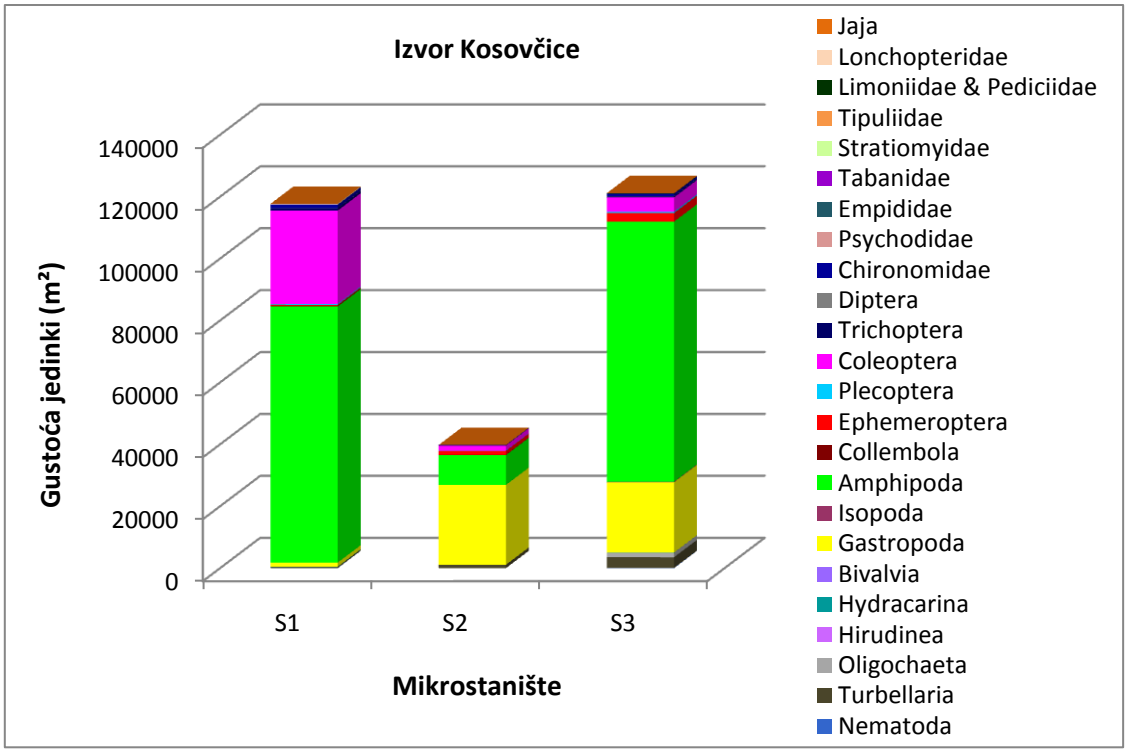
4.3.1. Sastav i gustoća makrozoobentosa u različitim tipovima mikrostaništa na izvoru rijeke Kosovčice

Najveća gustoća jedinki makrozoobentosa zabilježena je u šljunku (supstrat S3; ukupno 121 152 jedinke/ m^2), a najmanja na valuticama (supstrat S2; ukupno 39 792 jedinke/ m^2) (Tablica 12; Slika 20). Najveća raznolikost skupina makrozoobentosa zabilježena je u šljunku (18), a najmanja na valuticama (13), dok je u mahovini (supstrat S1) zabilježeno 17 skupina (Slika 20). Dominantna skupina na susptratu S1 i S3 su rakušci (Amphipoda) sa udjelom od 70,32 %, odnosno 69,36%, a na susptratu S2 puževi (Gastropoda) sa udjelom od 64,73 % (Tablica 12; Slika 20). Također, navedene su skupine zabilježene na svim mikrostaništima (Tablica 12). Puževa (Gastropoda) ima dosta i na supstratu S3, ali manja gustoća je zabilježena na

supstratu S1, dok s druge strane na supstratu S3 ima puno kornjaša (Coleoptera) (Tablica 12, Slika 20). Pet skupina, odnosno pet različitih porodica Diptera je zabilježeno samo na S3 susptratu: leptirašice (Psychodidae), muhe plesačice (Empididae), Stratiomyidae, komari (Tipuliidae) i Lonchopteridae. Četiri skupine su zabilježene samo na S3 supstratu: pijavice (Hirudinea), obadi (Tabanidae), Limoniidae i Pediciidae (Tablica 12).

Tablica 12: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa (izražena po m^2) na izvoru rijeke Kosovčice na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	S1	S2	S3
Nematoda	32	0	80
Turbellaria	368	1088	3456
Oligochaeta	0	16	1440
Hirudinea	0	0	16
Hydracarina	96	0	32
Bivalvia	0	0	16
Gastropoda	1296	25760	22736
Isopoda	0	16	144
Amphipoda	82784	9632	84032
Collembola	240	80	0
Ephemeroptera	272	1296	2784
Plecoptera	288	80	416
Coleoptera	30144	1616	4624
Trichoptera	736	48	336
Diptera neodređeno	48	48	64
Chironomidae	1136	96	768
Psychodidae	16	0	0
Empididae	16	0	0
Tabanidae	0	0	32
Stratiomyidae	16	0	0
Tipuliidae	16	0	0
Limoniidae & Pediciidae	0	0	128
Lonchopteridae	208	0	0
Jaja neodređeno	0	16	48



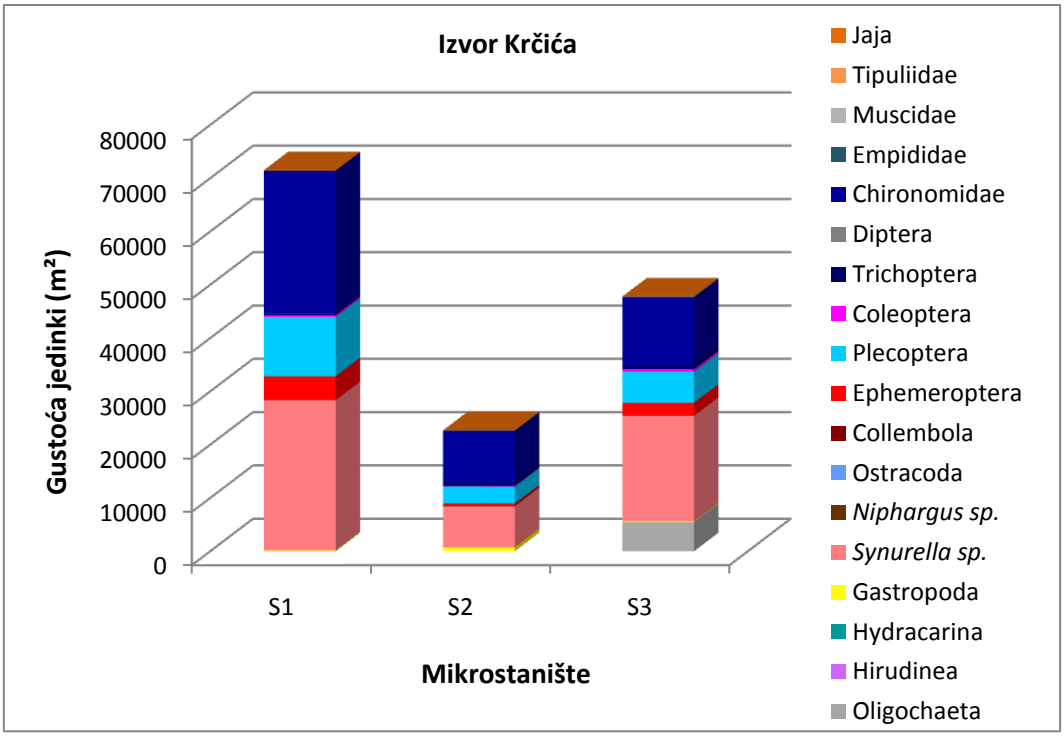
Slika 20: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa (izražena po m^2) na izvoru rijeke Kosovčice na različitim mikrostaništima; mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

4.3.2. Sastav i gustoća makrozoobentosa u različitim tipovima mikrostaništa na izvoru rijeke Krčića

Najveća gustoća jedinki makrozoobentosa zabilježena je u mahovini (supstrat S1; ukupno 71 520 jedinki/ m^2), a najmanja na valuticama (supstrat S2; ukupno 22 704 jedinke/ m^2) (Tablica 13; Slika 21). Najveća raznolikost skupina makrozoobentosa zabilježena je u mahovini (15), a najmanja na valuticama (11), dok je u šljunku (supstrat S3) zabilježeno 12 skupina (Tablica 13). Dominantna skupina na susptratu S1 i S3 je rod *Synurella* sa udjelom od 39,30 %, odnosno 41,46 %, a na susptratu S2 ličinke trzalaca (Chironomidae) (42,56 %) (Tablica 13; Slika 21). Također, navedene su skupine zabilježene na svim mikrostaništima (Tablica 13). Rod *Synurella* je prisutna i na supstratu S2, ali u manjoj gustoći. Na supstratu S1 ima puno ličinki obalčara (Plecoptera), u odnosu na supstrat S2 i S3. Velika gustoća maločetinaša (Oligochaeta) je prisutna na S3 supstratu (Tablica 13; Slika 21). Četiri skupine su zabilježene samo na S1 supstratu: vodengrinje (Hydracarina), ljuskari (Ostracoda), dvokrilci (Diptera) i komari (Tipuliidae). Jedna skupina je zabilježena samo na S3 supstratu: muhe (Muscidae) (Tablica 13).

Tablica 13: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa (izražena po m^2) na izvoru rijeke Krčića na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	S1	S2	S3
Oligochaeta	16	16	5456
Hirudinea	16	0	32
Hydracarina	16	0	0
Gastropoda	144	720	128
***Synurella* sp.**	28112	7728	19824
***Niphargus* sp.**	0	48	16
Ostracoda	48	0	0
Collembola	0	80	16
Ephemeroptera	4480	400	2400
Plecoptera	11152	3136	5824
Coleoptera	320	96	480
Trichoptera	272	672	784
Diptera neodređeno	16	0	0
Chironomidae	26816	9664	12688
Empididae	16	112	128
Muscidae	0	0	32
Tipuliidae	16	0	0
Jaja neodređeno	80	32	0



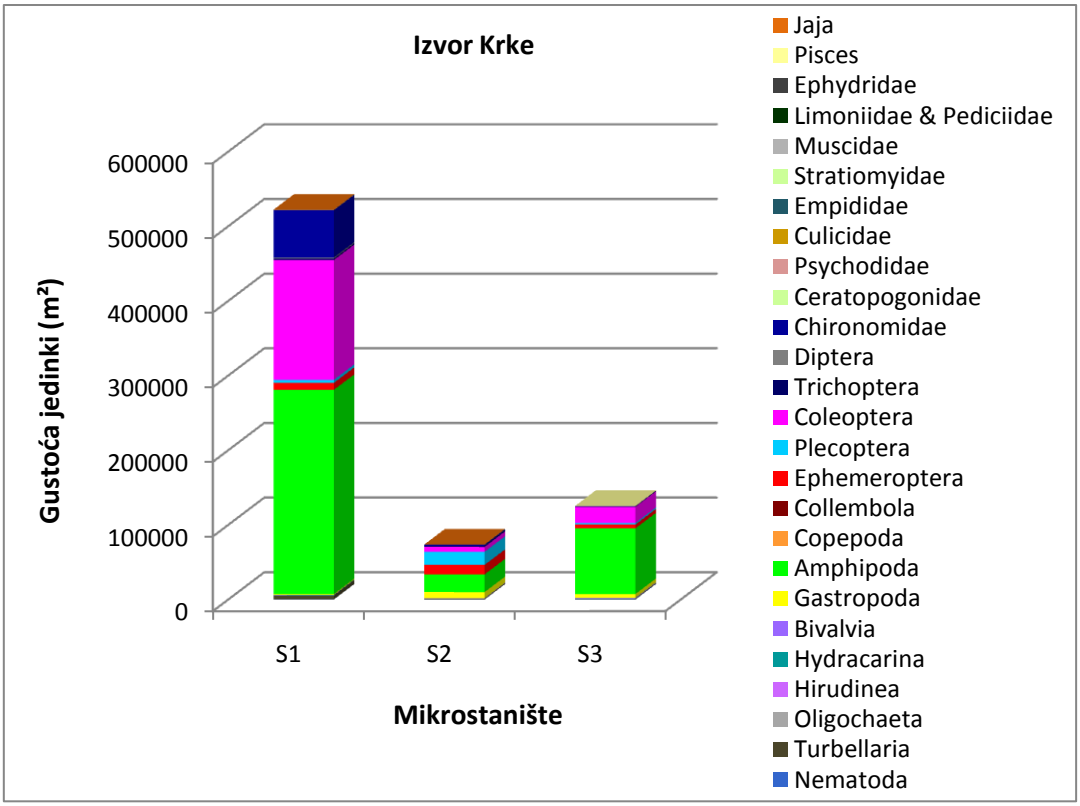
Slika 21: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa (izražena po m^2) na izvoru rijeke Krčića na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

4.3.3. Sastav i gustoća makrozoobentosa u različitim tipovima mikrostaništa na izvoru rijeke Krke

Najveća gustoća jedinki makrozoobentosa zabilježena je u mahovini (supstrat S1; ukupno 522 160 jedinki/ m^2), a najmanja na valuticama (supstrat S2; ukupno 73 696 jedinki/ m^2) (Tablica 14; Slika 22). Najveća raznolikost skupina makrozoobentosa zabilježena je u mahovini (21), a najmanja na valuticama (17) (Tablica 14). Rakušci (Amphipoda) su dominantna skupina na susptratu S1 (52,38 %), S2 (32,17 %) i S3 (70,17 %) (Tablica 14; Slika 22). Također, navedene su skupine zabilježene na svim mikrostaništima (Tablica 14). Na supstratu S2 je zabilježena veća gustoća puževa (Gastropoda) i ličinki obalčara (Plecoptera), u odnosu na supstrat S1 i S3, dok je veća gustoća ličinki trzalaca (Chironomidae) i neodređenih dvokrilaca (Diptera) prisutna na S1 supstratu. (Tablica 14; Slika 22). Četiri skupine su zabilježene samo na S1 supstratu: veslonošci (Copepoda), Stratiomyidae i Ephydridae. Jedna skupina je zabilježena na S1 supstratu: skokuni (Collembola), a na S3 supstratu: Ceratopogonidae, te Limoniidae i Pediciidae (Tablica 14).

Tablica 14: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa (izražena po m^2) na izvoru rijeke Krke na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	S1	S2	S3
Nematoda	112	64	352
Turbellaria	5264	1088	704
Oligochaeta	416	304	928
Hirudinea	16	0	144
Hydracarina	464	16	32
Bivalvia	0	384	304
Gastropoda	992	8144	4912
Amphipoda	273552	23712	87968
Copepoda	16	0	0
Collembola	0	16	0
Ephemeroptera	9376	12720	5216
Plecoptera	4016	17520	2064
Coleoptera	160560	6576	21616
Trichoptera	1888	1328	544
Diptera neodređeno	1328	160	16
Chironomidae	63440	1424	224
Ceratopogonidae	0	0	16
Psychodidae	224	16	0
Culicidae	16	0	16
Empididae	64	160	80
Stratiomyidae	16	0	0
Muscidae	96	64	0
Limoniidae & Pediciidae	0	0	16
Ephydridae	176	0	0
Pisces	0	0	208
Jaja neodređeno	128	0	0



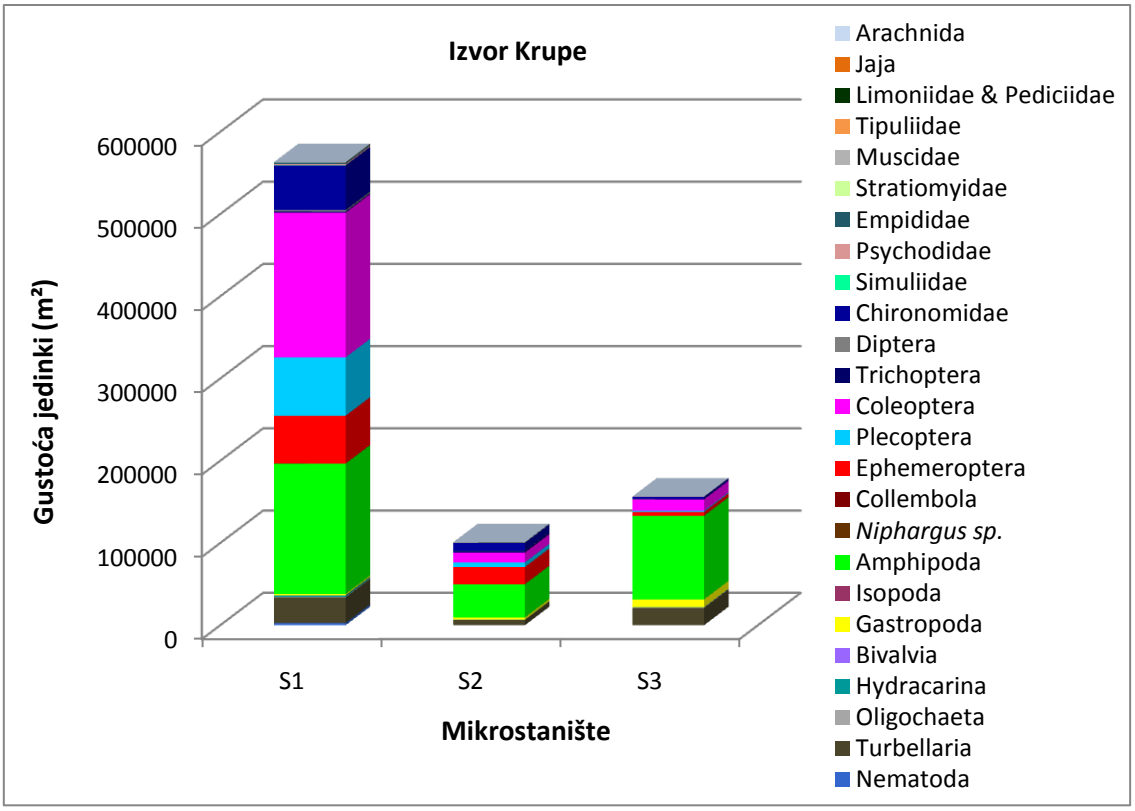
Slika 22: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa (izražena po m^2) na izvoru rijeke Krke na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

4.3.4. Sastav i gustoća makrozoobentosa u različitim tipovima mikrostaništa na izvoru rijeke Krupe

Najveća gustoća jedinki makrozoobentosa zabilježena je u mahovini (supstrat S1; ukupno 563 152 jedinke/m^2), a najmanja na valuticama (supstrat S2; ukupno 100 896 jedinki/m^2) (Tablica 15; Slika 23). Najveća raznolikost skupina makrozoobentosa zabilježena je u mahovini (21), a najmanja na valuticama (19), dok je u šljunku (supstrat S3) zabilježeno 20 skupina (Tablica 15). Dominantna skupina na susptratu S1 su kornjaši (Coleoptera) sa udjelom od 37,24 %, dok su na S2 i S3 supstratu dominantni rakušci (Amphipoda) sa udjelom od 39,97 %, odnosno 64,99 % (Tablica 15; Slika 23). Također, navedene su skupine zabilježene na svim mikrostaništima (Tablica 15). Značajna gustoća puževa (Gastropoda) zabilježena je na S3 suspstratu, dok na S1 supstratu dominiraju ličinke obalčara (Plecoptera) i vodencvjetova (Ephemeroptera) (Tablica 15; Slika 23). Dvije skupine su zabilježene samo na S1 supstratu: paučnjaci (Arachnida) i mušice svrbljivice (Simuliidae), dok je na S2 i S3 supstratu zabilježena 1 skupina: Stratiomyidae i jednakonožni rakovi (Isopoda) (Tablica 15).

Tablica 15: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa (izražena po m^2) na izvoru rijeke Krupe na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	S1	S2	S3
Nematoda	2784	32	48
Turbellaria	31072	6352	20992
Oligochaeta	736	128	576
Hydracarina	1824	192	304
Bivalvia	16	0	80
Gastropoda	1664	2768	9408
Isopoda	0	0	16
Amphipoda	158480	40336	101728
***Niphargus* sp.**	16	0	16
Collembola	80	16	16
Ephemeroptera	58144	20992	4672
Plecoptera	70960	5552	1280
Coleoptera	175984	11936	13936
Trichoptera	1280	1904	560
Diptera neodređeno	1776	176	64
Chironomidae	54304	9760	2480
Simuliidae	80	0	0
Psychodidae	1696	240	208
Empididae	1760	368	80
Stratiomyidae	0	16	0
Muscidae	320	16	16
Tipuliidae	48	0	16
Limoniidae & Pediciidae	0	80	16
Jaja neodređeno	80	32	0
Arachnida	48	0	0



Slika 23: Gustoća jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa (izražena po m^2) na izvoru rijeke Krupe na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

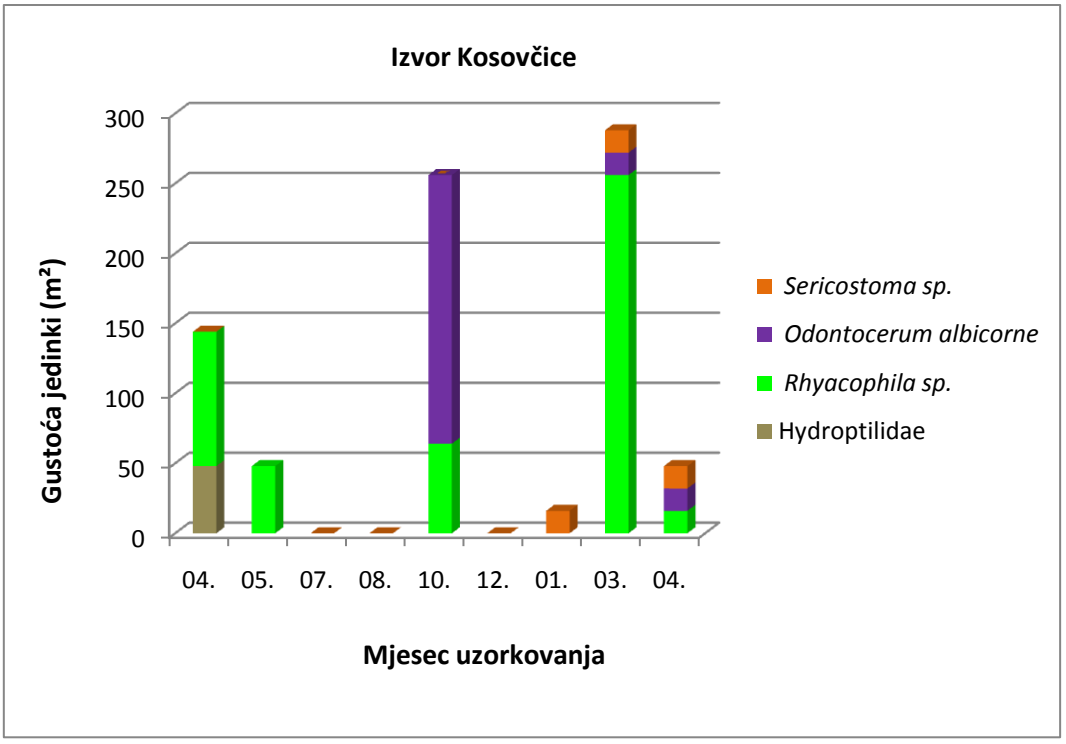
4.4. Sastav i struktura zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) na istraživanim izvorima

4.4.1. Sastav i struktura zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Kosovčice

Na izvoru rijeke Kosovčice ukupno je prikupljeno 50 jedinki tulara, odnosno ukupna gustoća tulara iznosi 800 jedinki/m^2. Njihova zastupljenost u zajednici makrozoobentosa na ovom izvoru iznosi 0,28 %. Najveći broj jedinki prikupljen je u ožujku 2012. godine (288 jedinki/m^2), a najmanji u siječnju 2012. godine (16 jedinki/m^2). Tulari na izvoru Kosovčice nisu prikupljeni tijekom cijelog razdoblja istraživanja (Tablica 16). Zabilježene su ukupno četiri skupine, a najzastupljeniji su bili predstavnici roda *Rhyacophila* (Tablica 16; Slika 24).

Tablica 16: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Kosovčice (izraženo po m^2) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	**04.**	**05.**	**07.**	**08.**	**10.**	**12.**	**01.**	**03.**	**04.**
Hydroptilidae	48	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhyacophilidae *Rhyacophila* **sp.**	96	48	0	0	64	0	0	256	16
Odontoceridae *Odontocerum albicorne* **(Scopoli, 1763)**	0	0	0	0	192	0	0	16	16
Sericostomatidae *Sericostoma* **sp.**	0	0	0	0	0	0	16	16	16

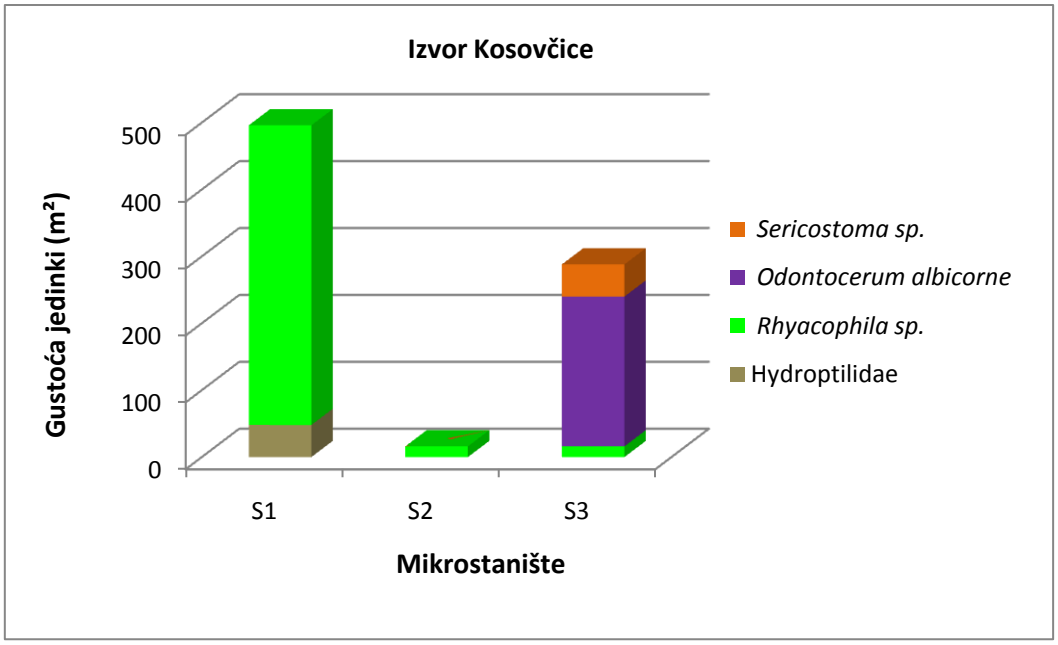


Slika 24: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Kosovčice (izraženo po m^2) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Najveća gustoća jedinki tulara na izvoru Kosovčice zabilježena je u mahovini (S1), a najmanja na valuticama (S2) (Tablica 17). U mahovini je dominantna skupina rod *Rhyacophila*, dok je na šljunku dominirala vrsta *Odontocerum albicorne* Scopoli, 1763 (Tablica 17; Slika 25).

Tablica 17: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na površini od 1 m^2 na izvoru rijeke Kosovčice na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	S1	S2	S3
Hydroptilidae	48	0	0
Rhyacophilidae *Rhyacophila* **sp.**	448	16	16
Odontoceridae *Odontocerum albicorne* **(Scopoli, 1763)**	0	0	224
Sericostomatidae *Sericostoma* **sp.**	0	0	48



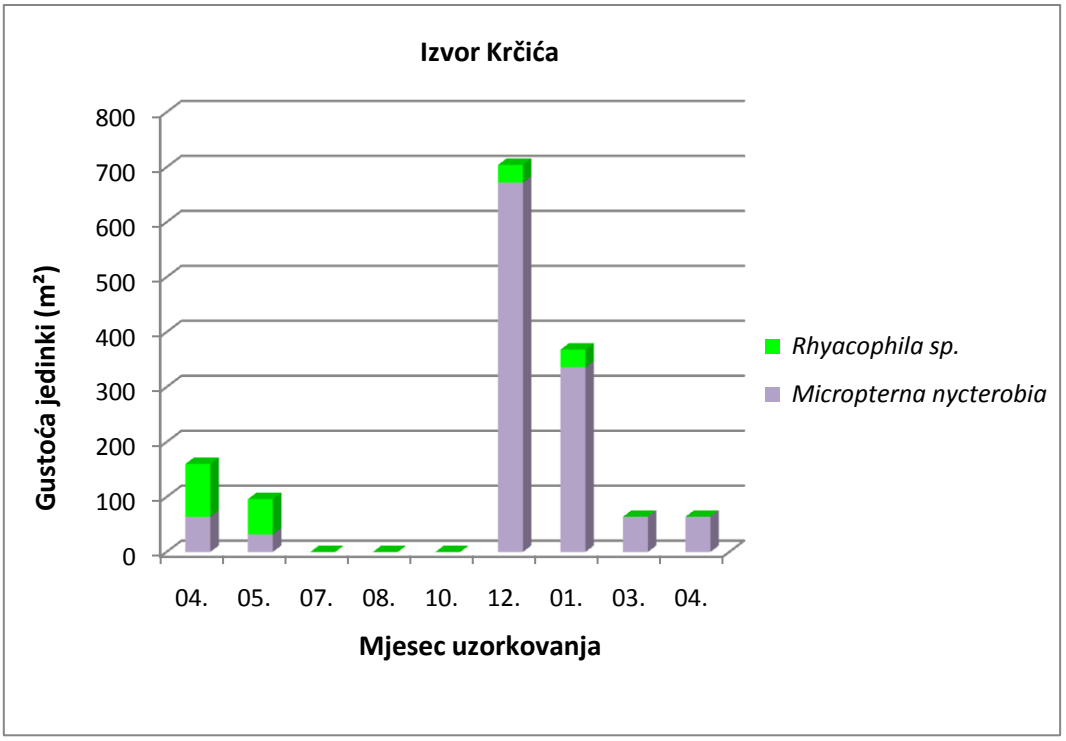
Slika 25: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na površini od 1 m^2 na izvoru rijeke Kosovčice na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

4.4.2. Sastav i struktura zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krčića

Na izvoru rijeke Krčića ukupno je prikupljena 91 jedinka tulara, odnosno ukupna gustoća tulara iznosi 1 456 jedinki/m^2. Njihova zastupljenost u zajednici makrozoobentosa na ovom izvoru iznosi 1,02 %. Najveći broj jedinki prikupljen je u prosincu 2011. godine (704 jedinke/m^2), a najmanji u ožujku i travnju 2012. godine (64 jedinke/m^2). Tulari na izvoru Krčića nisu prikupljeni tijekom cijelog razdoblja istraživanja (Tablica 18). Zabilježene su ukupno dvije svojte, a najzastupljeniji su bili predstavnici porodice Limnephilidae, odnosno vrsta *Micropterna nycterobia* McLachlan, 1875 (Tablica 18; Slika 26).

Tablica 18: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krčića (izraženo po m^2) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	04.	05.	07.	08.	10.	12.	01.	03.	04.
Limnephilidae ***Micropterna nycterobia*** **(McLachlan, 1875)**	64	32	0	0	0	672	336	64	64
Rhyacophilidae ***Rhyacophila* sp.**	96	64	0	0	0	32	32	0	0

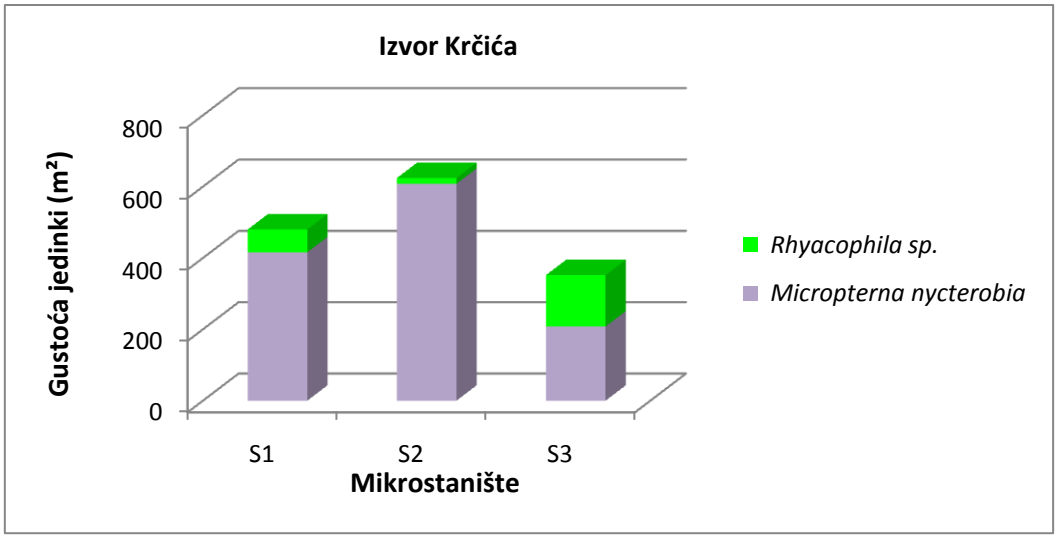


Slika 26: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krčića (izraženo po m^2) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Najveća gustoća jedinki tulara na izvoru Krčića zabilježena je u valuticama (S2), a najmanja u šljunku (S3) (Tablica 19). U valuticama je, kao i u mahovini i šljunku, dominantna vrsta *Micropterna nycterobia* (Tablica 19; Slika 27).

Tablica 19: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na površini od 1 m^2 na izvoru rijeke Krčića na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	S1	S2	S3
Limnephilidae ***Micropterna nycterobia*** **(McLachlan, 1875)**	416	608	208
Rhyacophilidae ***Rhyacophila* sp.**	64	16	144



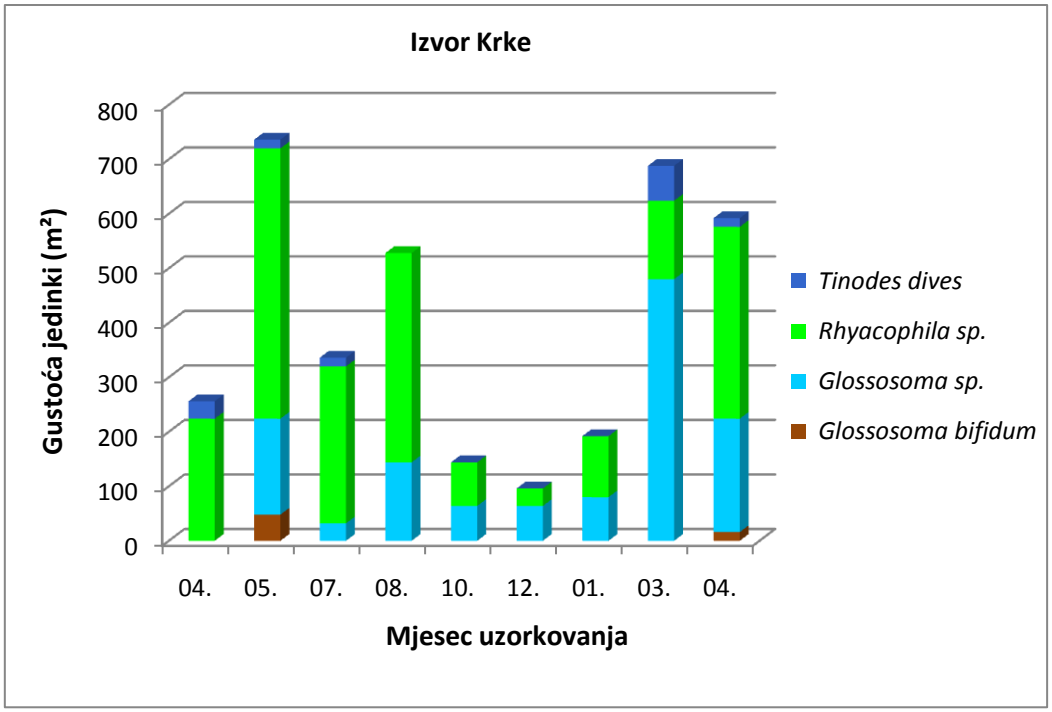
Slika 27: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na površini od 1 m^2 na izvoru rijeke Krčića na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

4.4.3. Sastav i struktura zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krke

Na izvoru rijeke Krke ukupno je prikupljeno 223 jedinke tulara, odnosno ukupna gustoća tulara iznosi 3 568 jedinki/m^2. Njihova zastupljenost u zajednici makrozoobentosa na ovom izvoru iznosi 0,49 %. Najveći broj jedinki prikupljen je u svibnju 2011. godine (736 jedinki/m^2), a najmanji u prosincu 2011. godine (96 jedinki/m^2). Zabilježene su ukupno četiri svojte iz tri roda, a najzastupljeniji su bili predstavnici roda *Rhyacophila* (Tablica 20; Slika 28).

Tablica 20: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krke (izraženo po m^2) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	04.	05.	07.	08.	10.	12.	01.	03.	04.
Glossosomatidae									
***Glossosoma bifidum* (McLachlan, 1879)**	0	48	0	0	0	0	0	0	16
***Glossosoma* sp.**	0	176	32	144	64	64	80	480	208
Rhyacophilidae									
***Rhyacophila* sp.**	224	496	288	384	80	32	112	144	352
Psychomiidae									
***Tinodes dives* (Pictet, 1834)**	32	16	16	0	0	0	0	64	16

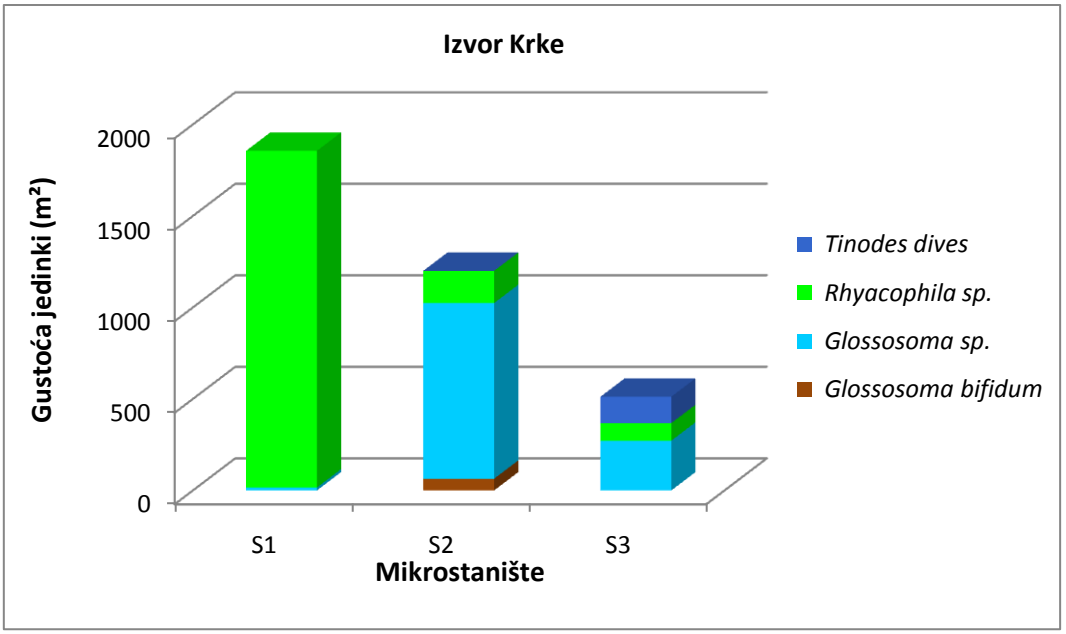


Slika 28: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krke (izraženo po m^2) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Najveća gustoća jedinki tulara na izvoru Krke zabilježena je u mahovini (S1), a najmanja u šljunku (S3) (Tablica 21). U mahovini je dominantna skupina rod *Rhyacophila*, dok je u šljunku dominirao rod *Glossosoma* (Tablica 21; Slika 29).

Tablica 21: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na površini od 1 m^2 na izvoru rijeke Krke na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	S1	S2	S3
Glossosomatidae			
***Glossosoma bifidum* (McLachlan, 1879)**	0	64	0
***Glossosoma* sp.**	16	960	272
Rhyacophilidae			
***Rhyacophila* sp.**	1840	176	96
Psychomiidae			
***Tinodes dives* (Pictet, 1834)**	0	0	144



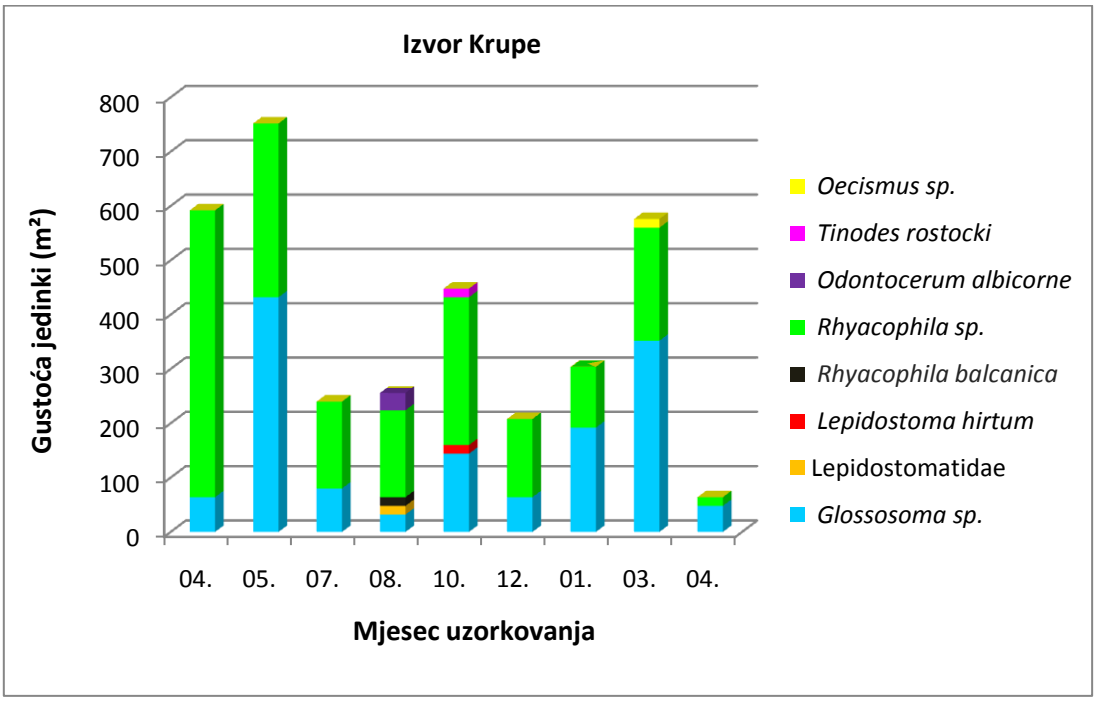
Slika 29: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na površini od 1 m^2 na izvoru rijeke Krke na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

4.4.4. Sastav i struktura zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krupe

Na izvoru rijeke Krupe ukupno je prikupljeno 215 jedinki tulara, odnosno ukupna gustoća tulara iznosi 3 440 jedinki/m^2. Njihova zastupljenost u zajednici makrozoobentosa na ovom izvoru iznosi 0,41 %. Najveći broj jedinki prikupljen je u svibnju 2011. godine (752 jedinke/m^2), a najmanji u travnju 2012. godine (64 jedinke/m^2) (Tablica 22). Zabilježene je ukupno šest skupina, a najzastupljeniji su bili predstavnici roda *Rhyacophila* (Tablica 22; Slika 30).

Tablica 22: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krupe (izraženo po m^2) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

SKUPINE	04.	05.	07.	08.	10.	12.	01.	03.	04.
Glossosomatidae *Glossosoma* **sp.**	64	432	80	32	144	64	192	352	48
Lepidostomatidae neodređeno	0	0	0	0	0	16	0	0	0
***Lepidostoma hirtum* (Fabricius, 1775)**	0	0	0	0	16	0	0	0	0
Rhyacophilidae ***Rhyacophila balcanica* (Radovanović, 1953)**	0	0	0	16	0	0	0	0	0
***Rhyacophila* sp.**	528	320	160	160	272	144	112	208	16
Odontoceridae ***Odontocerum albicorne* (Scopoli, 1763)**	0	0	0	32	0	0	0	0	0
Psychomyiidae ***Tinodes rostocki* (McLachlan, 1878)**	0	0	0	0	16	0	0	0	0
Sericostomatidae ***Oecismus* sp.**	0	0	0	0	0	0	0	16	0

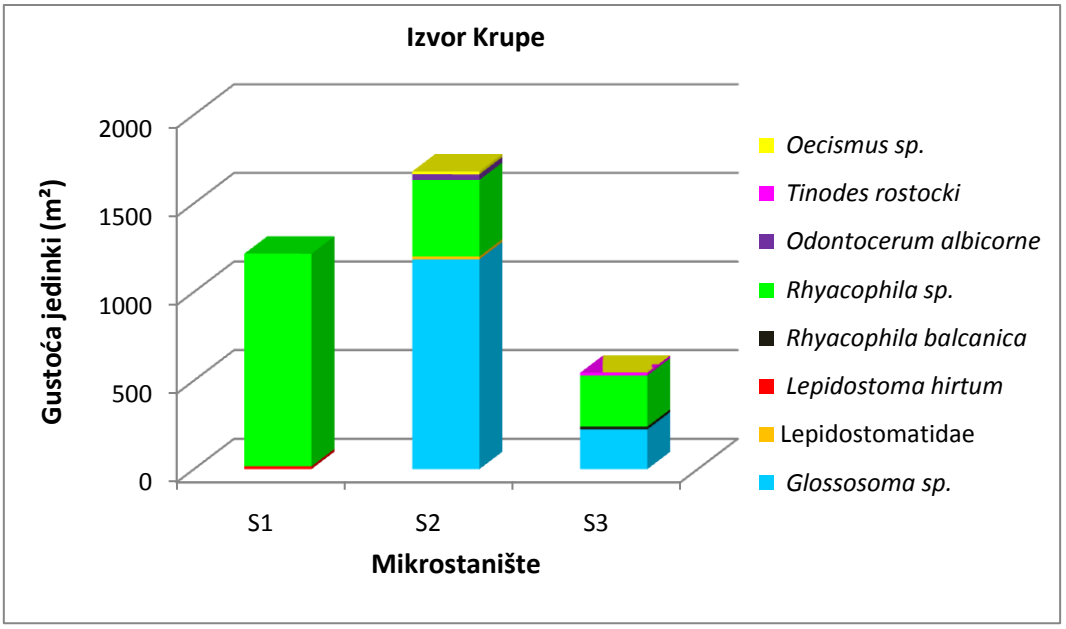


Slika 30: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeke Krupe (izraženo po m^2) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Najveća gustoća jedinki tulara na izvoru Krupe zabilježena je na valuticama (S2), a najmanja u šljunku (S3) (Tablica 23). Na valuticama je dominantna skupina rod *Glossosma*, dok je u šljunku dominirao rod *Rhyacophila* (Tablica 24; Slika 31).

Tablica 23: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na površini od 1 m^2 na izvoru rijeke Krupe na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

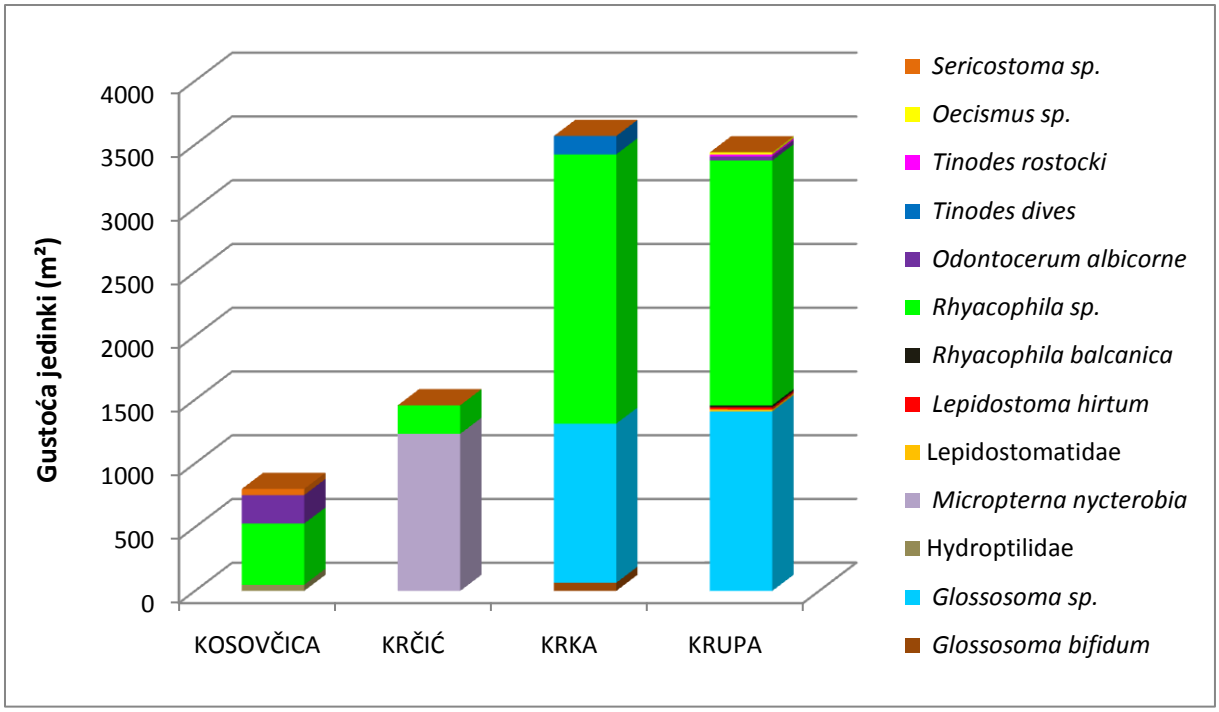
SKUPINE	**S1**	**S2**	**S3**
Glossosomatidae			
***Glossosoma* sp.**	0	1184	224
Lepidostomatidae	0	16	0
neodređeno			
Lepidostoma hirtum			
(Fabricius, 1775)	16	0	0
Rhyacophilidae			
Rhyacophila balcanica	0	0	16
(Radovanović, 1953)			
***Rhyacophila* sp.**	1200	432	288
Odontoceridae			
Odontocerum albicorne	0	32	0
(Scopoli, 1763)			
Psychomiidae			
Tinodes rostocki	0	0	16
(McLachlan, 1878)			
Sericostomatidae			
***Oecismus* sp.**	0	16	0



Slika 31: Gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na površini od 1 m^2 na izvoru rijeke Krupe na različitim mikrostaništima: mahovini (S1), valuticama (S2) i šljunku (S3) u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

4.4.5. Usporedba sastava, strukture i raznolikosti, te sličnost zajednice tulara (Trichoptera, insecta) na istraživanim izvorima

Na istraživanim izvorima ukupno je prikupljeno 9 264 jedinke tulara (Trichoptera, Insecta) po m², te je zabilježeno 7 vrsta iz 4 roda i 8 porodica (Slika 32). Najveća gustoća jedinki utvrđena je na izvorišnom području rijeke Krke (3 568/m²), a najmanja na rijeci Kosovčici (800/m²) (Slika 32). Najveća raznolikost porodica tulara (Trichoptera, Insecta) zabilježena je na rijeci Krupi (6), a najmanja na rijeci Krčić (2) (Slika 32). Na svim istraživanim izvorima dominantan je rod *Rhyacophila*, osim na izvoru Krčića gdje su dominantni i jedini predstavnici porodice Limnephilidae unutar kojeg je određena vrsta *Micropterna nycterobia* (Slika 32). Slična gustoća jedinki po m² zabilježena je na izvorima Krke i Krupe, no po sastavu tulara (Trichoptera, Insecta) prednjači rijeka Krupa. Jedino su u njenom sastavu zabilježene vrste *Rhyacophila balcanica* Radovanović, 1953, *Tinodes rostocki* McLachlan, 1878 i *Lepidostoma hirtum* Fabricius, 1775 (Slika 32). Krčić ima veću gustoću jedinki po m² od rijeke Kosovčice, ali manji sastav zajednice tulara (Trichoptera, Insecta) (Slika 32). Najveća gustoća jedinki tulara na izvoru Krupe i Krčića zabilježena je na valuticama (S2), a najmanja u šljunku (S3), dok je kod Krke i Kosovčice najveća gustoća zabilježena u mahovini (S1), a najmanja u šljunku (S3), odnosno valuticama (S2) (Slika 31).



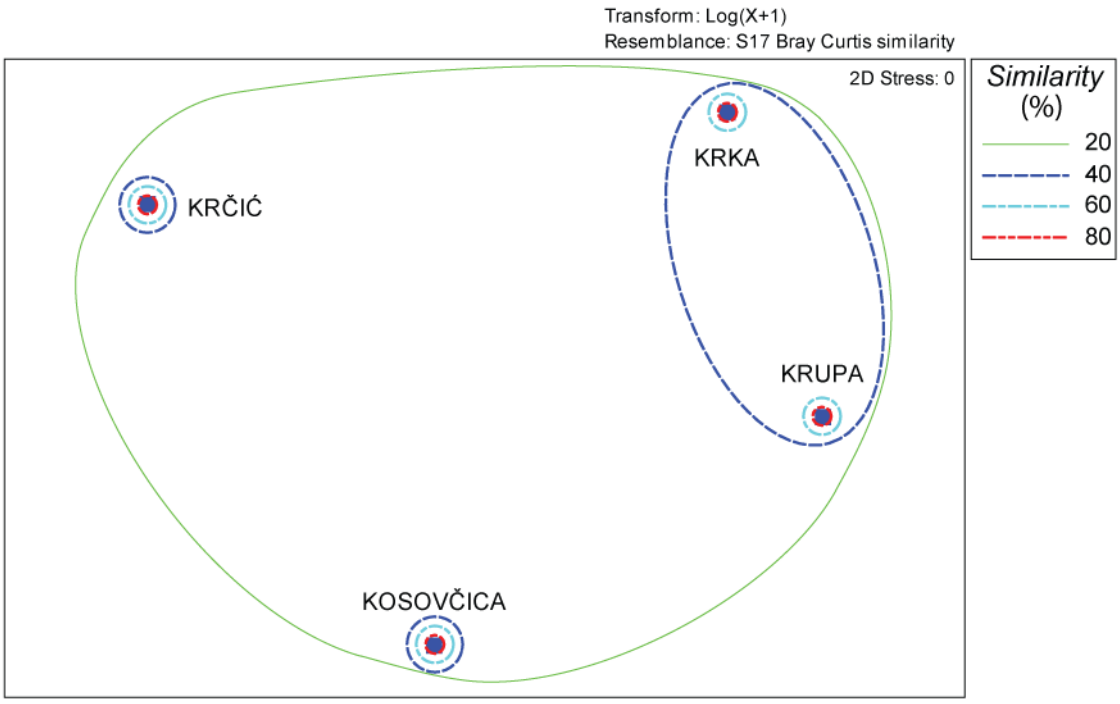
Slika 32: Ukupna gustoća jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe (izražena po m^2) u istraživanom razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Najveća vrijednost ujednačenosti vrsta (Pielouov indeks), a samim tim i najveći Simpsonov indeks, kao i Shannon-Wienerov indeks je na izvoru Kosovčice, a zatim Krke. Izvor Krčića ima veću vrijednost ujednačenosti vrsta (Pielouov indeks) od izvora Krupe, dok Krupa, pak, pokazuje veće vrijednosti za Simpsonov i Shannon-Wienerov indeks (Tablica 24).

Tablica 24: Vrijednosti indeksa raznolikosti jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na izvorišnim područjima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine. S je broj skupina, N je ukupna gustoća jedinki, J' je Pielouov indeks ujednačenosti, H' je Shannon-Wienerov indeks raznolikosti, λ je Simpsonov indeks raznolikosti.

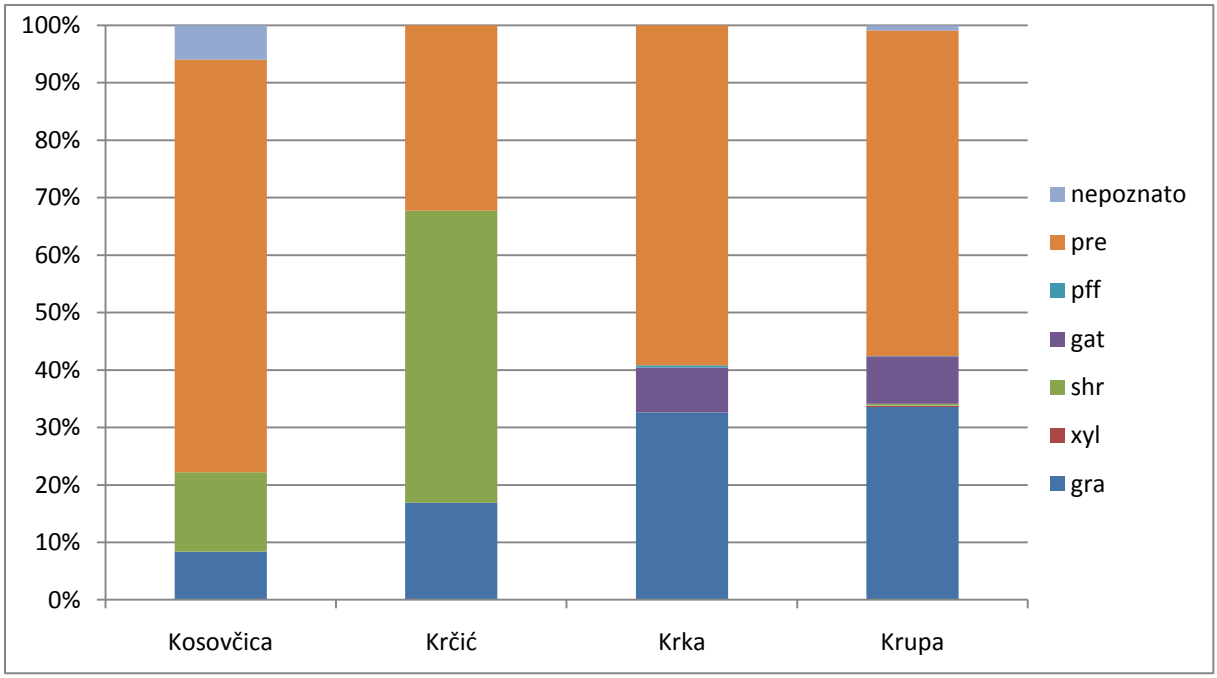
IZVOR	S	N	J'	H'	λ
Kosovčica	4	800	0,722	1,001	0,555
Krčić	2	1456	0,619	0,429	0,261
Krka	4	3568	0,634	0,880	0,526
Krupa	8	3440	0,413	0,860	0,521

Prema rezultatima multidimenzionalnog skaliranja (MDS) možemo uočiti da se jedinke tulara (Trichoptera, Insecta) Krupe i Krke grupiraju sa 40 % sličnosti, dok se, zajedno sa ostalim izvorima, grupiraju sa 20 % sličnosti (Slika 33).



Slika 33: Analiza multidimenzionalnog skaliranja (MDS) sličnosti jedinki tulara (Trichoptera, Insecta) na izvoru rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine.

Analiza funkcionalnih hranidbenih grupa pokazala je da razlike postoje i u trofičkoj strukturi u sastavu zajednice tulara na izvorišnom dijelu istraživanih rijeka. Na svim izvorima, osim na Krčiću, najdominantnija funkcionalna hranidbena grupa su predatori koje u najvećem postotku predstavlja rod *Rhyacophila* (Slika 34). Na Krčiću dominantna funkcionalna grupa su usitnjivači koje predstavlja vrsta *Micropterna nycterobia* (Slika 34). Na izvoru Kosovčice ostale funkcionalne skupine prisutne u manjim udjelima jesu predatori - usitnjivači – strugači (*Odontocerum albicorne*), te usitnjivači – predatori (*Sericostoma* sp.). Na izvoru Krke manje zastupljene funkcionalne skupine jesu strugači – sakupljači (rod *Glossosoma*) i strugači – sakupljači – pasivni procjeđivači (*Tinodes dives*). Na izvoru Krupe manje zastupljene funkcionalne skupine jesu strugači – sakupljači (rod *Glossosoma*), strugači – ksilofagi – usitnjivači (*Lepidostoma hirtum*), predatori - usitnjivači – strugači (*Odontocerum albicorne*), te strugači – sakupljači – pasivni procjeđivači (*Tinodes rostocki*) (Slika 34).



Slika 34: Udio pojedinih funkcionalnih skupina u sastavu zajednice tulara na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe u istraživanom razdoblju od travnja 2011. godine do travnja 2012. godine (nepoznato, PRE - predatori, PFF - pasivni procjeđivači, GAT - sakupljači, SHR - usitnjivači, XYL - ksilofagi, GRA - strugači).

5. RASPRAVA

5.1. Razlike u fizikalno-kemijskim obilježjima vode na istraživanim izvorima

Osnovna fizikalno-kemijska obilježja vode su praćena i analizirana u okviru ovog istraživanja krških izvora, obzirom da imaju vrlo važan utjecaj na sastav i strukturu zajednica u svim vodenim ekosustavima (Moog, 2002; Smith i sur., 2003). Temperatura vode na istraživanim izvorima rijeke Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe bila je relativno ujednačena tijekom istraživanog razdoblja i ukazuje na mala sezonska kolebanja. Srednja vrijednost temperature vode najviša je na izvoru Kosovčice gdje je iznosila 12,3 °C, dok je vrijednost za Krčić 9,3 °C, za Krku 9,7 °C i za Krupu 10,3 °C (Tablica 1). Ovakva razlika u temperaturi vode ukazuje na različito porijeklo vode u istraživanim izvorima. Voda u izvoru Kosovčice potječe iz dubljih vodonosnika, a ne iz drenažnog sustava Dinare kao kod izvora Krčića i Krke, koji se pretežno napaja oborinskim vodama (Bonacci i sur., 2006).

Sličan trend zabilježen je i kod drugih fizikalno-kemijskih obilježja, npr. provodljivosti i alkaliniteta. I kod navedenih parametara zabilježene su više vrijednosti na izvoru Kosovčice od onih zabilježenih na preostala tri izvora (Tablice 5 i 6, Slike 12 i 13). Obzirom da one ovise o geološkoj podlozi terena koja je građena od karbonatnih naslaga, dulji kontakt vode s takvom podlogom uzrokovati će povećani ionski sastav karbonata i bikarbonata, te povećanu električnu vodljivost (Ostojić i sur., 2012). Više vrijednosti ovih parametara zabilježene na izvoru Kosovčice, također ukazuju na razlike u porijeklu vode istraživanih izvora.

Srednje pH vrijednosti na istraživanim izvorima su izrazito ujednačene (Kosovčica, Krupa i Krka (7,6), Krčić (7,7), iako postoje sezonska kolebanja. Voda je uglavnom neutralnog do blago bazičnog karaktera. Takva pH-vrijednost rezultat je geološke podloge koja je sastavljena od klastičnih i karbonatnih stijena. Vapnenačke izvore općenito karakterizira relativno alkalna tvrda voda, bogata kalcijem i bikarbonatnim ionima, te smanjen udio vodikovih iona (Glazier, 2009). Vode na takvoj podlozi ponašaju se kao vode s visokim puferskim kapacitetom (Giller i Malmquist, 1998).

Na sva četiri istraživana izvora izmjerene su relativno visoke vrijednosti koncentracije otopljenog kisika i zasićenja vode kisikom, te nisu zabilježena velika sezonska kolebanja istih (srednje vrijednosti od 9,5 mg/L na izvoru Kosovčice do 11,2 mg/L na izvoru Krčića) (Tablice 2 i 3, Slike 9 i 10). Najveća odstupanja zabilježena su u siječnju 2012. godine na svim istraživanim izvorima. Međutim, opažen je različiti trend, odnosno, na izvorima Krke i Krupe u siječnju je zabilježeno najveće zasićenje vode kisikom, dok su na izvorima

Kosovčice i Krčića u istom mjesecu zabilježene najniže vrijednosti (Slika 10). Navedeni trendovi također reflektiraju razlike u porijeklu vode između navedenih izvora. Porast zasićenja vode kisikom ukazuje na povećani dotok površinske, prozračene vode, dok suprotno tome pad ukazuje na podizanje razine podzemnih voda iz dubljih vodonosnika (Van Der Kamp, 1995). Razlike u prosječnim vrijednostima i sezonskim trendovima vrijednosti osnovnih fizikalno-kemijskih obilježja vode u istraživanim izvorima ukazuju na složenu hidrologiju krških izvora, vezanu uz specifičnost režima napajanja iz podzemlja (Bonacci, i sur., 2006; Bonacci, 2009).

5.2. Usporedba sastava i strukture makrozoobentosa istraživanih izvora

Tijekom jednogodišnjeg istraživanja provedenog na četiri krška izvora, od toga tri stalna (izvor Kosovčice, Krke i Krupe) i jednog povremenog (izvor Krčića) ukupno je prikupljeno 1 962 464 jedinke po m² koje pripadaju u 33 skupine makroskopskih beskralješnjaka. Između četiri istraživana izvora postoje razlike u sastavu i gustoći zajednice, no ipak određeni broj skupina zajednički je za sva četiri izvora. Od ukupno 26 skupina na izvoru rijeke Krke, njih 20 nalazimo i na izvoru Krupe i Kosovčice, dok 15 skupina nalazimo na izvoru Krčića. Usporedbom ova četiri izvora na temelju sastava i gustoće makrozoobentosa, možemo uočiti da je veća gustoća i raznolikost zajednice makrozoobentosa prisutna na izvoru Krupe, Krke i Kosovčice koje imaju stalan površinski tok, nego na izvoru Krčića čiji tok presušuje u ljetnim mjesecima. Većina faune unutar povremenih izvora slična je sa faunom stalnih izvora. No, stalni izvori su pokazali dvostruko veću gustoću i veću raznolikost Plecoptera, Ephemeroptera i Trichoptera (posebice ličinki Trichoptera) nego povremeni izvori. Raznolikost makrozoobentosa obično je veća u stalnim vodenim tokovima nego u povremenim (Smith i sur., 2003; Barquin i Death, 2009). Gustoća ovisi o životnom ciklusu, specifičnom ponašanju, a može biti smanjena i promjenom bioloških uvjeta na staništu (Béche i sur., 2006). Sastav zajednice makrozoobentosa na izvorišnom području čvršće je povezan sa stabilnošću akvatičkog staništa, nego sa samom strukturom staništa (Smith i sur., 2003). Hidrološke varijabilnosti unutar vodenih ekosustava primarne su značajke koje kontroliraju distribuciju lotičke faune (Townsend i sur., 1987; Wood i sur., 2001).

Na izvoru rijeke Kosovčice, Krke i Krupe dominantna skupina su rakušci (Amphipoda), a zatim ih slijede kornjaši (Coleoptera), ličinke obalčara (Plecoptera), ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera), ličinke trzalaca (Chironomidae) i puževi (Gastropoda). Dominantna skupina na izvoru Krčića su, također, rakušci (Amphipoda), a zatim ih slijede ličinke trzalaca

(Chironomidae), ličinke obalčara (Plecoptera), ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera), maločetinaši (Oligochaeta) i jedinke neodređenih dvokrilaca (Diptera). Na svim istraživanim izvorima jedinke iz razreda Insecta čine značajnu komponentu makrozoobentosa. Iako ima najmanji broj skupina, Krčić ima raznoliku i najujednačeniju zajednicu makrozoobentosa, zato jer nema dominacije malog broja skupina, već su njihovi udjeli ujednačeni. Tome u prilog ide i činjenica da je najveća vrijednost ujednačenosti vrsta (Pielou-ov indeks), a samim tim i najveći Simpson-ov indeks, kao i Shannon-ov indeks na izvorima Krčića i Krupe, a onda ih slijede Krka i Kosovčica.

Na istraživanim izvorima skupina Amphipoda se ne razlikuje samo u brojnosti. Tu je riječ o različitim predstavnicima skupine Amphipoda, pa tako na izvoru Kosovčice dolaze vrste *Fontogammarus dalmatinus krkensis* Karaman, 1931 i *Gammarus balcanicus* Schaferna, 1922, a na izvoru Krke su zabilježene vrste *Echinogammarus acarinatus* Schaferna, 1923, *F. dalmatinus krkensis* i *G. balcanicus* (S. Gottstein, osobna komunikacija). Na izvoru Krupe zabilježene su vrste *Fontogammarus dalmatinus dalmatinus* Karaman, 1931, *G. balcanicus* i porodica Niphargidae, dok na izvoru rijeke Krčića dolazi vrsta *Synurella ambulans* Mueller, 1846 i porodica Niphargidae (S. Gottstein, osobna komunikacija). Predstavnici porodice Gammaridae uglavnom su najbrojniji u izvorima sa stalnim vodenim tokom, te nastanjuju površinske vode. Izuzetak je vrsta *S. ambulans* koja nastanjuje povremeni izvor Krčića. Razmnožavanje ove vrste odvija se u podzemnim vodama, na kraju sušne sezone izvora, a juvenilne jedinke pojavljuju se tijekom zime, ubrzo nakon aktiviranja toka na izvoru (Babić, 2013). Predstavnici porodice Niphargidae žive u podzemnim vodama, te su puno tolerantniji na nepovoljne uvjete u okolišu, što im omogućava preživljavanje za vrijeme sušnih razdoblja, povlačeći se za vodom koja nestaje s površine u podzemlje (Devčić, 2014).

Puževa (Gastropoda) je najviše zabilježeno na izvoru Kosovčice, a najmanje na izvoru Krčića. To možemo objasniti činjenicom da se radi o jedinkama skupine čiji životni uvjeti podrazumijevaju stalnu prisutnost vode (Smith i Wood, 2002).

Na izvoru Krupe, Krke i Krčića zabilježena je bitno veća gustoća ličinki trzalaca (Chironomidae), ličinki vodencvjetova (Ephemeroptera) i ličinki obalčara (Plecoptera) nego na izvoru Kosovčice. Veću gustoću navedenih skupina na izvoru Krčića možemo objasniti činjenicom, da u izvorima koji povremeno presušuju, gustoća ovih skupina može biti veća, s obzirom na njihovu sposobnost za brzu rekolonizaciju s ponovnim dolaskom vode na površinu (Glazier i Gooch, 1987). Williams (1996) je zabilježio da Ephemeroptera, Trichoptera i Coleoptera, te nekoliko porodica Diptera (Simuliidae, Tipulidae i

Chironomidae) imaju razvijene mehanizme za adaptaciju na povremena vodena staništa. Povremeni izvori mogu biti okarakterizirani sa pionirskim skupinama kukaca koji izlijeću iz jaja otpornih na sušu, ili koji imaju sposobnost preživljavanja u poluvodenim mikrostaništima rijeka. Takvi refugiji mogu uključivati podlogu od lišća, trulog drveća ili vlažnih rupa u supstratu (Boulton i Lake, 1992). Većina skupina zabilježena u povremenim izvorima najvjerojatnije je došla sa stalnih izvora kako bi položili jaja dok je tok još prisutan (Smith i sur., 2003).

Najveća gustoća jedinki maločetinaša (Oligochaeta) u ovom istraživanju zabilježena je na izvoru Krčića, iako u povremenim staništima ova skupina najčešće dolazi s malim brojem vrsta i malim gustoćama populacija (Williams, 2006). Međutim, najveći broj prikupljenih jedinki na ovoj postaji pripada porodici Enchytraeidae (M. Kerovec, osobna komunikacija), kod koje nalazimo akvatičke, semiakvatičke i terestričke vrste (Williams, 2006), pa je moguće da se u ovom slučaju radi o značajnom udjelu posljednje dvije kategorije. Nadalje, s malim brojem primjeraka zabilježena je vrsta *Haplotaxis gordioides* Hartmann, 1821 (M. Kerovec, osobna komunikacija), koja je prava akvatička vrsta, međutim često dolazi u podzemnim staništima (Timm, 2009).

Prema rezultatima multidimenzionalnog skaliranja (MDS) uočavamo da se zajednice makrozoobentosa Krupe i Krke grupiraju sa 80 % sličnosti, dok se, zajedno sa ostalim izvorima, grupiraju sa 60 % sličnosti. Sličnost sastava i gustoće zajednice makrozoobentosa na izvorima Krupe i Krke je vjerojatno uzrokovana sličnošću parametara koji su najvažniji za makrozoobentos, a to su temperatura vode i koncentracija otopljenog kisika. Iako izvori Krupe i Krke pokazuju veliku sličnost, Krupa ima veću brojnost, a Krka malo veću raznolikost zajednice makrozoobentosa. Razlog tomu mogu biti različite vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara, te visoke oscilacije u razini vode (Cazaubon i Giudicelli, 1999).

Na izvoru Krke najveća brojnost jedinki zabilježena je u kolovozu 2011. godine, a najmanja u ožujku 2012. godine. Na izvoru Krupe i Kosovčice najveća brojnost zabilježena je u listopadu 2011. godine, ali nakon toga javlja se značajan pad u brojnosti, te ukazuje na znatna kolebanja tijekom istraživanog perioda. Krčić, pak, najveću vrijednost pokazuje u svibnju 2011. godine, pri čemu se nakon uspostave vodenog toka, u prosincu 2011. godine, javlja pad u brojnosti makrozoobentosa. Na primjer, najveća gustoća jedinki *Synurella* sp., ličinki trzalaca (Chironomidae) i ličinki vodencvjetova (Ephemeroptera) zabilježena je u svibnju 2011. godine, kad je zabilježene i najveće vrijednosti temperature vode i pH. Nakon ponovne uspostave toka, spomenute jedinke se opet pojavljuju, ali u znatno manjem broju.

To kolebanje u brojnosti, ali i sastavu faune, možemo povezati sa činjenicom da su temperatura vode i protok vode dominantni faktori koji utječu na zajednicu makrozoobentosa (Smith i sur., 2003). Za povremene vodotoke karakteristična je sezonska sukcesija glede pojave određenih skupina makrozoobentosa, npr. ličinke vodencvjetova obično se pojavljuju u velikom broju upravo u proljeće prije potpunog presušivanja (Williams i Feltmate, 1992).



Slika 35: Brojne jedinke skupine vodencvjetova (Insecta, Ephemeroptera) na izvoru Krčića u proljeće prije potpunog presušivanja (Foto: A. Previšić).

No, izvor Krke je manje više stalan, vjerojatno nema velikih razlika u protoku tijekom godine, pa kolebanja u sastavu i brojnosti faune nisu značajno izražena. Kod Kosovčice i Krupe očito postoje velike razlike, te je tijekom zime vjerojatno puno veći protok, pa i samo otplavljivanje organizama (u kombinaciji sa njihovim životnim ciklusima) i organskog materijala, što se u konačnici odražava na sastav i brojnost faune. Smith (2003) predlaže da fluktuacije protoka imaju puno značajniji utjecaj na zajednicu makrozoobentosa i njezin sastav nego što ima struktura staništa u tekućicama, te samim time naglašava važnost fluktuacije protoka na oblikovanje strukture staništa. Struktura staništa i sezonske varijacije u količini vode ovise o brojnim faktorima, kao što su precipitacija, područje gdje se izvor nalazi, topografija, reljef,

podloga, način korištenja okolnog zemljišta, te povezanost izvora sa podzemnim vodonosnikom (Gooch i Glazier, 1991). Izvori koji se prihranjuju vodom iz više različitih područja mogu razviti različite tipove zajednica, kao rezultat drukčijih fizikalno-kemijskih karakteristika (Williams i sur., 1997).

5.3. Sastav i struktura zajednice makrozoobentosa na različitim mikrostaništima istraživanih izvora

Na području izvora Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe uzeti su uzorci sa različitih mikrostaništa, i to sa mahovine (S1), valutica (S2) i šljunka (S3). Rezultati su pokazali da je najveća gustoća makrozoobentosa zabilježena na mahovini, osim na izvoru Kosovčice, gdje je najveća gustoća zabilježena na šljunku. Najmanja gustoća makrozoobentosa na svim istraživanim izvorima zabilježena je na valuticama. Zastupljenost makrozoobentosa, njegova raznolikost i distribucija na mikrostaništima je pod utjecajem tipa supstrata i gustoće makrofita (Harper i sur., 1995). Zajednica makrozoobentosa u mahovini pronalazi mikrostanište, jer mahovina predstavlja zaklon od struje vode, predatora, kompeticije s drugim vrstama makrozoobentosa, zarobljuje velike količine detritusa, te na taj način postaje bogati izvor hrane (Popijač, 2003). Na izvoru Kosovčice najveća gustoća makrozoobentosa je zabilježena na šljunku, a nešto malo manja na mahovini. Prema Đuriću (2009) to možemo objasniti činjenicom da određene vrste, kao što je *Fontogammarus dalmatinus krkensis,* s porastom ukupne dužine tijela više ne preferiraju mahovinu kao dobar zaklon pred strujom vode, te da veće životinje među mahovinom više ne nalaze dovoljno prikladnih izvora hrane. Veću zastupljenost puževa (Gastropoda) na kamenitom supstratu na istraživanim izvorima, možemo objasniti činjenicom da određene vrste nastanjuju isključivo čvrsti supstrat, jer im to omogućuje lakše hranjenje struganjem (Pekez, 2013). Također, jedna od mogućnosti može biti da se puževi svojom površinom stopala prilijepe za kamenu podlogu, te na taj način odupiru snažnom protoku vode. Na ranije provedenom istraživanju makrozoobentosa na rijeci Cetini (Vučković i sur., 2009) najveća gustoća puževa zabilježena je u makrofitima i mahovini. Međutim, u ovom istraživanju to nije potvrđeno.

5.4. Usporedba sastava i strukture tulara (Trichoptera, Insecta) istraživanih izvora

Tijekom jednogodišnjeg istraživanja provedenog na četiri spomenuta krška izvora ukupno je prikupljeno 9 264 jedinka tulara (Trichoptera, Insecta) po m², te je zabilježeno 7 vrsta, 4 roda i 8 porodica. Tijekom istraživanja, također su, zamijećene oscilacije u gustoći tulara, što se odrazilo na različitu brojnost ovisno o razdoblju uzorkovanja. Najveća gustoća jedinki tulara

zabilježena je na izvoru Krke, zatim Krupe i Krčića, a najmanja na izvoru Kosovčice. Od ukupno 8 porodica, 6 ih je zabilježeno na izvoru Krupe, 4 na Kosovčici, 3 na Krki, te 2 na izvoru Krčića. Općeniti trend raznolikosti se razlikuje od gustoće jedinki, tj. najveća raznolikost zajednice tulara zabilježena je na izvoru Kosovčice, zatim slijede izvori Krke, Krupe, te Krčića (Tablica 25). Na svim istraživanim izvorima najbrojniji je rod *Rhyacophila,* osim na izvoru Krčića gdje su dominantni predstavnici porodice Limnephilidae, odnosno vrsta *Micropterna nycterobia*. Raznolikost je određena udjelima pojedinih vrsta, odnosno najveća je u zajednicama koje imaju najujednačeniji sastav, stoga ovakvi rezultati nisu neočekivani.

Slična gustoća jedinki po m² zabilježena je na izvorima Krke i Krupe, no glede broja skupina tulara prednjači rijeka Krupa. Jedino su u ovom izvoru zabilježene vrste *Rhyacophila balcanica, Tinodes rostocki* i *Lepidostoma hirtum*. Također, prema rezultatima multidimenzionalnog skaliranja (MDS) (Slika 33) jedinke tulara se na izvoru Krupe i Krke grupiraju sa 40 % sličnosti, dok se, zajedno sa ostalim izvorima, grupiraju sa 20 % sličnosti. To je vjerojatno uzrokovano sličnošću fizikalno-kemijskih parametara koji su najvažniji za tulare, odnosno temperature vode i zasićenosti kisikom (Moog, 2002).

Najveća zastupljenost tulara na stalnim izvorima zabilježena je u proljetnim mjesecima. Obzirom da najveći dio vrsta tulara izlijeće tijekom ljetnih mjeseci, u proljetnim mjesecima prisutne su najveće gustoće ličinki (Graf i sur., 2008). Kod Kosovčice je, pak, nakon najveće brojnosti u ožujku 2012. godine, značajna gustoća uočena u listopadu 2011. godine, gdje je u velikom broju zastupljena vrsta *Odontocerum albicorne*. Navedeni podatak je u skladu sa životnim ciklusom ove vrste kod koje se glavni dio razvoja ličinačkih stadija odvija u zimu, te proljeće i jesen (Graf i sur., 2008).

Krčić ima veću gustoću jediki po m² od izvora Kosovčice, ali manju raznolikost zajednice tulara. S početkom pojave površinskog toka zabilježena je najveća brojnost jedinki vrste *M. nycterobia,* a iza nje se u malom broju nalaze jedinke roda *Rhyacophila*. Neke vrste porodice Limnephilidae, kao što je vrsta *M. nycterobia* su karakteristični predstavnici povremenih izvora koji presušuju (Meyer i Meyer, 2000; Graf i sur., 2008). Spomenute vrste imaju razvijene različite adaptacijske sposobnosti kojima se prilagođavaju temporalnim i nestabilnim životnim uvjetima. Neke od njih su dijapauza jajašaca i stadij mirovanja odraslih jedinki tijekom ljetnog perioda (Wood i sur., 2005; Graf i sur., 2008). Jedna od prilagodbi je i produženi letni period u ljetnim mjesecima. Crichton (1971) je tu prilagodbu dokazao upravo na vrstama iz porodice Limnephilidae (*Limnephilus rombicus* Linnaeus, 1758, *Micropterna*

sequax McLachlan, 1875. Njihov letni period je bio produljen u trajanju od 6 mjeseci od proljeća do jeseni. Bouvet (1976, 1978) je primjetio kako vrste iz roda *Micropterna* provode šest do osam tjedana u dugoj dijapauzi, i to u vlažnim i hladnim krškim špiljama ili adekvatnim pukotinama. Pošto sušna faza na izvoru Krčića traje od lipnja do studenog, produženi letni period tulara se podudara sa njegovim sezonskim presušivanjem. Vjerojatno su okolna vegetacija i stjenovite padine, te susjedne krške špilje i u našem slučaju moguća ljetna skloništa za odrasle jedinke (Meyer i Meyer, 2000).

Analiza funkcionalnih hranidbenih grupa pokazala je da razlike postoje i u trofičkoj strukturi u sastavu zajednice tulara na istraživanim izvorima. Na svim izvorima, osim na Krčiću, dominanta funkcionalna hranidbena grupa su predatori koje u najvećem postotku predstavlja rod *Rhyacophila*. Razlog tome može biti povećana gustoća populacija plijena (Chironomidae, Hydracarina, Copepoda) u mahovini (Peckarsky, 1984). Na izvoru Krčića dominantna funkcionalna hranidbena grupa su usitnjivači koje predstavlja vrsta *M. nycterobia.* Usitnjivači su funkcionalna skupina koja je prisutna u izvorišnom, odnosno gornjem dijelu toka rijeke zbog većeg udjela krupne organske tvari (Vannote i sur., 1980). Na izvoru Krke i Krupe značajan udio imaju jedinke iz roda *Glossosoma,* vrsta *L. hirtum, T. rostocki* i *T. dives,* koje prema najvišim vrijednostima valencija, spadaju u funkcionalnu skupinu strugača. Krka i Krupa pokazuju najviše sličnosti u funkcionalnim hranidbenim grupama, kao i u sastavu zajednica tulara. Krčić i Kosovčica također imaju slične hranidbene grupe, no Krčić ima daleko veći udio usitnjivača, što se odnosi na vrstu *M. nycterobia* prilagođenu na uvjete u povremenim izvorima. Najveća gustoća tulara na izvoru Kosovčice i Krke zabilježena je na mahovini (S1), a na izvoru Krupe i Krčića na valuticama (S2).

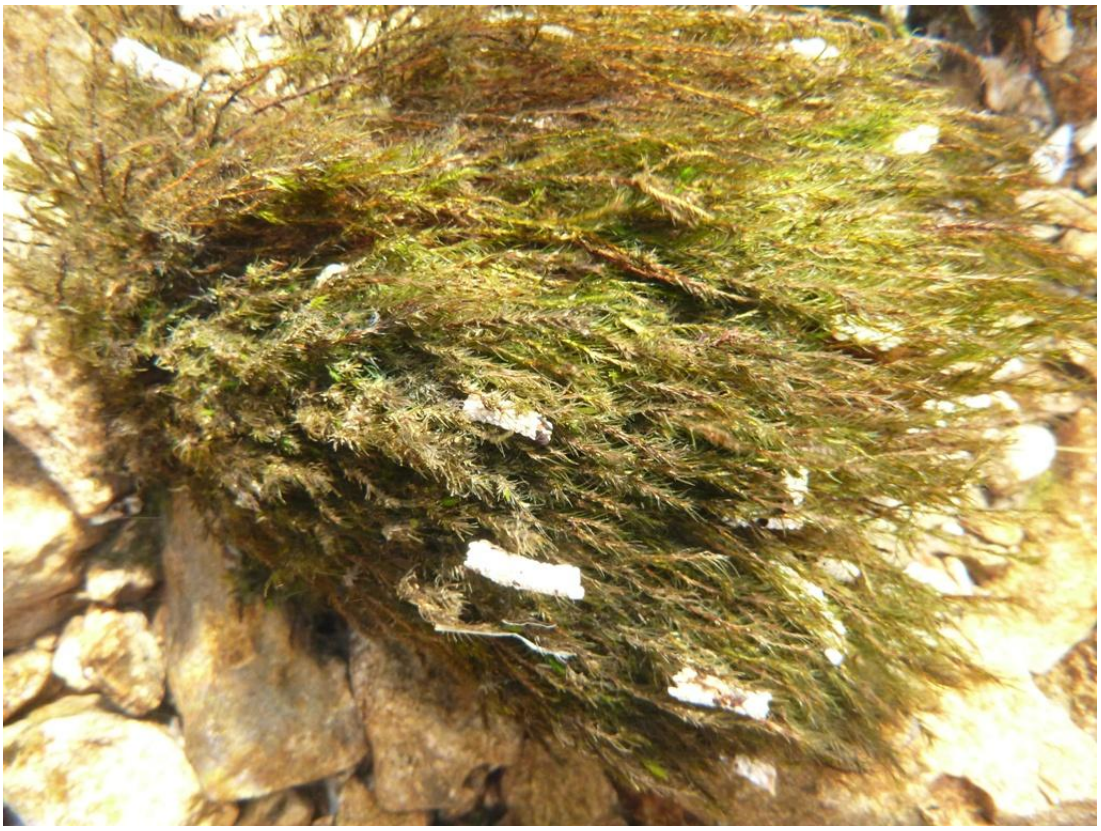
Na izvoru Krke i Kosovčice na mahovini su u najvećem broju zastupljeni predstavnici iz roda *Rhyacophila*, čije ličinke su slobodno pokretne i ne grade kućice, te spadaju u funkcionalnu hranidbenu skupinu predatora. Predatori se, očekivano, koncentriraju na onim mjestima gdje je gustoća plijena najviša (Hassel, 1978; Stephen i Krebs, 1986). Ovaj rod je također raspoređen i među ostalim tipovima staništa, ali u znatno manjem broju.

Najveću brojnost na izvoru Krupe čine predstavnici iz roda *Glossosoma*, čije su ličinke dominantni strugači na kamenim površinama. Hrane se mikroalgama, dijatomejeama, te finim česticama organske tvari smještenim na površini valutica (Hideyuki i sur., 2006). U takvom staništu ličinke su izložene struji vode i predatorima, no od toga ih štite pokretni komadići kamenja (Mackay, 1979).



Slika 36: Jedinke porodice Glossosomatidae na velikim valuticama na izvoru rijeke Krupe (Foto: A. Previšić).

Na izvoru Krčića na valuticama je u najvećem broju zastupljena vrsta *M. nycterobia*, koja pripada hranidbenoj skupini usitnjivača. Na takvim staništima prevladava veća količina krupne organske tvari (CPOM > 1 mm) koja potječe iz riparijske zone (Vannote i sur., 1980). Prema Dangels (2002) usitnjivači mogu preferirati utočišta na staništima gdje je kvaliteta hrane manja, te u takvim uvjetima rastu sporije, ali je smanjena kompeticija sa ostalim vrstama. Međutim, ova vrsta se djelomično hrani obraštajem kao strugač, te ju stoga možemo naći na kamenoj podlozi s razvijenim obraštajem (Graf i sur., 2008).



Slika 37: Jedinke vrste *Micropterna nycterobia* McLachlan, 1875 na mahovini na izvoru rijeke Krčića (Foto: A. Previšić).

6. ZAKLJUČAK

- Tijekom jednogodišnjeg istraživanja nisu zabilježena velika sezonska kolebanja fizikalno-kemijskih obilježja vode na izvorima rijeka Kosovčice, Krčića, Krke i Krupe. Razlike u fizikalno-kemijskim obilježjima između istraživanih izvora, pogotovo izvora rijeke Kosovčice, ukazuju na različito porijeklo vode. Voda u izvoru Kosovčice potječe iz dubljih vodonosnika, a ne iz drenažnog sustava Dinare koji se pretežno napaja oborinskim vodama.
- Zabilježene razlike i sličnosti u sastavu, gustoći i strukturi, te sezonskim promjenama zajednica makrozoobentosa istraživanih izvora između stalnih (izvor Kosovčice, Krke i Krupe) i jednog povremenog izvora (izvor Krčića) ukazuju na važnost stabilnih uvjeta i prisutnost stalnog površinskog toka u definiranju istih.
- U većini istraživanih izvora najveća gustoća makrozoobentosa zabilježena je u mahovini. Mahovina zbog svoje heterogenosti (zaklon od struje vode, predatora, te nudi izvor hrane) predstavlja mirkostanište s najpovoljnijim uvjetima za većinu skupina koje nalazimo u makrozoobentosu istraživanih izvora.
- Na svim istraživanim izvorima u zajednici tulara najbrojnija svojta je rod *Rhyacophila*, osim na izvoru Krčića gdje dominira vrsta *Micropterna nycterobia* koja je tipični predstavnik povremenih izvora. Veliki udio svojti sa specifičnim prilagodbama životnog ciklusa na sezonsko presušivanje karakteristično je obilježje zajednica povremenih staništa.
- Preferencija vrsta tulara prema mikrostaništima određena je njihovim biološkim značajkama, uvelike i time kojoj funkcionalnoj skupini pripadaju. Na svim izvorima, osim na Krčiću, dominanta funkcionalna skupina su predatori roda *Rhyacophila*. Najveća gustoća jedinki ovog roda zabilježena je u mahovini gdje je i najveća gustoća plijena, obzirom na najveću zabilježenu gustoću makrozoobentosa na ovom mikrostaništu. Zbog specifičnosti zajednice na povremenom izvoru, na izvoru Krčića dominantna funkcionalna skupina su usitnjivači koje predstavlja vrsta *M. nycterobia*.

7. LITERATURA

Arab, A., Lek, S., Lounaci, A., Park, Y. S., 2004. Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *Ann. Limnol-Int. J. Lim.*, 40:317-327.

Aquilina, L., Ladouche, B., Dörfliger, N., 2006. Water storage and transfer in the epikarst of karstic systems during high flow periods. *J. Hydrol.*, 327:472-485.

Babić, J., 2013. Dinamika *populacija vrste Synurella ambulans (Müller, 1846) (Crustacea, Amphipoda) u povremenom izvoru Krčić.* Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 64 str.

Barquín, J., Death, R. G., 2009. Physical and chemical differences in karst springs of Cantabria, northern Spain: do invertebrate communities correspond? *Aquat. Ecol.*, 43:445-455.

Barquín J., Scarsbrook, M. R., 2007. Management and conservation strategies for coldwater springs. *Aquat. Conserv.*, 18 (5):580-591.

Béche, L., McElravy, E. P., Resh, V. H., 2006. Long-term seasonal variation in the biological traits of benthic-macroinvertebrates in two Mediterranean-climate streams in California, U.S.A. *Freshwater Biol.*, 51:56-75.

Bonacci, O., 1985. Hydrological investigations of Dinaric karst at the Krcic catchment and the river Krka springs (Yugoslavia). *J. of Hydrol.*, 82:317-326.

Bonacci, O., 1999. Water circulation in karst and determination of catchment areas: example of the river Zrmanja, *Hydrological Sciences*, 4 (3):373-386.

Bonacci, O., 2009. Karst Landscape Ecohydrology. U: Proceedings of Eleventh International Symposium on Water Management and hydraulic Engineering; WMHE2009, Popovska C., Jovanovski M., (ur.). Skopje: Faculty of Civil Engineering, Skopje, 781-790.

Bonacci O., Perica S., 1990. Specifičnosti hidrologije sliva Krke. 85-115. U: Kerovec, M. (ur.). Zbornik radova sa Simpozija „NP Krka – stanje istraženosti i problemi zaštite ekosistema“. Ekološke monografije. *Hrvatsko ekološko društvo*, 2:1-604.

Bonacci, O., Ljubenkov I., Roje Bonacci, T., 2006. Karst flash floods; an example from the Dinaric Karst Croatia. *Nat. Hazard. Earth Sys., (NHESS)*, 6 (2):195-203.

Bonada, N., Resh, V. H., 2013. Mediterranean-climate streams and rivers: geographically separated but ecologically comparable freshwater systems. *Hydrobiologia*, 719:1-29.

Botosaneanu, L., 1998. Studies in Crenobiology: The Biology of Springs and Springbrooks. Backhuys Publishers, Leiden, 261 str.

Boulton, A. J., Lake, P. S., 1992. The ecology of two intermittent streams in Victoria, Australia. II. Comparisons of faunal composition between habitats, rivers and years. *Freshwater Biol.*, 27:99-121.

Bouvet, Y., 1976. Ecologie et réproduction chez les Trichoptères cavernicoles du groupe de *Stenophylax* (Limnephilidae, Stenophylacini). *Proc. 1. Int. Symp. Trichoptera*, 1974:105-109.

Bouvet, Y., 1978. Adaptions physiologiques et comportementales de *Stenophylax* (Limnephilidae) aux eaux temporaires. *Proc. 2. Int. Symp. Trichoptera*, 1977:117-119.

Burić, I., 2006. Vodni sustavi slivnog područja rijeke Zrmanje. Magistarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb, 47 str.

Cazaubon, J. J., Giudicelli, J., 1999. Impact of the residual flow on the physical characteristics and bentic community (algae, invertebrates) of a regulated Mediterranean river: the Durance, France. *Regul. River.,* 15:441-461.

Clarke, K. R., Gorley, R.N., 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

Crichton, M. I., 1971. A study of caddis flies (Trichoptera) of the family Limnephilidae, based on the Rothamsted Insect Survey, 1969-68. *J. Zool.*, 163:533-563.

Dangels, O., 2002. Aggregation of shredder invertebrates associated with benthic detrital pools in seven headwater forested streams. *Verh. Internat. Verein. Limnol*., 28:1-4.

Danks, H. V., Williams, D. D., 1991. Arthropods of springs, with particular reference to Canada: synthesis and needs for research. *Mem. Entomol. Soc. Can*., 155:203–217.

Devčić, B., 2014. Sintopijski sinergizam nadzemnih rakušaca (Amphipoda, Gammaridae) na različitm mikrostaništima izvora rijeke Krupe. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 42 str.

Đurić, P., 2009. Rasprostranjenost i ekologija endemske vrste *Fontogammarus dalmatinus* S. Karaman (Amphipoda, Gammaridae) u slivu Zrmanje i Krke. Magistarski rad, Prirodoslovno- matematički fakultet, Zagreb, 109 str.

Erman, N. A., Erman D. C., 1995. Spring Permanence, Trichoptera Species Richness, and the Role of Drought. *J. Kans. Entomol. Soc*., 68:50–64.

Ferrington, L.C., 1995. Biodiversity of aquatic insects and other invertebrates in springs: introduction. *J. Kans. Entomol. Soc*., 68:1-3.

Friganović M., 1990. Geografske značajke i vrednote rijeke Krke. 1-14. U: Kerovec, M. (ur.). Zbornik radova sa simpozija „NP Krka – stanje istraženosti i problemi zaštite". Ekološke monografije. *Hrvatsko ekološko društvo*, vol.2:1-604.

Fritz, F., 1972. Razvitak gornjeg toka rijeke Zrmanje (Morphological evolution of the upper Zrmanja course). *Carsus Jugoslaviae* 8/1, JAZU, Zagreb, 1-19.

Fritz F., Pavičić A., Renić A., 1990. Porijeklo voda u Nacionalnom parku „Krka“. 115-126. U: Kerovec, M. (ur.). Zbornik radova sa simpozija „NP Krka – stanje istraženosti i problemi zaštite“. Ekološke monografije. *Hrvatsko ekološko društvo*, vol.2:1-604.

Graf, W., Grasser, U., Waringer, J., 2002. Trichoptera. Part III. U: Moog, O. (ur.). Fauna Aquatica Austriaca, Version 2002, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Landund Forstwirtschaft, Wien, 1-41.

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

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, 1:734-755.

Glazier, D. S., Gooch, J. L., 1987. Macroinvertebrate assemblages in Pennsylvania (U.S.A.) springs. *Hydrobiologia*, 150:33-43.

Gooch, J. L., Glazier, D. S., 1991. Temporal and spatial patterns in mid-Appalachian springs. *Mem. Entomol. Soc. Can*., 155:29-49.

Gullan, P. J., Cranston, P. S., 2010. The Insects: *An Outline of Entomology*. Wiley – Blackwell, Oxford, 590 str.

Harper, D. M., Smith, C., Barham, P., Howell, R., 1995. The ecological basis for the management of the natural environment. U: Harper, D. M., Ferguson, A. J. (ur.). The Ecological Basis for River Management. *John Wiley and Sons*, Chichester, 59-78.

Hassel, M. P., 1978. The dynamics of arthropod predator prey systems. Princeton University Press, Princeton, N.J., 237 str.

Hideyuki, D., Izumi, K., Eisuke, K., 2006. The use of algal-mat habitats by aquatic insect grazers: effects of microalgal cues. *Basic Appl. Ecol*., 7:153-158.

Hoffsten, P.-O., Malmqvist B., 2000. The macroinvertebrate fauna and hydrogeology of springs in central Sweden. *Hydrobiologia*, 436:91-104.

Holzenthal, R. W., Blahnik, R. J., Prather, A. L., Kjer, K. M., 2007. Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. U: Zhang, Z.Q. i Shear, W.A. (ur.). Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy. *Zootaxa*, 1668:639-698.

Ito, T., 1998. The biology of the primitive, distinctly crenophilic caddisflies, Ptilocolepinae (Trichoptera, Hydroptilidae). A review. U: Botosaneanu, L. (ur.), Studies in Crenobiology: The Biology of Springs and Springbrooks. Backhuys Publishers, Leiden, 85-94.

Jukić, D., 2006. Kontinuirane wavelet-transformacije i njihova primjena na sliv Krčića i izvora Krke. *Hrvatska vodoprivreda*, 38:23-39.

Mackay, R. J., 1979. Ecological diversity in Trichoptera. *Annu. Rev. Entomol.*, 24:185-208.

Malicky, H., 2004. Atlas of European Trichoptera. Springer Dordrecht, 359 str.

Marguš, D., Babačić Ajduk, A., Zekanović, H., Dragutin, T., 2011. Značajni krajobraz „Rijeka Krčić", 79-85. U: Marguš, D. (ur.). Zaštićene prirodne vrijednosti Šibensko – kninske županije. Javna ustanova za upravljanje zaštićenim područjima i drugim prirodnim vrijednostima na području Šibensko – kninske županije. Šibenik, 1-141.

Meyer, A., Meyer, E. I., 2000. Discharge regime and the effect of drying on macroinvertebrate communities in a temporary karst stream in East Westphalia (Germany). *Aquat. Sci*., 62:216-231.

Meyer, A., Meyer, E.I.,, Meyer, C., 2003. Lotic communities of two small temporary karstic stream systems (East Westphalia, Germany) along a longitudinal gradient of hydrological intermittency. *Limnologica*, 33:271-279.

Mihaljević, Z., Kerovec, M., Mrakovčić, M., Plenković, A., Alegro, A., Primc-Habdija, B., 2011. Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama 200/60/EC) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinarske ekoregije, Studija, Knjiga 1, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Biološki odsjek, Zagreb, 351 str.

Mihevc, A., Prelovšek, M., Zupan Hajna, N., 2010. Introduction to the Dinaric karst. Karst Research Institute at Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Postojna, Slovenia, 71 str.

Moog, O., 2002. Fauna aquatica austriaca. Edition 2002. Wasserwirtschaftskataster Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 684 str.

Moog, O., Schmidt-Kloiber, A., Koller-Kreimel, V., 2010. ECOPROF Version 3.2 – software for assessing the ecologocal water quality of running waters according the Water Framework Directive. http://www.ecoprof.at. (pristupila 10. rujna 2014.)

Morais, M., Pinto, P., Guilherme, P., Rosado, J., Antunes, I., 2004. Assessment of temporary streams: the robustness of metric and multimetric indices under different hydrological conditions. *Hydrobiologia*, 516:229-249.

Morse, J. C., 2003. Trichoptera (caddisflies). U: Resh, V. H. i Carde, R.T. (ur.) *Encyclopedia of Insects*. Academic press, San Diego, 1145-1151.

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

Otto, C., 1981. Why does duration of flight period differ in caddisflies? *Oikos*, 37:383-386.

Peckarsky, B. L., 1984. Predator-prey interactions among aquatic insects. U: Resh, V. H. i Rosenberg, D. M. (ur.). *The Ecology of Aquatic Insects*. Praeger Publishers, New York, 196-254.

Pekez, M., 2013. Invazivne vrste vodenih beskralježnjaka u rijeci Dravi na području grada Osijeka. Magistarski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Odjel za biologiju, Osijek, 79 str.

Penzar B., Penzar I., 1990. Vrijeme i klima područja Krke. 51-84. U: Kerovec, M. (ur.). Zbornik radova sa Simpozija „NP Krka – stanje istraženosti i problemi zaštite ekosistema". Ekološke monografije, *Hrvatsko ekološko društvo*, vol.2:1-604.

Perica D., Orešić D., Trajbar S., 2005. Geomorfološka obilježja doline i poriječja rijeke Krke s osvrtom na dio od Knina do Bilušića buka, *Geoadria,* 10(2):131-156.

Polšak, A., Korolija, B., Fritz, F., Božičević, S., 1990. Geološka i hidrogeološka obilježja nacionalnog parka "Krka". 15-50. U: Kerovec, M. (ur.). Zbornik radova sa simpozija „NP Krka – stanje istraženosti i problemi zaštite". Ekološke monografije. *Hrvatsko ekološko društvo*, vol.2:1-604.

Ponder, W. F., 1985. South Australian mound springs: relict faunas in the desert. *Aust. Nat. Hist.*, 21:352-355.

Popijač, A., 2003. Makrozoobentos i trofička obilježja akumulacija Jezero i Ponikve na otoku Krku. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 100 str.

Ryen, M., Meiman J., 1996. An examination of short-term variations in water quality in a karst spring in Kentucky. *Groundwater,* 34:23-30.

Samokovlija Dragičević, J., 2007. Plan upravljanja slivom rijeke Krke, Građevinar, 59 (7):645-651.

Sansoni G., Ghetti P. F., 1992. Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani. Stazione sperimentale agraria forestale (Trento, Italia). Servizio protezione ambiente. Trento, 190 str.

Sharma, K. K., Chowdhary, S., 2011. Macroinvertebrate assemblages as biological indicators of pollution in a Central Himalayan River, Tawi (J&K). *Int. J. Biodivers. Conserv.,* 3:167-174.

Smith H., Wood P. J., 2002. Flow permanence and macroinvertebrate community variability in limestone spring systems *Hydrobiologia,* 487:45-58.

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.

Srdoč, D., 1990. Taloženje sedre u krškim vodama. 205-209. U: Kerovec, M. (ur.). Zbornik radova sa Simpozija „NP Krka – stanje istraženosti i problemi zaštite ekosistema". Ekološke monografije, *Hrvatsko ekološko društvo*, vol.2:1-604.

Stephens, D. W., Krebs, J. R., 1986. Foraging theory. Princeton University Press, Princeton, N.J. 247 str.

Šafarek, G., Šolić, T., 2011. Rijeke Hrvatske. Izdavačka kuća Veda, Križevci, 326 str.

Šegota, T., 1968. Morska razina u holocenu i mlađem Würmu, *Geografski glasnik*, 30:15-39.

Tagliapietra, D., Sigovini, M., 2010. Benthic fauna: collection and identification of macrobenthic invertebrates. *Terre et Environnement*, 88:253-261.

Timm, T., 2009. A quide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe. Lauterbornia, 66:1-235.

Townsend, C. R., Hildrew, A. G., Schofield, K., 1987. Persistence of stream communities in relation to environmental variability. *J. anim. Ecol*., 56:597-613.

Uys, M., O'Keeffe, J.H., 1997. Simple words and fuzzy zones: early directions for temporary river research in South Africa. *Environ. Manage*., 21:517-531.

van der Kamp, G., 1995. The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: a review. *J. Kans. Entomol. Soc. Suppl*., 68:4-17.

van Everdingen, R.O., 1991. Physical, chemical, and distributional aspects of Canadian springs. *Mem. Ent. Soc. Can.*, 155:7-28.

Vannote, L., Minshall, W., Cummins, W., Sedall, R., Cushing, E., 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*., 37:130-137.

Vučković, I., Božak, I., Ivković, M., Jelenčić, M., Kerovec, M., Popijač, M., Previšić, A., Širac, S., Zrinski, I., Kučinić, M., 2009. Composition and structure of benthic macroinvertebrate communities in the Mediterranean karst river the Cetina and its tributary the Ruda, Croatia. *Nat. Cro.*, 18:49-82.

Žugaj R., Marković V., 1990. Karakteristike vodnog režima rijeke Krke. 127-138. U: Kerovec, M. (ur.). Zbornik radova sa simpozija „NP Krka – stanje istraženosti i problemi zaštite“. Ekološke monografije. *Hrvatsko ekološko društvo*, vol.2:1-604.

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

Webb, D. W., Wetzel, M. J., Reed, P. C., Phillippe, L. R., Young, T. C., 1998. The macroinvertebrate biodiversity, water quality, and hydrogeology of ten karst springs in the Salem Plateau Section of Illinois, U.S.A. U: Botosaneanu, L. (ur.), Studies in Crenobiology: The Biology of Springs and Springbrooks. Backhuys Publishers, Leiden, 39-48.

Williams, D. D., 1991. The spring as an interface between groundwater and lotic faunas and as a tool in assessing groundwater quality. *Verh. int. Ver. Theor. Angew. Limnol*., 24:1621-1624.

Williams, D. D., 1996. Environmental constraints in temporary fresh waters and their consequences for the insect fauna. *J. N. Am. benthol. Soc.*, 15:634-650.

Williams, D. D., 2006. The Biology of Temporary Waters. Oxford University Press, Oxford, 337 str.

Williams, D.D., Feltmate, B.W., 1992. Aquatic insects. C:A:B: International, Wallingford, Oxford, 358 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, 251-261.

Williams, D. D., Williams N. E., Cao Y., 1997. Spatial differences in macroinvertebrate community structure in southeastern Ontario in relation to their chemical and physical environments. *Can. J. Zoolog.*, 75:1404-1414.

Williams, D.D., Danks, H.V., Smith, I.M., Ring, R.A., Cannings, R.A., 1990. Freshwater springs: A national heritage. U: *The entomological society of Canada, Supplement to the Bulletin*, vol. 22 (1):1-9.

Wood, P. J., Gunn, J., Smith, H., Abas-Kutty, A., 2005. Flow permanence and macroinvertebrate community diversity within groundwater dominated headwater streams and springs. *Hydrobiologia*, 545:55-64.

Wood, P. J., Hannah, D. M., Agnew, M. D., Petts, G. E., 2001. Scales of hydroecological variability within a groundwater-dominated stream. *Regul. Rivers: Res. Manage*., 17:347-367.

URL 1: http://www.dzzp.hr/dokumenti_upload/20100527/dzzp201005271405280.pdf (prisutpila 5. 10. 2014.)

URL 2: http://www.crorivers.com/popis-rijeka_zrmanja-opcenito.php (pristupila 2. 11. 2014.)