

# Makrozoobentos litala izvorišnog dijela rijeke Rude

---

Herceg, Nives

Master's thesis / Diplomski rad

2009

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:105313>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Nives Herceg

MAKROZOOBENTOS LITALA IZVORIŠNOG DIJELA RIJEKE  
RUDE

Diplomski rad

Zagreb, 2009.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
thesis  
Faculty of Science  
Division of Biology

Graduation

### MACROZOOBENTHOS OF LITAL SPRING AREA OF THE RIVER RUDA

Nives Herceg  
Division of Biology, Faculty of Science,  
University of Zagreb,  
Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia

Key words: macrozoobenthos, lital, spring, Ruda

On the two investigation stations in the spring area of the river Ruda physico-chemical water parameters (temperature, dissolved oxygen concentration, oxygen saturation, pH, conductivity, alkalinity) were measured and samples of macroinvertebrates were also collected. Research period was from the August of 2004 to August of 2005. Nineteen groups of macrozoobenthos were determined. The researched stations and their lital microhabitats were mutually compared. The most abundant groups of macrozoobenthos on the both stations were Amphipoda, Gastropoda and Ephemeroptera. On the station Spring Ruda the most numerous taxon was Gastropoda, while the most numerous taxon Ephemeroptera was found on station Ruda 2. The station Spring Ruda was more abundant with macrozoobenthos. On both investigation stations the most diversity of macrozoobenthos was found on macrolital and mesolital microhabitats with seventeen groups of macrozoobenthos and the least diversity of macrozoobenthos was found on microlital and alkal microhabitats with fourteen groups of macrozoobenthos. On microlital and alkal microhabitats group Plecoptera shown relative numerous of species.

( 58 pages, 25 figures, 10 tables, original in Croatian)

Thesis is stored in the central biological library.

Supervisor: Zlatko Mihaljević, PhD, Assist. Prof.  
Assistant supervisor: Aleksandar Popijač, PhD  
Reviewers: Zdravko Dolenc, PhD, Professor.  
Dubravka Matković-Čalogović, PhD, Assist. Prof.  
Davor Kovačević, PhD, Professor  
Ivančica Ternjej, PhD, Assist. Prof.  
Thesis accepted: 1.07.2009.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

# MAKROZOOBENTOS LITALA IZVORIŠNOG DIJELA RIJEKE RUDE

Nives Herceg  
Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta  
Sveučilišta u Zagrebu,  
Rooseveltov trg 6, Zagreb

Ključne riječi: makrozoobentos, lital, izvor, Ruda

Na postajama Izvor Rude i Ruda 2, na izvorišnom dijelu rijeke Rude, mjereni su fizikalno-kemijski parametri vode (temperatura, koncentracija otopljenog kisika, zasićenje vode kisikom, pH, provodljivost, alkalinitet) i prikupljeni uzorci makrozoobentosa. Razdoblje istraživanja trajalo je od kolovoza 2004. do kolovoza 2005. godine. Ukupno je utvrđeno devetnaest skupina makrozoobentosa koji su određivani najdalje do razine porodice. Međusobno su uspoređivane istraživane postaje Izvor Rude i Ruda 2 i mikrostaništa litala unutar postaja. Najbrojnije skupine makrozoobentosa, na obje postaje, bile su Amphipoda, Gastropoda i Ephemeroptera. Na postaji Izvor Rude prevladava skupina Gastropoda, dok skupina Ephemeroptera prevladava na postaji Ruda 2. Postaja Izvor Rude odlikuje se većom brojnošću jedinki makroskopskih beskralješnjaka. Na obje istraživane postaje najveća je raznolikost zajednica utvrđena na mikrostaništu makrolitala i mesolitala sa ukupno sedamnaest skupina makrozoobentosa, a najmanja na mikrostaništu mikroalkala i alkala sa ukupno četrnaest skupina makrozoobentosa. Na mikrostaništu mikrolital i alkal relativno su brojni i predstavnici Plecoptera.

( 58 stranica, 25 slika, 10 tablica, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u središnjoj biološkoj knjižnici.

Voditelj: Dr. sc. Zlatko Mihaljević, doc.  
Pomoćni voditelj: Dr. sc. Aleksandar Popijač, viši asistent  
Ocjenitelji: Dr. sc. Zdravko Dolenc, doc.  
Dr. sc. Dubravka Matković-Čalogović  
Dr. sc. Davor Kovačević, izvan. prof.  
Zamjena: Dr. sc. Ivančica Ternjej, doc

Rad prihvaćen: 1.07.2009

## SADRŽAJ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. UVOD .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. Površinske kopnene vode .....  | 1         |
| 1.2. Obilježja površinskih kopnenih voda .....                                  | 1         |
| 1.3. Tekućice .....   | 2         |
| 1.3.1. Rijeke.....  | 2         |
| 1.3.2. Izvori .....   | 3         |
| 1.4. Različiti tipovi supstrata kao važna mikrostaništa za makrozoobentos ..... | 7         |
| 1.5. Ciljevi istraživanja .....   | 8         |
| <b>2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....</b>   | <b>9</b>  |
| 2.1. Geografski položaj .....   | 9         |
| 2.2. Reljef .....   | 9         |
| 2.3. Klima .....  | 10        |
| 2.4. Geologija .....  | 11        |
| 2.5. Hidrologija .....  | 11        |
| 2.7. Postaje uzorkovanja .....  | 14        |
| <b>3. MATERIJALI I METODE .....</b>   | <b>18</b> |
| 3.1. Mjerenje fizikalno – kemijskih parametara vode .....                       | 18        |
| 3.2. Uzorkovanje makrozoobentosa .....  | 18        |
| 3.3. Obrada sakupljene makrofaune .....   | 18        |
| <b>4. REZULTATI .....</b>   | <b>20</b> |
| 4.1. Fizikalno – kemijski parametri vode .....                                  | 20        |
| 4.1.1. Temperatura .....  | 20        |
| 4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika .....                                    | 22        |
| 4.1.3. Zasićenje vode kisikom .....   | 23        |
| 4.1.4. pH .....   | 24        |
| 4.1.5. Provodljivost .....  | 25        |
| 4.1.6. Alkalinitet (vezani CO <sub>2</sub> u vodi) .....                        | 26        |
| 4.2. Pregled sastava makrozoobentosa .....                                      | 27        |
| 4.2.1. Makrozoobentos na postaji Izvor Rude .....                               | 28        |
| 4.2.2. Makrozoobentos na postaji Ruda 2 .....                                   | 30        |
| 4.2.3. Usporedba postaja.....   | 31        |
| 4.2.4. Usporedba mikrostaništa .....  | 32        |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>5. RASPRAVA.....</b>    | <b>43</b> |
| <b>6. ZAKLJUČAK .....</b>  | <b>46</b> |
| <b>7. PRILOZI.....</b>     | <b>47</b> |
| <b>8. LITERATURA .....</b> | <b>56</b> |

## 1. Uvod

### 1.1. Površinske kopnene vode

Voda je na Zemlji rasprostranjena u različitim “rezervoarima“ koje čine oceani, mora, rijeke, jezera, polarne ledene kape, atmosfera, pa čak i organizmi. Od ukupno 1,32 milijarde km<sup>3</sup> vode na Zemlji slanim vodama pripadaju mora i oceani koji čine 97% od ukupne količine vodene mase, dok na slatke ili kopnene vode otpada svega 0,51%. *Slatkim kopnenim vodama* pripadaju *podzemne* i *nadzemne* ili *površinske vode*.

Površinske kopnene vode dijelimo na:

- ◆ *Stajačice: lokve, močvare, bare, jezera*
- ◆ *Tekućice: izvori, potoci, rijeke*

Važnost kopnenih voda za održavanje života na Zemlji, a posebno čovjeka je izuzetno velika.

### 1.2. Obilježja površinskih kopnenih voda

- ◆ Kopnene vode su relativno mlade vode nastale za vrijeme ili neposredno nakon glacijacije. Najstarije jezero na Zemlji je Bajkalsko jezero, zatim jezero Tanganjika te Ohridsko jezero. S obzirom na starost ova su jezera izolirana i stoga obiluju endemima i reliktima.
- ◆ Kopnene vode su oštro odvojene, izolirane jedne od drugih npr. rijeke Krka, Zrmanja, Neretva. Na području Hrvatske jedne rijeke odvede vodu u Crno, a druge u Jadransko more pa tada govorimo o Crnomorskom i Jadranskom slivu.
- ◆ Kopnene vode su površinski male. Najveće jezero je Kaspijsko jezero iako se zove jezero ima sva obilježja mora što znači da je veliko i slano, dok su sva ostala jezera površinski mala. U Hrvatskoj najveće je Vransko jezero kod Biograda (35 km<sup>2</sup>).
- ◆ Kopnene vode su relativno plitke. Bajkalsko jezero je duboko 1640 m, a Tanganjika 1400 m. U Hrvatskoj Vransko jezero na Cresu ima dubinu 73 m, a najdublje je Crveno jezero kod Imotskog koje ima dubinu 200-300 m, ovisno o količini vode, ali ono može i presušiti.

- ◆ U kopnenim vodama dominiraju karbonati. Meke vode imaju malu količinu  $\text{CaCO}_3$ , a tvrde veliku količinu  $\text{CaCO}_3$ . Granica je približno oko 300 mg soli na litru te je to prosječna količina karbonata u kopnenim vodama. Vode koje sadrže 1-2 g/L  $\text{CaCO}_3$  su mineralne (podzemne) vode ([http1](#)).

### 1.3. Tekućice

Tekućicama nazivamo vodene mase koje teku površinom, nose sa sobom rastrošen materijal koji je rezultat egzodinamskih faktora (insolacija, smrzavanje, organizmi i vjetar) i dovodi do denudacije (odnošenje rahlog tla pod utjecajem egzogenih procesa). Kretanje vode ovisi o nagibu terena, gravitaciji, geološkim karakteristikama terena (tip stijena, tektonska poremećenost) i količini vode. Voda uvijek teče smjerom najmanjeg otpora.

#### 1.3.1. Rijeke

Rijeke su vrlo dinamični sustavi. Protok i kemijske osobine rijeka mijenjaju se s klimatskim režimima. Distribucija organizama određena je brzinom protoka, udaljenošću od izvora, te prirodom riječnog sedimenta.

Rijeke karakterizira trodimenzionalna struktura:

- ◆ *Uzdužna ili longitudinalna struktura*
- ◆ *Poprečna ili lateralna struktura*
- ◆ *Vertikalna struktura*

*Uzdužna ili longitudinalna struktura* – podrazumijeva podjelu rijeka na gornji, srednji i donji dio toka.

- ◆ Gornje tokove karakterizira hladnija temperatura vode od 3-15°C, veći nagib tekućice, veća brzina vode (brza, turbulentna voda), voda je prozračnija pa je vrlo visoka koncentracija kisika, veća erozija, veliko kamenje na dnu toka, manje koncentracije nutrijenata.
- ◆ Srednji tok karakterizira srednje brza struja vode, temperature ljeti prelaze 15°C, na dnu se nalazi šljunak i valutice.



- ◆ Donje tokove rijeka karakteriziraju manje koncentracije kisika i viša temperatura koja ljeti prelazi 20°C, struja vode spora, sedimentacija je velika pa se na dnu korita nalaze pijesak i mulj, veće koncentracije nutrijenata (donji tok je produktivniji pa se troši više kisika te ga je manje nego u gornjem toku).

*Poprečna ili lateralna struktura* – podrazumijeva podjelu na središnji (najdublji) dio toka (matica), obalnu zonu, te naplavnu zonu (dio obale koji je pod vodom samo tijekom visokih vodostaja).

*Vertikalna struktura* – uključuje površinski sloj (epilimnion), srednji sloj (metalimnion) i najdublji sloj (hipolimnion), a karakteristična je za donje tokove gdje voda gotovo miruje.

### 1.3.2. Izvori

Izvori su područja gdje podzemna voda izlazi na površinu, tečenjem kroz rasjede, pukotine stijena, otvore koji nastaju djelovanjem vode na topljive stijene ili procjeđivanjem kroz podlogu, najčešće tvoreći potok, premda se u karbonatnim stijenama voda može kroz pukotine ponovno vraćati u podzemlje. Tamo gdje ne postoji geomorfološki jasno određeno mjesto gdje bi voda izbila na površinu (u depresijama), izvori tvore zamočvareno područje ili lokve. Izvori i tokovi u blizini izvora su s vrlo stabilnom temperaturom koja je blizu godišnjeg prosjeka temperature zraka određenog područja.

Izvor (*krenon* ili *krenal*) je širi pojam koji obuhvaća izvorišni dio ili *eukrenal*, koji se puni vodom iz podzemlja te se dalje formira izvorišni tok ili *hipokrenal*, nekoliko metara do nekoliko stotina metara nizvodno, na koji se nastavlja zona *epiritrala* (Smith i sur. 2003).

Pojavljaju se u tri osnovna morfološka oblika (Zollhöfer i sur. 2000):

- ◆ *reokreni*
- ◆ *limnokreni*
- ◆ *helokreni*

*Reokreni izvori* su izvori s jakim prozračivanjem vode i stjenovitom podlogom, koji izbijaju na površinu iz podzemlja pod pritiskom, neposredno tvoreći potok. Najbolje su razvijeni u planinskom području ([http 2](#)).

*Limnokreni izvori* su izvori iz kojih voda teče iz velike duboke depresije, gdje 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. Dno bazena se može sastojati i od vrlo sitnih vapnenačkih čestica koje su prekrivene mikrofitskom ili makrofitskom vegetacijom, a iz njega prodire izvorišna voda, što uvjetuje i neznatno strujanje, koje se pojačava na mjestima gdje voda otječe u izvorišni potok (http 2).

*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 (http 2).

Izvori su brojniji i izdašniji u brdskim i planinskim područjima, iako su prisutni i u nizinskim područjima, blizini mora, ali i ispod morske površine (vrulje). Veličina izvora razlikuje se od vrlo malih povremenih izvora koji se pojavljuju samo nakon obilnijih kiša i topljenja snijega do vrlo velikih stalnih izvora planinskih rijeka, ali općenito izvori se protežu na malom prostoru zbog čega su izuzetno osjetljivi na utjecaje koje na njih vrše ljudi i životinje ili koji su posljedica klimatskih promjena (Smith i sur. 2001, cit iz Kranjčević 2009.).

Limnolozi su na osnovu proučavanja 124 izvora u Švicarskoj, izuzev Alpa, utvrdili novu tipologiju izvora s obzirom na sastav makrofaune, strukturalnih obilježja i uvjeta okoliša. Podijelili su ih na (Zollhöfer i sur 2000):

- ◆ krški reokreni (krški izvori)
- ◆ sedrotvorni reokreni
- ◆ nesedrotvorni reokreni
- ◆ linearni
- ◆ aluvijalni reokreni
- ◆ limnokreni (jezerski izvori).

Prva četiri tipa izvora karakteristična su za planinske predjele, dok su posljednja dva karakteristična za riječne nizina. Prvih pet izvora su prirodni izvori, dok je posljednji rezultat ljudskog djelovanja.

*Krški reokreni izvori* odlikuju se istjecanjem velike količine slabo filtrirane podzemne vode nastale spajanjem podzemnih tokova. Kod većine izvora ovog tipa brzina istjecanja podzemne vode je velika, ali su ipak mnogi izvori u švicarskim planinskim masivima, izvan alpskog područja, tek povremeni.

*Krški sedrotvorni reokreni izvori* se mogu podijeliti u dvije skupine:

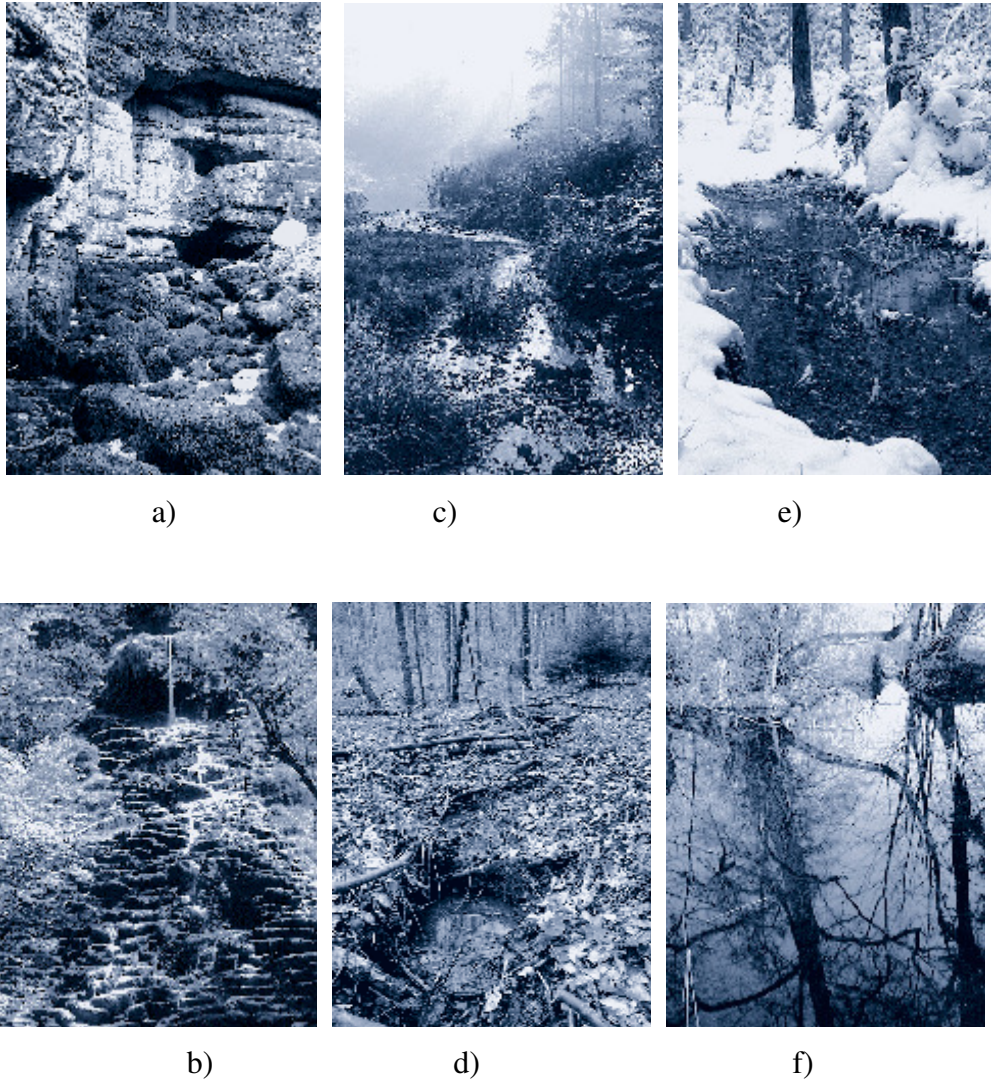
1. Siromašno sedrotvorni izvori mogu tvoriti barijere od nekoliko desetaka metara debljine, što je slično kao kod nesesdrotvornih izvora.
2. Blago sedrotvorni izvori su izvori gdje prevladava taloženje kalcita. Taloženje je uzrokovano gubitkom CO<sub>2</sub>, ali je uvijek povezano s algama i mahovinama koje zbog fotosinteze uzrokuju taloženje kalcijeva karbonata oko sebe.

*Nesesdrotvorni reokreni izvori* imaju velike sličnosti s potocima prvog reda i po morfologiji se ne razlikuju. Stalni izvori na planinskim masivima Švicarske, koji nisu prezasićeni kalcijem, su ili nesesdrotvorni reokreni ili, u slučaju slabog istjecanja vode, linearni. Dno nesesdrotvornog reokrenog izvora prekriveno je šljunkom, pijeskom, muljem i blatom.

Voda iz *linearnog izvora* se procjeđuje s dna korita u dužini od nekoliko metara, ima jedno ili više procjednih mjesta, tvoreći brojne kopneno-vodene ekotone. Stoga se istjecanje povećava s udaljenošću od gornjeg ruba izvorišnog dijela korita. Područje izlaska vode na površinu varira duž korita pa je istjecanje na mahove u ovisnosti o prethodnoj količini oborina.

Često dolazi do površinske filtracije podzemne vode u sloju zemlje ispod površinskog sloja i tako se formira *aluvijalni reokreni izvor*.

U *limnokrenim izvorima* točka izlaska podzemne vode nalazi se na dnu jezera. Zbog sporog ili nepostojećeg strujanja vode, organska tvar se nagomilava i uglavnom prekriva podlogu (Zrinski, 2006) (slika1) .



**Slika 1.** Tipovi izvora u Švicarskoj u planinskim predjelima a) krški reokreni, b) sedrotvorni reokreni, c) nesedrotvorni reokreni, d) linearni, i u riječnim kotlinama e) aluvijalni reokreni, f) limnokreni ([http 3](http://3))

### 1.4. Različiti tipovi supstrata kao važna mikrostaništa za makrozoobentos

U rijekama se pojavljuju umjetna i prirodna mikrostaništa. Umjetna mikrostaništa čine betonski zidovi i npr. metalne konstrukcije. Prirodna mikrostaništa čine anorganski i organski supstrati. Tip supstrata odlučujući je faktor rasprostranjenosti i bogatstva vodenih kukaca (Minshall 1984). Supstrat osigurava stanište, hranu i površinu gdje se nalazi hrana (alge), sklonište od predatora ili nepovoljnih fizikalnih uvjeta, omogućuje ukorijenje ili fiksaciju. Raznolikost supstrata ovisi o fizikalnoj strukturi, organskom odnosno anorganskom sastavu, stabilnosti i raznovrsnosti.

Supstrat koji se sastoji od anorganskog materijala (mulj, pijesak, šljunak, valutice, veće valutice, kameni blokovi i ploče) obično nastaje erozijom riječnih korita i obala, a oblikuje ga vodeni tok. Anorganske čestice supstrata klasificirane su prema veličini odnosno promjeru:

- ◆ *lital*
- *megalital* – veliko kamenje, blokovi i stijene; > 40 cm
- *makrolital* – veće kamenje; 20-40 cm
- *mesolital* – kamenje veličine šake, oblutak; 6-20 cm
- *mikrolital* – srednji i krupni šljunak do veličine šake, valutice; 2-6 cm
- ◆ *alkal* – sitni šljunak; 0,2-2 cm
- ◆ *psammal / psamopelal* – pijesak, organski mulj; 6 $\mu$ m-0,2cm
- ◆ *argyllal* – anorganski mulj, glina; <6  $\mu$ m

Lital i alkal imaju jedinstvenu funkciju zbog karakteristika njegove površine, dok psammal i argyllal predstavljaju trodimenzionalno stanište. Struktura supstrata je u direktnoj vezi s brzinom strujanja vode, pa tamo gdje je brzina strujanja vode veća, znači na području gornjeg toka, prevladavaju velike čestice supstrata, a kako se brzina strujanja vode nizvodno smanjuje, znači na području donjeg toka, veličina supstrata se smanjuje.

Zajednice rijeka i potoka pokazuju promjene u strukturi i sastavu skupina ovisno o vremenu i prostoru (Boyero & Bosch; Boyero, 2003 cit. iz Vučković 2009). Općenito vrijedi da u tekućicama sa stjenovitim supstratom i velikim protokom vode dolazi veći broj vrsta i jedinki nego na područjima sa muljevitim i glinastim supstratom te sporijim protokom. Sastav vodenih beskralješnjaka na kamenim podlogama je sličan sastavu bilo kojoj lokaciji gdje je prisutan takav supstrat (Hynes 1970).

### 1.5. Ciljevi istraživanja

Ciljevi ovog rada baziraju se na istraživanje izvorišnog dijela rijeke Rude budući da do sada postoji malo podataka o strukturi i sastavu makrozoobentosa.

Osnovni ciljevi su:

- ◆ utvrđivanje raspona vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara vode (temperatura, koncentracija otopljenog kisika, zasićenje vode kisikom, pH, provodnost i alkalinitet) tijekom istraživnog razdoblja;
- ◆ utvrđivanje kvantitativnog sastava i gustoće populacija makrozoobentosa na istraživnim postajama tijekom istraživnog razdoblja;
- ◆ utvrđivanje gustoće populacije i zastupljenosti predstavnika utvrđenih skupina makrozoobentosa na različitim mikrostaništima unutar istraživnih postaja tijekom istraživnog razdoblja;
- ◆ utvrđivanje razlika između pojedinih postaja te različitih mikrostaništa u sastavu makrozoobentosa tijekom istraživnog razdoblja.

## 2. Područje istraživanja

### 2.1. Geografski smještaj

Rijeka Cetina je jedan od značajnijih vodotoka u srednjem krškom obalnom području Hrvatske. Svojom ukupnom dužinom od 105 km, protječe kroz dvije županije: Šibensko-kninsku i Splitsko-dalmatinsku. Slivno područje rijeke Cetine se sastoji od dva slivna područja: sliv na području Hrvatske (1 200 km<sup>2</sup>) i sliv na području Bosne i Hercegovine (2 440 km<sup>2</sup>).

Izvor Cetine se nalazi na jugozapadnim obroncima Dinare, u krajnjem sjeverozapadnom dijelu Cetinskog polja, na nadmorskoj visini od 385 m, blizu sela Cetina, po kojem je rijeka dobila ime. Zatim rijeka teče prema jugoistoku Cetinskim poljem te utječe u akumulaciju Peruču. Nizvodno od brane Peruča dalje protječe kroz Hrvatačko polje do Hana, a zatim kroz Sinjsko polje do Trilja. Kod Trilja se rijeka ulijeva u akumulaciju Đale i nastavlja se nizvodno u akumulaciju Prančevići. Dio vode skreće dovodnim tunelom do Hidroelektrane Zakućac, a dio nastavlja teći prirodnim koritom kroz duboko usječeni kanal i kod Zadvarja čini veliki slap Gubavicu. Tu Cetina mijenja smjer i teče prema zapadu oko planine Mosor prema Omišu, gdje se ulijeva u Jadransko more.

### 2.2. Reljef

Osnovne konture u reljefu sliva Cetine nastale su u tercijaru kada se formira dinarski planinski sustav, koji dijeli prostor sliva na dva osnovna visinska prostora:

- ◆ niži kojim protječe sama rijeka Cetina (250-550 m n.v.) i koji čini topografski (izravni) dio sliva;
- ◆ viši, koji se nalazi istočno od rijeke, na kojem se nalazi 2/3 sliva (800 – 1200 m n.m.) koji čini pretežni dio podzemnog (neizravnog) dijela sliva.

Ova dva područja presijeca i dijeli planina Dinara sa svojim vrhovima Dinarom (1830 m n.v.), Slimenom (1830 m n.v.), Troglavom (1913 m n.v.) i Kamešnicom (1856 m n.v.). Izravni sliv rijeke (sliv površinskih voda) je sa zapada ograničen planinom Svilajom (1580 m n.v.), a s istoka Dinarom.

Korozijom atmosferske vode i geološkim boranjem u vapnencima nastali su brojni krški oblici, od kojih su najznačajnija krška polja. Najveća su Cetinsko-paško (450-550 m n.v. Hrvatačko (300-350 m n.v.) i Sinjsko (290-320 m n.v.) krška polja u izravnom slivnom području, a na ostalom sjevernom neizravnom slivu (podzemne vode), uglavnom na području BiH, su: Kupreško (1000-1200 m n.v.), Glamočko (850-1100 m n.v.), Livanjsko (700 m n.v.) i Duvanjsko polje (860 m n.v.). Ova polja su međusobno odijeljena manjim ili većim planinama. Od Sinjskog polja, kao zadnjeg polja u slivu, rijeka se kroz kanjon Cetine naglo, s visine od oko 300 m n.v., spušta prema moru.

Reljef je u cijelom slivu izrazito razvijen, s brojnim planinama, poljima, prijevojima i slično. Takvo stanje uvjetuje i stvara posebne hidrološke značajke koje tvore hidrološki sustav rijeke.

### 2.3. Klima

Na području riječnog bazena i okolnog područja razlikuju se dva tipa klime:

- ◆ mediteransku klimu na obalnom području karakteriziraju duga, topla i suha ljeta, te blage i vlažne zime,
- ◆ kontinentalnu klimu unutrašnjosti karakteriziraju oštre i duge zime, topla i kratka ljeta te vlažna proljeća i jeseni.

Sliv Cetine se nalazi u blizini Jadranskog mora, od kojeg je odvojen planinskim lancima visine i do 1500 m n.v., što utječe na njegova klimatska svojstva. Posebice sa jugozapada na područje sliva prodiru vlažne zračne mase što za posljedicu ima obilne oborine. Kako se sliv većinom nalazi u kontinentalnom dijelu dinarskog krškog masiva, nad njim se susreću i sukobljavaju utjecaji mediteranske i kontinentalne klime. Rezultat toga su česte izmjene vlažnih i suhих, odnosno toplih i hladnih zračnih masa, što uzrokuje složenost klimatskih svojstava tokom godine.

Prosječna godišnja temperatura zapadnog dijela, koji je pod utjecajem mediteranske klime, iznosi 12.4 °C, dok u sjeveroistočnom području sliva, gdje je značajan utjecaj kontinentalne klime, prosječna temperatura iznosi 6.9 °C.

Prosječna godišnja količina oborina u slivu Cetine iznosi 1 380 mm. Topliji dio godine je sušan stoga u razdoblju od lipnja do kolovoza padne samo 17 % godišnjih oborina dok u najvlažnijem razdoblju od listopada do prosinca padne 34 % godišnjih oborina. Od siječnja do travnja česte su poplave u krškim poljima. Poplave, u ovisnosti o



oborinskom režimu, traju od siječnja do travnja, ali i do svibnja. Oborinski režim u cetinskom slivu je također pod utjecajem zadržavanja snijega na višim nadmorskim visinama.

### 2.4. Geologija

Slivno područje rijeke Cetine sastoji se od karbonatnih naslaga iz trijasa, jure i krede. Vapnenačke i dolomitne naslage trijasa, koje tvore područje golog krša, su nepotpune barijere u slivu. Sedimenti iz jure su zastupljeni kao karbonatne naslage. U nešto manjem obliku se javljaju kao lapori i laporoviti vapnenci. Najveći dio sliva je izgrađen od krednih naslaga koje se pojavljuju kao karbonatne stijene, pretežno vapnenci. Prijelaz iz jure u kredu je kontinuiran. Tercijarne naslage se mogu podijeliti po svojim hidrološkim svojstvima na paleogen, zastupljen s vapnencima i vapneno-laporovitim klastitima koji nisu barijera, i neogen, koji je potpuna barijera razvijena u obliku laporovitog facijesa. Kvartarne naslage su obilato zastupljene tako da na obroncima nalazimo siparišta, dok u poljima vrste i veličina čestica kvartara ovisi o prijednom putu čestica i režimu plavljenja rijeke Cetine.

### 2.5. Hidrologija

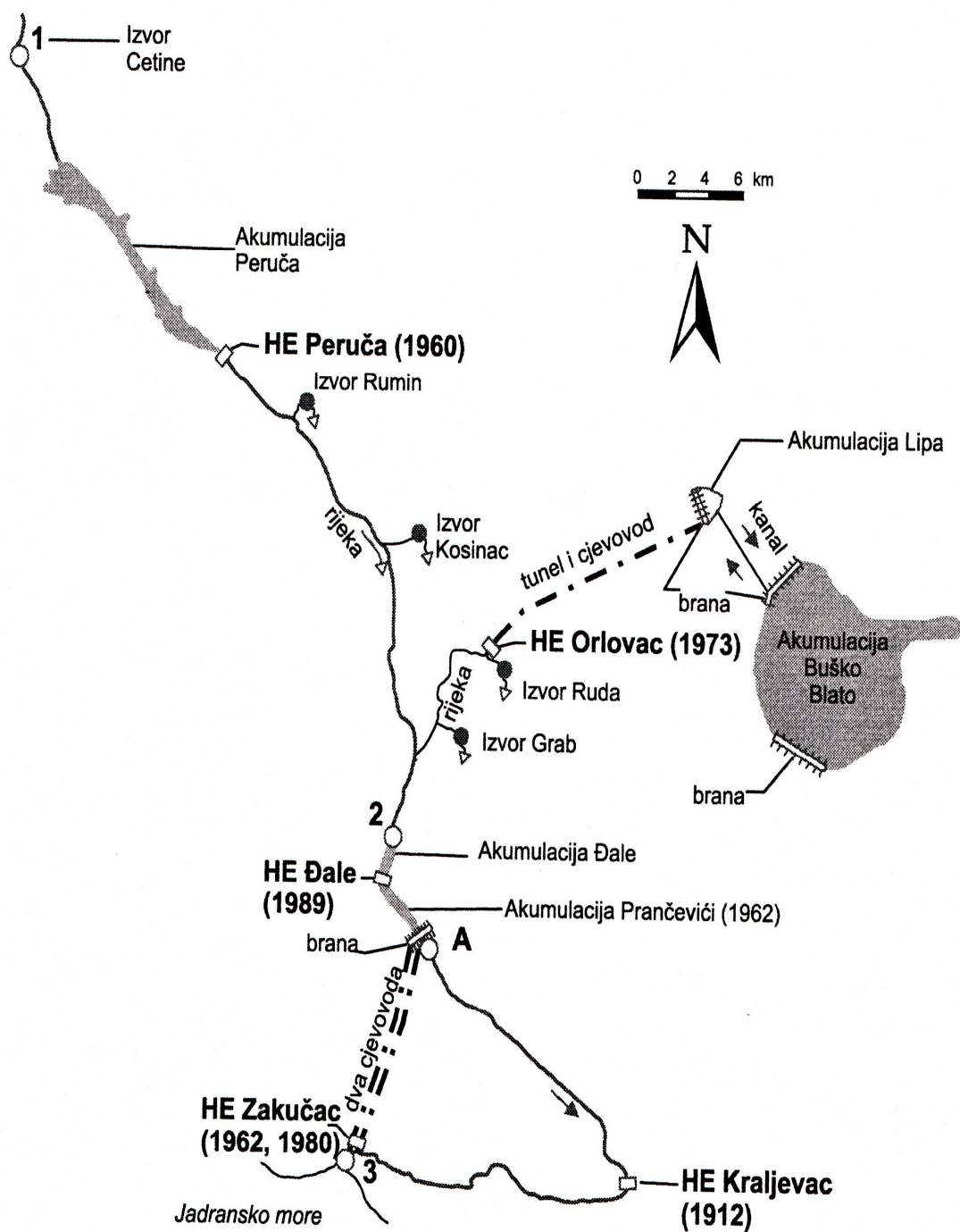
Rijeka Cetina je tipičan krški vodotok čiji se sliv i korito oblikovalo u prostoru izrazito razvijenog dinarskog krša. Za krške terene je karakteristično da se podzemna razvodnica u najvećoj mjeri ne poklapa sa površinskom (orografskom ili topografskom) razvodnicom, jer se tijekom vremena mijenja u zavisnosti od razine podzemnih voda. Korištenjem raznih metoda pokušalo se odrediti površina cjelokupnog sliva do ušća u Jadransko more. Mjerenja su pokazala da se radi o površini između 3700 i 4300 km<sup>2</sup>. Od toga na topografski sliv otpada oko 1300 km<sup>2</sup>, a na podzemni oko 2700 km<sup>2</sup>, što znači da 1/3 sliva neposredno gravitira prema rijeci, dok je preostale 2/3 je usmjereno na podzemni put.

Izvor Cetine nalazi se na nadmorskoj visini od 382 m, što daje prosječan pad koritu od 0,3638 ‰. Sama je rijeka slabo razvedena i vrlo siromašna riječnom mrežom pa je uz glavno korito rijeke Cetine značajniji pritok jedino rijeka Ruda.

Voda rijeke Cetine je tipična krška pukotinska voda kalcijско-karbonatnog tipa, razmjerno male mineralizacije, male ukupne i karbonatne tvrdoće te sadrži malo otopljenog ugljikovog dioksida i sulfata.

Rijeka Cetina predstavlja značajan vodni i energetski potencijal. Donji dio toka Cetine je zbog relativno velikog pada (382 m) u visini iskorišten za izgradnju nekoliko značajnih hidroelektrana. Izgradnjom hidroelektrana osigurana je vodoopskrba šireg područja, vode za navodnjavanje poljoprivrednih i obrane od poplava. Na Cetini je izgrađeno pet hidroelektrana, a planira se gradnja još devet na području rijeke Cetine i tri na području BiH. Prva hidroelektrana izgrađena na Cetini je *HE Kraljevac*, zatim *HE Peruča*, *HE Zakučac*, *HE Orlovac*, *HE Dale* (Slika 2).

Izgradnja hidroelektrana na rijeci Cetini potpuno je izmijenila prirodno otjecanje voda i uzrokovala višemjesečno do višegodišnje izravnavanje protoka, odnosno smanjenje zimskih, a povećanje ljetnih protoka. Sadašnje hidrološko stanje rijeke daleko je od prirodnog, a posljedica takvih promjena na šire područje i ekosisteme u slivu rijeke i priobalju zasad su neistražene. Promjena uvjeta staništa dovela je do promjene cijelog ekosistema i biološke raznolikosti.



Slika 2. Hidrološki sustav rijeke Cetine (preuzeto iz CRA/PPA 2000).

### 2.7. Postaje uzorkovanja

Sama rijeka je slabo razvedena i siromašna riječnom mrežom pa je uz glavno korito Cetine značajniji pritok jedino rijeka Ruda. Izvorišni dio rijeke Rude, površine 34 ha, spada od 2000. godine u zaštićene objekte, kategorija zaštićeni krajobraz.

U ovaj rad uključene su postaje uzimanja uzoraka na izvorišnom području rijeke Rude:

- ◆ Izvor Rude - smještena je malo nizvodno od izvora rijeke Rude, ispod prvog slapa na rubu izvora; karakteristika staništa su stijene i velike valutice koje su obrasle mahovinom; tok vode je brzi (Slika 3).
- ◆ Ruda 2 - oko 100 m nizvodno od izvora Rude; karakteristika staništa su stijene i velike valutice obrasle mahovinom, a također i vrlo brzi tok vode (Slika 4).

Na svakoj postaji istraživanja odabrano je i nekoliko različitih mikrostaništa. Uzorci su razdvajani prema sljedećem redoslijedu:

- ◆ uzorak S1 je makrofauna nađena na mikrolital i alkalu - šljunak (sitni, srednji i krupni do veličine šake) ili valutice
- ◆ uzorak S2 je makrofauna nađena na makrolital i mesolitalu - većem kamenju veličine šake
- ◆ uzorak S3 je makrofauna sakupljena u vegetaciji

U ovom radu obrađena je makrofauna sakupljena na mikrostaništu S1 i S2.





**Slika 3.** Izvor rijeke Rude, postaja Izvor Rude (foto A. Popijač).



**Slika 4.** Područje 100 m nizvodno od izvora rijeke Rude, postaja Ruda 2 (foto A. Popijač).





**Slika 5.** Mikrolital i alkal sa postaje Izvor Rude (foto A. Popijač).



**Slika 6.** Makrolital i mesolital sa postaje Izvor Rude (foto A. Popijač)





**Slika 7.** Mikrolital i alkal sa postaje Ruda 2 (foto A. Popijač).



**Slika 8.** Makrolital i mesolital sa postaje Ruda 2 (foto A. Popijač).

### 3. Materijali i metode

Razdoblje istraživanja započelo je u kolovozu 2004. i trajalo do kolovoza 2005. godine. Jednom mjesečno, tijekom istraživnog razdoblja, izvršena su mjerenja fizikalno-kemijskih parametara vode i uzimani uzorci makrozoobentosa. Postaje uzimanja uzoraka su: Izvor Rude (krenal) i Ruda 2 (hipokrenal), 100 m nizvodno od izvora rijeke Rude.

#### 3.1. Mjerenje fizikalno – kemijskih parametara vode

Na terenu su fizikalno – kemijski parametri vode mjereni WTW sondama. Temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika u vodi i zasićenje vode kisikom mjereni su Oxi 330/SET sondom, pH vrijednost vode mjerena je pH-metrom WTW pH 330, a provodljivost pomoću konduktometra WTW LF 330. Količina vezanog CO<sub>2</sub> (alkalinitet) određivan je titracijom 100 ml uzorka vode 0,1M kloridnom kiselinom uz dodatak metiloranža kao indikatora.

#### 3.2. Uzorkovanje makrozoobentosa

Uzorci makrozoobentosa skupljani su Surberovom mrežom zahvatne površine 10 dm<sup>2</sup>. Makrofauna je odvajana od sedimenta dekantiranjem i prosijavanjem kroz bentos mrežu okašca promjera 500 µm i konzervirana u 96% -tnom alkoholu etanolu. Uzorci makrozoobentosa uzimani su na svakoj postaji na tri mikrostaništa (stijene-valutice, šljunak, fital). Izuzetak je 10. mjesec 2004. godine kada zbog velikog protoka i visine vode nije sakupljen uzorak makrofaune fitala na postaji Ruda 2.

#### 3.3. Obrada sakupljene makrofaune

Sakupljeni uzorci makrozoobentosa obrađivani su dijelom u Zoologijskom zavodu PMF-a, a dijelom u Hrvatskim vodama. Iz uzoraka su izolirani makroskopski beskralješnjaci, razvrstavani po skupinama i prebrojavani.

Izoliranje je izvršeno pod binokularnom lupom povećanja do 100x. Izdvojeni makroskopski beskralješnjaci stavljeni su u Eppendorf – epruvetice, napunjene 80%-tnim etanolom, zajedno sa karticom na kojoj je bio ispisan naziv skupine, datum i mjesto uzimanja uzorka.



Pri izdvajanju životinja korišteni su ključevi za determinaciju: Campaioli i sur. (1994), Kerovec (1986), Nilsson (1996,1997) i Sansoni (1992)

Broj jedinki preračunavan je na površinu od 1 m<sup>2</sup> te su svi podaci unošeni u računalo u program **Microsoft Excel XP**, koji je korišten za numeričku obradu podataka i tablični prikaz rezultata.

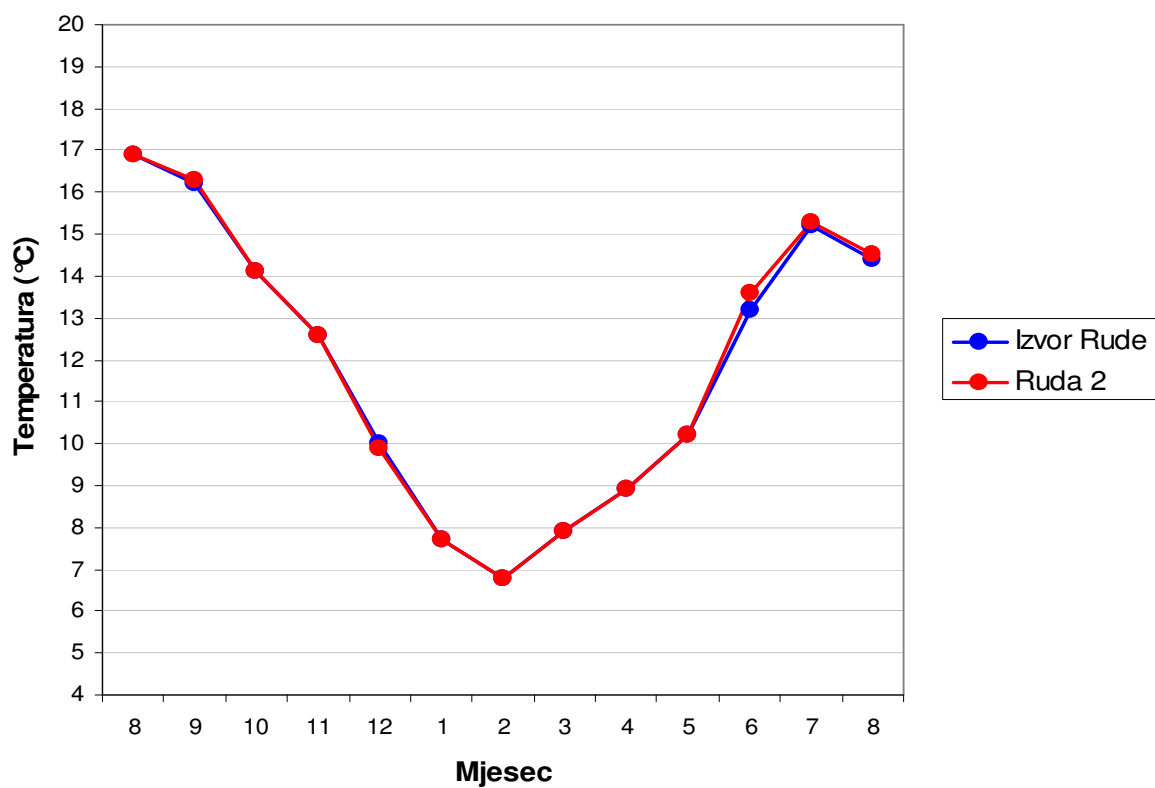
## **4. Rezultati**

### **4.1 Fizikalno – kemijski parametri vode**

Tijekom istraživanih razdoblja, od kolovoza 2004. do kolovoza 2005. godine na postajama Izvor Ruda i Ruda 2, mjereni su fizikalno – kemijski parametri vode: temperatura, koncentracija otopljenog kisika, zasićenje vode kisikom, pH, provodljivost, alkalinitet.

#### **4.1.1. Temperatura**

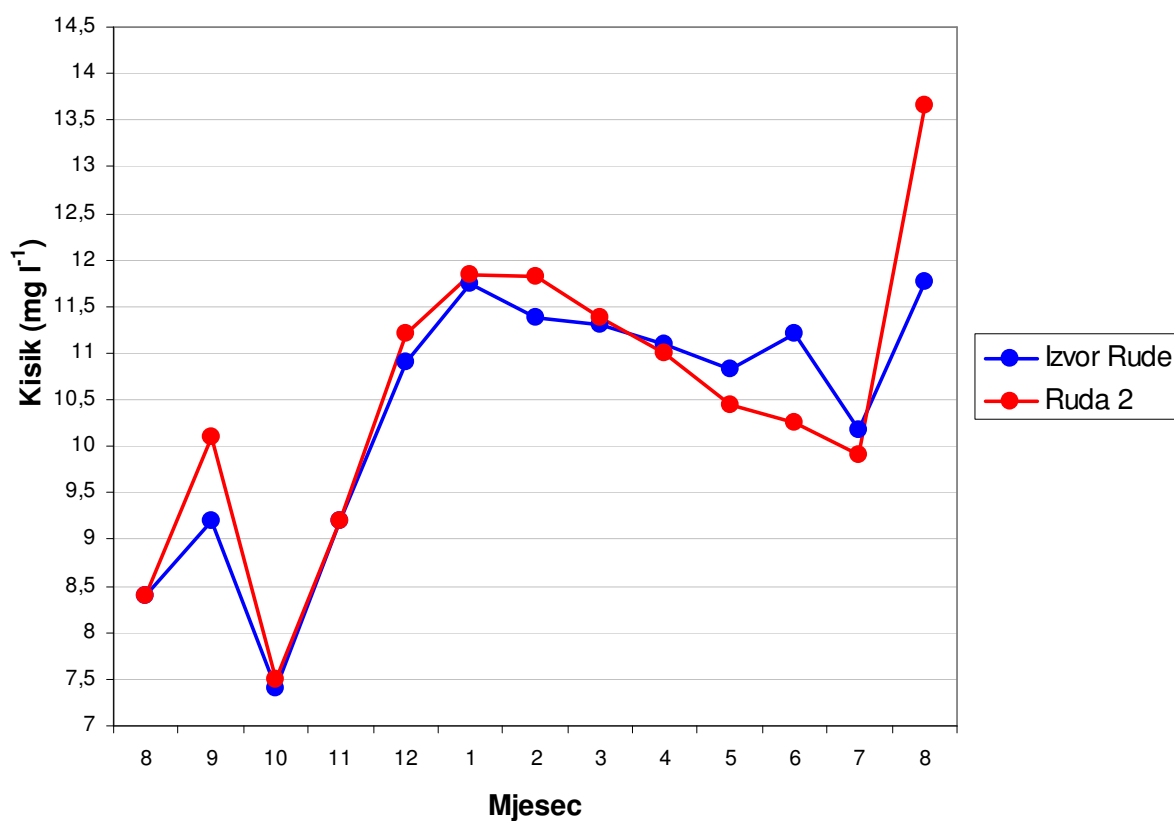
Maksimalna temperatura na postaji Izvor Rude izmjerena je u kolovozu 2004. godine kada je iznosila 16,9 °C, a najniža zabilježena temperatura izmjerena je u veljači 2005. godine i iznosila je 6,8 °C. Na postaji Ruda 2 nema značajnih odstupanja temperature u odnosu na postaju Izvor Rude pa se poklapaju vrijednosti minimalne i maksimalne temperature (Tablica 1; Slika 4).



Slika 9. Temperatura vode (°C) izmjerena na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

#### 4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika

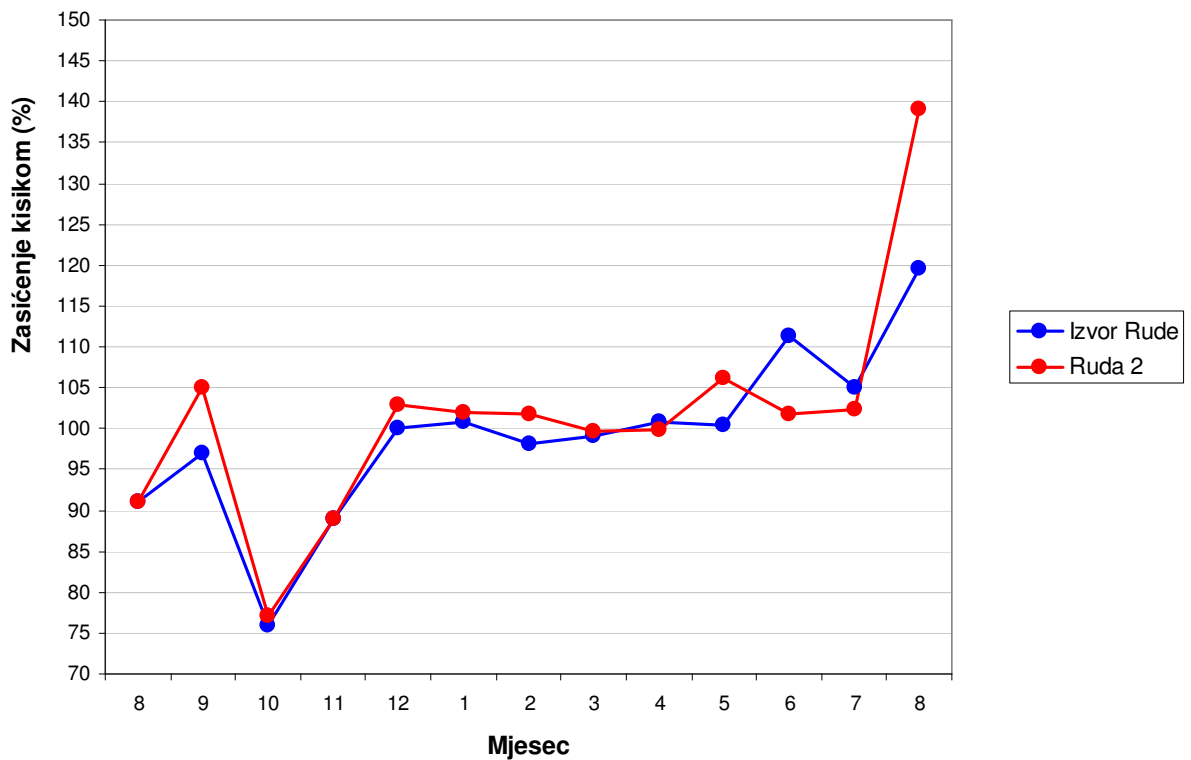
Koncentracija otopljenog kisika na postaji Izvor Rude najmanje je iznosila 7,4 mg/L, a izmjerena je u listopadu 2004. godine. Najviša izmjerena vrijednost koncentracije otopljenog kisika zabilježena je u kolovozu 2005. godine kada je iznosila 11,76 mg/L. Na postaji Ruda 2 najniža izmjerena vrijednost koncentracije kisika iznosila je 7,5 mg/L u listopadu 2004. godine, a najviša 13,65 mg/L u kolovozu 2005. godine (Tablica 2; Slika 5).



Slika 10. Koncentracija otopljenog kisika (mg/L) izmjerena na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

#### 4.1.3. Zasićenje vode kisikom

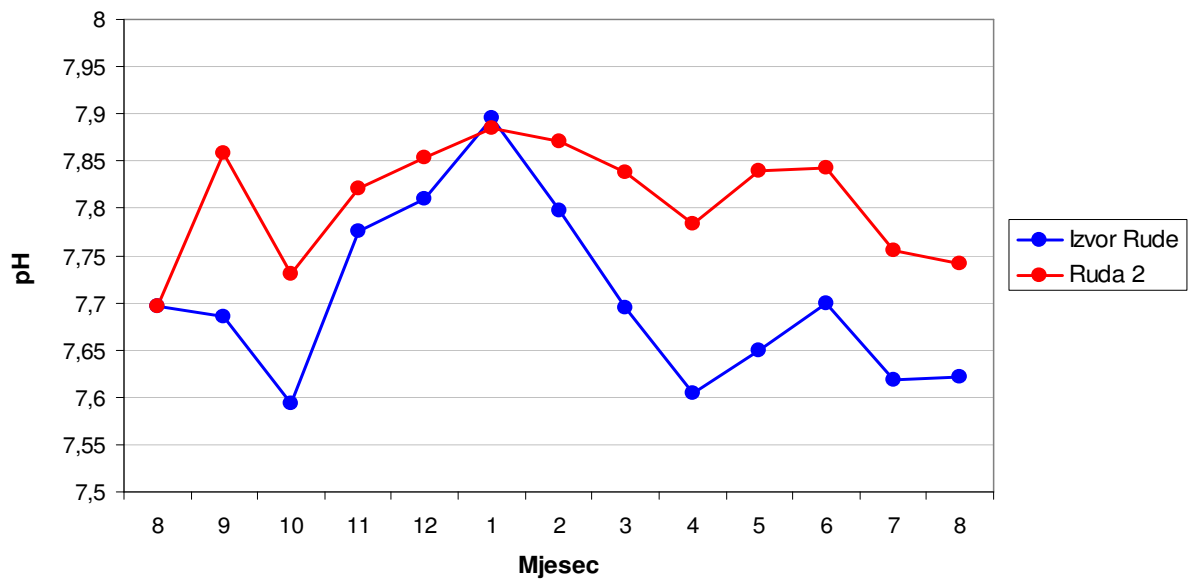
Na postaji Izvor Rude minimalna vrijednost zasićenja vode kisikom (76%) izmjerena je u listopadu 2004. godine, a maksimalna vrijednost (119,5%) u kolovozu 2005. godine. Na postaji Ruda 2 minimalna vrijednost izmjerena je u listopadu 2004. (77%), a maksimalna vrijednost zasićenja vode kisikom izmjerena je u kolovozu 2005. godine (139,1%) (Tablica 3; Slika 6).



**Slika 11.** Zasićenje vode kisikom (%) izmjereno na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

#### 4.1.4 pH

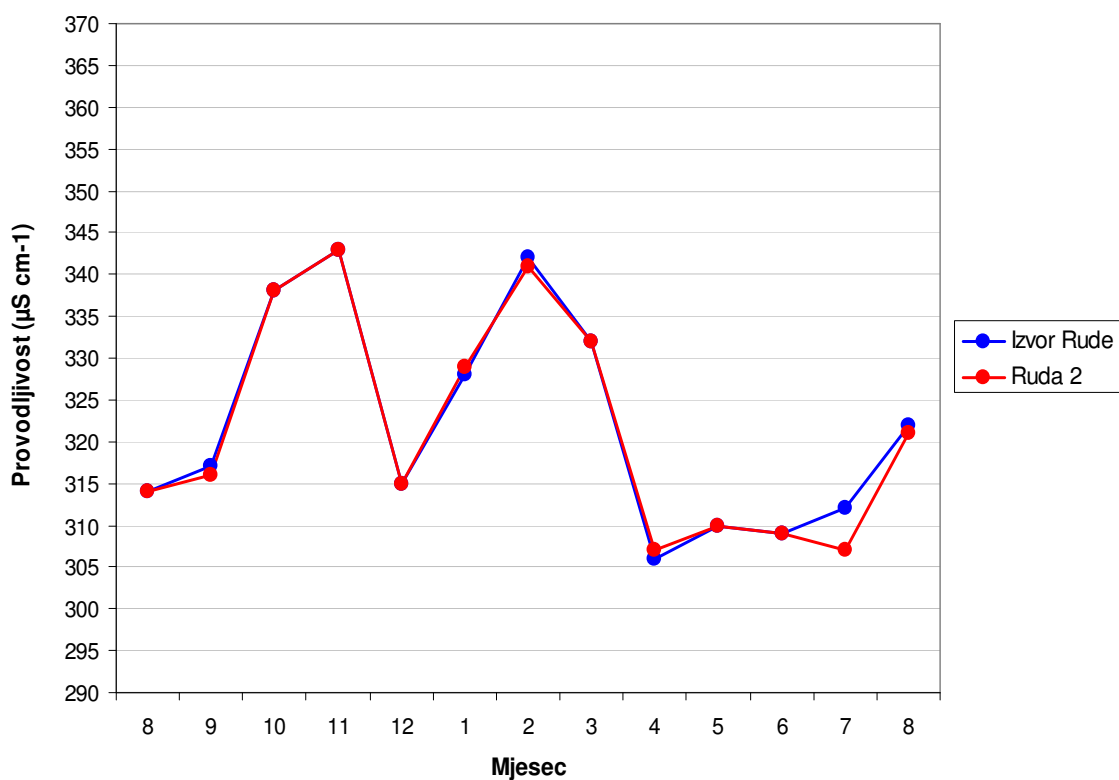
Raspon izmjerenog pH na postaji Izvor Rude kretao se od 7,593 u listopadu 2004. do 7,895 u siječnju 2005. godine. Vrijednosti izmjerenog pH na postaji Ruda 2 kretale su se od najniže 7,696 u kolovozu 2004. do najviše 7,885 u siječnju 2005. godine (Tablica 4; Slika 7).



Slika 12. pH vrijednosti izmjerene na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

#### 4.1.5. Provodljivost

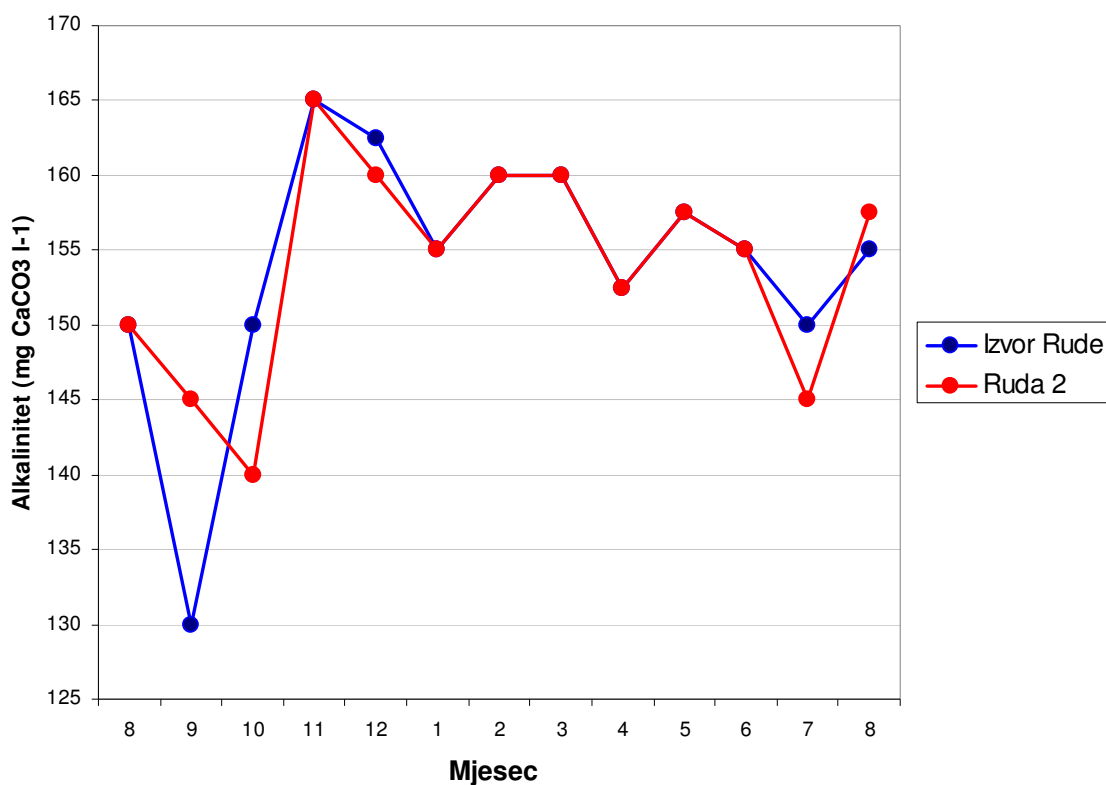
Najviša izmjerena provodljivost vode izmjerena je na postaji Izvor Rude u studenom 2004. godine kada je iznosila 343  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a najniža u travnju 2005. godine kada je iznosila 306  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Na postaji Ruda 2 najviša provodljivost vode od 343  $\mu\text{S}/\text{cm}$  izmjerena je u studenom 2004. godine, a najniže vrijednosti od 307  $\mu\text{S}/\text{cm}$  zabilježene su u travnju i srpnju 2005. godine (Tablica 5; Slika 8).



Slika 13. Provodljivost vode ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) izmjerena na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

**4.1.6. Alkalinitet (vezani CO<sub>2</sub> u vodi)**

Alkalinitet se na postaji Izvor Rude kretao u rasponu od 130 mg CaCO<sub>3</sub> /L, izmjeren u rujnu 2004. godine, do 165 mg CaCO<sub>3</sub> /L u studenom 2004. godine. Na postaji Ruda 2 raspon alkaliniteta kretao se od 140 mg CaCO<sub>3</sub> /L, izmjerenog u listopadu 2004. godine, do 165 mg CaCO<sub>3</sub> mg /L u studenom 2004. godine (Tablica 6; Slika 9).



**Slika 14.** Alkalinitet vode (mg CaCO<sub>3</sub> /L) na postajama Izvor Rude i Ruda 2.



### 4.2. Pregled sastava makrozoobentosa

Rezultati analize makrozoobentosa na postajama: Izvor Ruda (krenal) i Ruda 2 (hipokrenal) od kolovoza 2004. godine do kolovoza 2005. godine prikazani su brojem jedinki pojedinih skupina (Tablice 7, 8 i 9; Slike 10 i 12), postotnim udjelom pojedinih skupina makrozoobentosa (Tablice 7, 8 i 9; Slike 11, 13, 16 i 17), usporedbom postaja (Slike 14, 15, 16, 17) te usporedbom mikrostaništa (Slike 18 i 19).

Na postajama Izvor Rude i Ruda 2, tijekom istraživnog razdoblja, pronađeno je ukupno 19 skupina makroskopskih beskralješnjaka (Tablice 7 i 8) na mikrostaništima S1 (sitni, srednji i krupni šljunak i valutice) (Slika 5 i 7) i S2 (veće kamenje veličine šake) (Slika 6 i 8). Brojem jedinki na obje postaje dominiraju skupine Gastropoda, Amphipoda i Ephemeroptera. Na istraživanim postajama i mikrostaništima utvrđena je prisutnost predstavnika sedam razreda, jedanaest redova i jedna porodica.

### 4.2.1. Makrozoobentos na postaji Izvor Rude

U uzorcima sa postaje Izvor Rude prisutno je sedamnaest skupina makrozoobentosa (sedam razreda, devet redova i jedna porodica). Najveća gustoća makrozoobentosa utvrđena je u kolovozu 2005. godine na mikrostaništu S2 (veće kamenje veličine šake). U tom uzorku prevladavaju skupine Gastropoda i Ephemeroptera.

Brojem jedinki dominira skupina Gastropoda sa udjelom od 53,74% od ukupnog broja uzorkovanog makrozoobentosa. Najveća gustoća skupine Gastropoda je u prosincu 2004. godine sa ukupno 1 575 jedinki po m<sup>2</sup>, a najmanja sa 71 jedinkom po m<sup>2</sup> u kolovozu 2004. godine. Među puževima na sva tri mikrostaništa pojavljuju se vrste iz porodice Hydrobiidae, Planorbidae i Lymnaeidae. Najbrojnija je porodica Hydrobiidae, a zatim vrsta *Ancylus fluviatilis* iz porodice Planorbidae. Jedna jedinka iz porodice Lymnaeidae, vrsta *Galba truncatula* prisutna je u listopadu 2004. godine u obraštaju mahovina (Lajtner, osobna komunikacija).

Skupina Ephemeroptera ima najveću gustoću populacije u kolovozu 2005. godine sa ukupno 1 472 jedinke po m<sup>2</sup> što uz skupinu Gastropoda čini većinu makrozoobentosa u tom mjesecu. Najmanja gustoća skupine Ephemeroptera je zabilježena u travnju 2005. godine iznosila je 44 jedinke po m<sup>2</sup>.

Brojniji su još predstavnici skupina Trichoptera, Amphipoda, ličinke Coleoptera, Plecoptera i Diptera. Skupina Amphipoda ima najveću gustoću u prosincu 2004. godine sa ukupno 397 jedinki po m<sup>2</sup>, a najmanju gustoću u kolovozu 2004. godine sa ukupno 77 jedinki po m<sup>2</sup>. Daljnjim istraživanjem, na svim mikrostaništima, skupine Amphipoda do razine vrste ustanovljena je dominacija dviju vrsta *Gammarus balcanicus* (porodica Gammaridae) i *Niphargus dalmatinus* (porodica Niphargidae). Brojnija je vrsta *Gammarus balcanicus* iako su sa postaje izvor Ruda obrađena samo tri uzorka za listopad 2004. godine kada je zabilježena gustoća od 3334 jedinki po m<sup>2</sup>, te za lipanj i kolovoz 2005. godine kada su zabilježene vrijednosti gustoće iznosile 1394 odnosno 2998 jedinki po m<sup>2</sup> (Kranjčević, 2009). Što se vrste *Niphargus dalmatinus* tiče ona je manje brojnija sa ukupno 266 jedinki po m<sup>2</sup>. Najveća gustoća od 88 jedinki po m<sup>2</sup> zabilježena je u lipnju 2005., a najmanja u kolovozu 2004. godine kada nije zabilježen niti jedan predstavnik navedene vrste (Jandrić, 2009).

Skupine Plecoptera, Trichoptera, ličinke Coleoptera i Oligochaeta čine više od jedan posto zajednice. Za skupinu Plecoptera, iako je jedna od skupina koje čine 6,21% udjela od ukupnog broja makrozoobentosa, uočena je veća gustoća u veljači 2005. godine sa ukupno 583 jedinki po m<sup>2</sup>. Među obalčarima na postaji Izvor Rude utvrđene su sljedeće vrste por. Nemouridae vrsta *Amphinemura triangularis*, por Taeniopterygidae vrsta *Brachyptera tristis* i por. Perlodidae sa vrstama *Isoperla inermis* i *Isoperla* sp.. Na valuticama na postaji Izvor Rude s najvećom gustoćom od 5 780 jedinki po m<sup>2</sup>, odnosno 55,15% od ukupnog broja makrozoobentosa čine sve jedinke vrste *Brachyptera tristis*. U obraštaju mahovina je u kolovozu 2005. godine bilo prisutno većina jedinki vrste *Amphinemura triangularis* s nešto jedinki svojte *Isoperla* sp. (Popijač, 2007) (Tablica 9.).

Skupina Trichoptera, kao i ličinke Coleoptera, čini 2,91% od ukupnog broja makrozoobentosa. Najveća gustoća skupine Trichoptera je u kolovozu 2005. godine i iznosi 113 jedinke po m<sup>2</sup>, a najmanja je u prosincu 2004. godine i to tek 8 jedinki po m<sup>2</sup>. Daljnjim istraživanjem je obuhvaćena samo skupina Trichoptera na svim mikrostaništima te ono pokazuje da je utvrđeno devet porodica tulara. Najbrojnija je bila porodica Hydropsychidae (vrste *Hydropsyche* sp., *H. angustipennis* i *H. instabilis*), Lepdostomatidae (vrste *Lasiocephala basalis* i *Lepidostoma hirtum*), Rhyacophilidae (vrste *Rhyacophila* sp., *R. evoluta* i *R. vulgaris*), Sericostomatidae (vrste *Sericostoma* sp. i *S. flavicorne*), Glossosomatidae (vrste *Glossoma bifidum* i *G. conformis*), Goeridae (vrste *Silo* sp. i *S. pallipes*) i Psychomyiidae (vrsta *Psychomyia pusilla*) (Kerovec 2007) (Tablica 10.).

Najmanja gustoća makrozoobentosa utvrđena je u travnju 2005. godine na mikrostaništu S1 (sitni, srednji i krupni šljunak i valutice). Skupine Amphipoda i Gastropoda čine većinu u tom uzorku. Od ostalih skupina su prisutne Ephemeroptera, Oligochaeta i Hirudinea. Najmanja raznolikost zajednice zabilježena je u listopadu 2004. godine na mikrostaništu S1 (sitni, srednji i krupni šljunak i valutice) sa ukupno pet različitih skupina. Najveća raznolikost zajednice zabilježena je u veljači 2005. godine na mikrostaništu S2 (veće kamenje veličine šake) sa ukupno jedanaest različitih skupina. Najveći broj jedinki na svim mikrostaništima zajedno je pronađeno u kolovozu 2005. godine, a najmanji u travnju 2005. godine (Slike 10, 11, 16 i 19).

#### 4.2.2. Makrozoobentos na postaji Ruda 2

U uzorcima na postaji Ruda 2 prisutno je sedamnaest skupina makrozoobentosa (sedam razreda, devet redova i jedna porodica). Brojem jedinki dominira skupina Ephemeroptera sa udjelom od 48,75% od ukupnog broja uzorkovanog makrozoobentosa. Najveća gustoća skupine Ephemeroptera je u kolovozu 2005. godine sa ukupno 2 145 jedinki po m<sup>2</sup>, a najmanja sa ukupno 98 jedinki po m<sup>2</sup> u travnju 2005. godine.

Skupine Amphipoda, Gastropoda i Trichoptera prisutne također s relativno većim brojem jedinki. Skupina Amphipoda ima najveću gustoću u kolovozu 2005. godine sa ukupno 1 100 jedinki po m<sup>2</sup>, a najmanju gustoću u listopadu 2004. godine sa ukupno 68 jedinki po m<sup>2</sup>. Daljnjim istraživanjem, na svim mikrostaništima, skupine Amphipoda do razine vrste ustanovljena je određena gustoća populacije vrste *Niphargus dalmatinus* od 32 jedinke po m<sup>2</sup> u kolovozu 2005. godine, dok za ostale mjesece prisutnost vrste *Niphargus dalmatinus* je izostala.

Slijedeća skupina s obzirom na postotni udio u makrozoobentosu je skupina Gastropoda čija je najveća gustoća uočena u lipnju 2005. godine sa ukupno 262 jedinki po m<sup>2</sup>, a najmanja u listopadu 2004. godine sa ukupno 32 jedinke po m<sup>2</sup>.

Zatim slijedi skupina Trichoptera sa udjelom u makrozoobentosu od 6,7%. Najveća gustoća skupine Trichoptera je u kolovozu 2005. godine i iznosi 171 jedinke po m<sup>2</sup>, a najmanja je u prosincu 2004. godine i iznosi 20 jedinki po m<sup>2</sup>. Na osnovu daljnjeg istraživanja skupine Trichoptera na svim mikrostaništima utvrđeno je jedanaest porodica tulara. Najbrojnija je bila porodica Hydropsychidae (vrste *Hydropsyche* sp., *H. angustipennis*, *H. instabilis* i *H. incognita*), Sericostomatidae (vrste *Sericostoma* sp. i *S. flavicorne*), Lepdostomatidae (vrsta *Lasiocephala basalis*), Glossosomatidae (vrste *Glossoma bifidum* i *G. conformis*), Rhyacophilidae (vrste *Rhyacophila* sp., *R. evoluta*, *R. fasciata*, *R. aurata* i *R. vulgaris*), Goeridae (vrste *Silo* sp. i *S. Pallipes*, *Goera pilosa*) i Polycentropodidae (vrste *Polycentropus* sp. i *P. flavomaculatus*) (Kerovec, 2007.) (Tablica 10.).

Ličinke skupine Coleoptera i skupina Plecoptera čine nešto više od jedan posto zajednice makrozoobentosa. Najveća gustoća skupine Plecoptera vidljiva je u veljači 2005. godine, dok u potpunosti izostaje u kolovozu 2005. godine. Među obalčarima na postaji Ruda 2 utvrđene su slijedeće vrste por. Taeniopterygidae vrsta *Brachyptera*

*tristis*, Nemouridae vrsta *Amphinemura tringularis* i *Nemoura cinerea*, Perlodide vrsta *Isoperla* sp., Perlidae vrste *Perla pallida* i *Dinocras megacephala* i Leuctridae vrsta *Leuctra* sp.. Najbrojnija je vrsta *Brachyptera tristis* osobito u veljači 2005. godine. Slijedeća vrsta po brojnosti je *Amphinemoura triangularis* zabilježena u prosincu 2004. godine i kolovozu 2005. godine u većem broju osobito u obraštaju mahovina. U obraštaju mahovina se pojavljuju i vrste *Isoperla* sp. u kolovozu 2005. godine i *Dinocras megacephala* u travnju 2005. godine, vrlo male gustoće (Popijač, 2007.) (Tablica 9).

.Ličinke skupine Coleoptera imaju najveću gustoću u veljači 2004. godine od 70 jedinki po m<sup>2</sup> a, najmanju u travnju 2005. godine od svega 10 jedinki po m<sup>2</sup>.

Najveća gustoća populacija utvrđena je u kolovozu 2005. godine na mikrostaništu S2 (veće kamenje veličine šake). U tom uzorku prevladavaju jedinke iz skupine Ephemeroptera. Brojniji su još predstavnici skupina Amphipoda, Trichoptera, Gastropoda, ličinke Coleoptera, Oligochaeta. Najmanja gustoća makrozoobetosa utvrđena je u listopadu 2004. godine na mikrostaništu S1 (sitni, srednji i krupni šljunak i valutice). Skupine Amphipoda čine većinu u tom uzorku. Od ostalih skupina su prisutne Ephemeroptera, Gastropoda, Trichoptera, Chironomidae, ličinke Coleoptera. Najmanja raznolikost zajednice zabilježene su u veljači i kolovozu 2005. godine na mikrostaništu S1 (sitni, srednji i krupni šljunak i valutice) sa ukupno sedam različitih skupina. Najveća raznolikost zajednice zabilježena je u veljači i travnju 2005. godine na mikrostaništu S2 (veće kamenje veličine šake) sa ukupno jedanaest različitih skupina. Najveći broj jedinki na svim mikrostaništima zajedno pronađeno je u kolovozu 2005. godine, a najmanji u prosincu 2005. godine (Slike 12, 13, 16 i 20).

### 4.2.3. Usporedba postaja

Usporedbom postotnog udjela skupina makrozoobentosa na obje postaje, vidljivo je da se od izvora nizvodno smanjuje udio skupina Gastropoda, Coleoptera i Oligochaeta, a raste udio Ephemeroptera, Amphipoda, Trichoptera i Diptera. Ukupan broj jedinki se smanjio od izvora nizvodno. Makrozoobentos Izvora Rude i Ruda 2 sadrži po sedamnaest različitih skupina. Uzorak sa postaje Izvor Rude sadrži jedinke iz skupina Isopoda i Copepoda, dok na postaji Ruda 2 navedene skupine nisu zabilježene. No za razliku od Izvora Rude, na postaji Ruda 2 zabilježene su skupine Heteroptera i Aranea (Slike 14, 15 i 16).

### 4.2.4. Usporedba mikrostaništa

Veća raznolikost makrozoobentosa utvrđena je na mikrostaništu S2 (veće kamenje veličine šake) sa ukupno sedamnaest skupina makrozoobentosa, a manja na mikrostaništu S1 (sitni, srednji i krupni šljunak i valutice) sa ukupno četrnaest skupina makrozoobentosa. Na mikrostaništu S2 (veće kamenje veličine šake) sakupljeno je ukupno najveći broj jedinki makrozoobentosa, dvostruko više nego na mikrostaništu S1 (sitni, srednji i krupni šljunak i valutice). Dakle, mikrostanište S2 (veće kamenje veličine šake) se odlikuje većom gustoćom i raznolikošću zajednica.

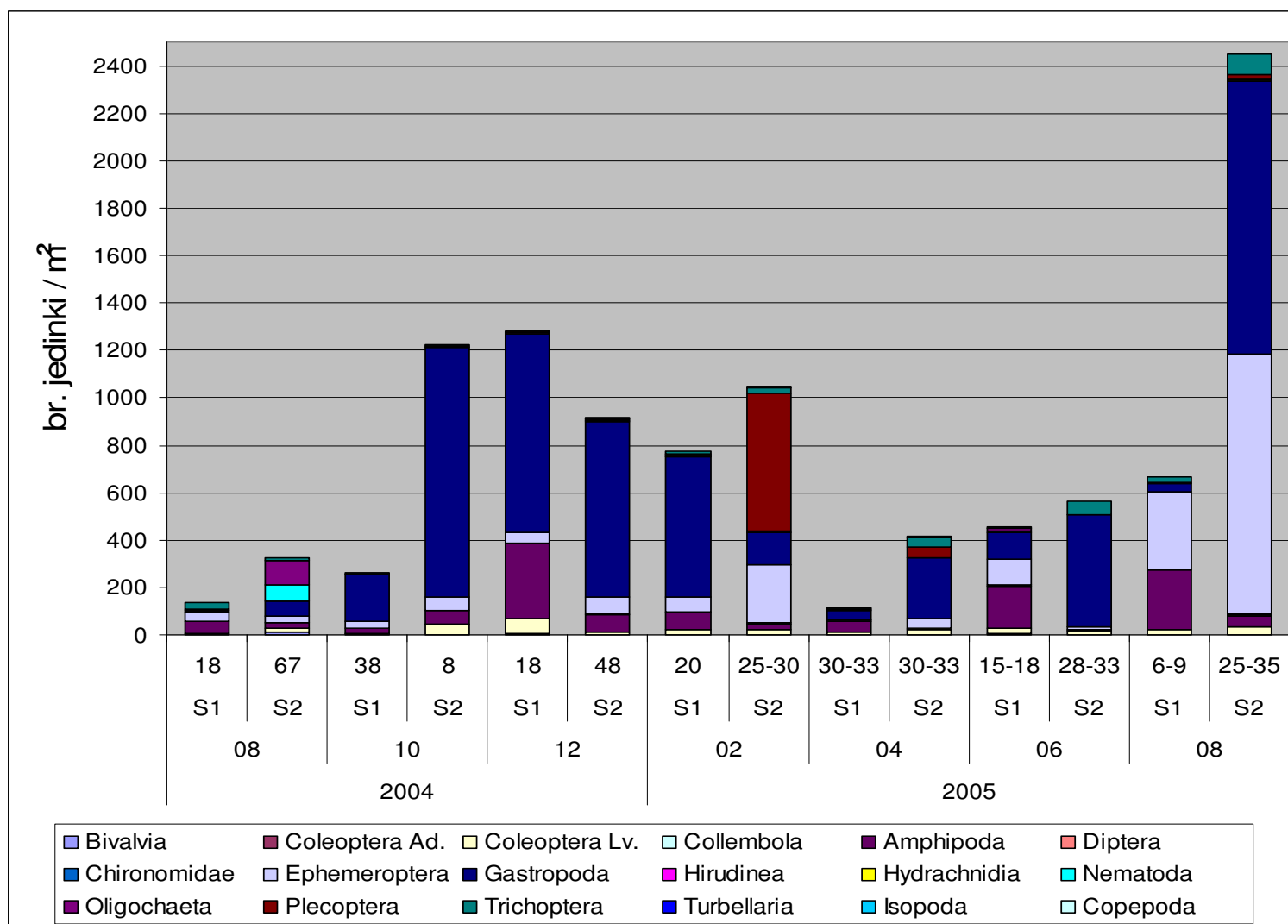
Uspoređujući brojčani udio pojedinih skupina na različitim mikrostaništima vidljivo je da skupina Gastropoda ima najveći udio na oba mikrostaništa prikupljenih na postaji Izvor Rude. Skupina Ephemeroptera ima najveći udio na mikrostaništu S2 (veće kamenje veličine šake) na postaji Ruda 2, dok na ostalim mikrostaništima zauzima gotovo podjednak udio.

Skupina Amphipoda pokazuje veliki udio na mikrostaništu S1 (sitni, srednji i krupni šljunak i valutice) na obje postaje, dok se udio na mikrostaništu S2 (veće kamenje veličine šake) znatno smanjuje. Ostale skupine koje čine veći udio u sastavu makrozoobentosa ( $\geq 1\%$ ) mikrostaništa S1 (veliko kamenje) su ličinke Coleoptera i Trichoptera. Udio skupine ličinki Coleoptera prikupljenih sa mikrostaništa S1 (sitni, srednji i krupni šljunak) se smanjuje od izvora nizvodno, dok se udio skupine Trichoptera povećava.

Skupine koje čine veći udio sastavu makrozoobentosa ( $\geq 1\%$ ) mikrostaništa S2 (sitno šljunak i kamenje manjih dimenzija) su Plecoptera, Trichoptera, Oligochaeta i ličinke Coleoptera. Udio skupina Coleoptera i Trichoptera prikupljenih sa mikrostaništa S2 (sitno šljunak i kamenje manjih dimenzija) se povećava od izvora nizvodno, dok se udio skupine Plecoptera smanjuje.

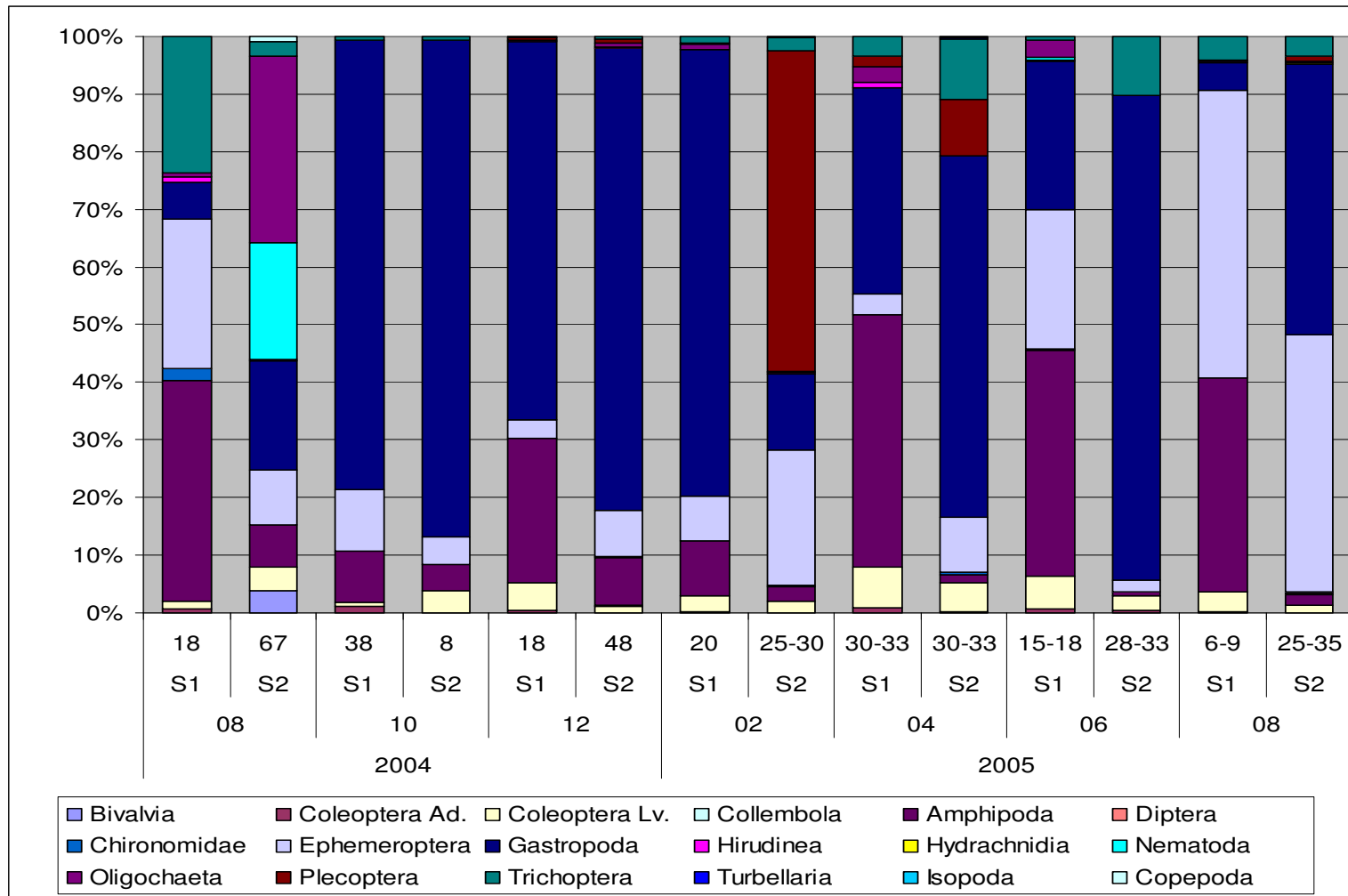
Skupina Oligochaeta ima udio od 2% na mikrostaništu S2 (veće kamenje veličine šake) na postaji Izvor Rude, dok na ostalim mikrostaništima njihov udio je manji od 1% (Slike 17 i 18).

#### 4. REZULTATI



**Slika 15.** Brojnost pojedinih skupina makrozoobentosa po m<sup>2</sup> na postaji Izvor Rude tijekom 2004/2005. Na X-osi prikazani su redom: dubina (cm), mikrostanište (S1- sitni, srednji i krupni šljunak; S2- veće kamenje veličine šake), mjesec i godina. Na Y-osi prikazana je brojnost jedinki po m<sup>2</sup>.

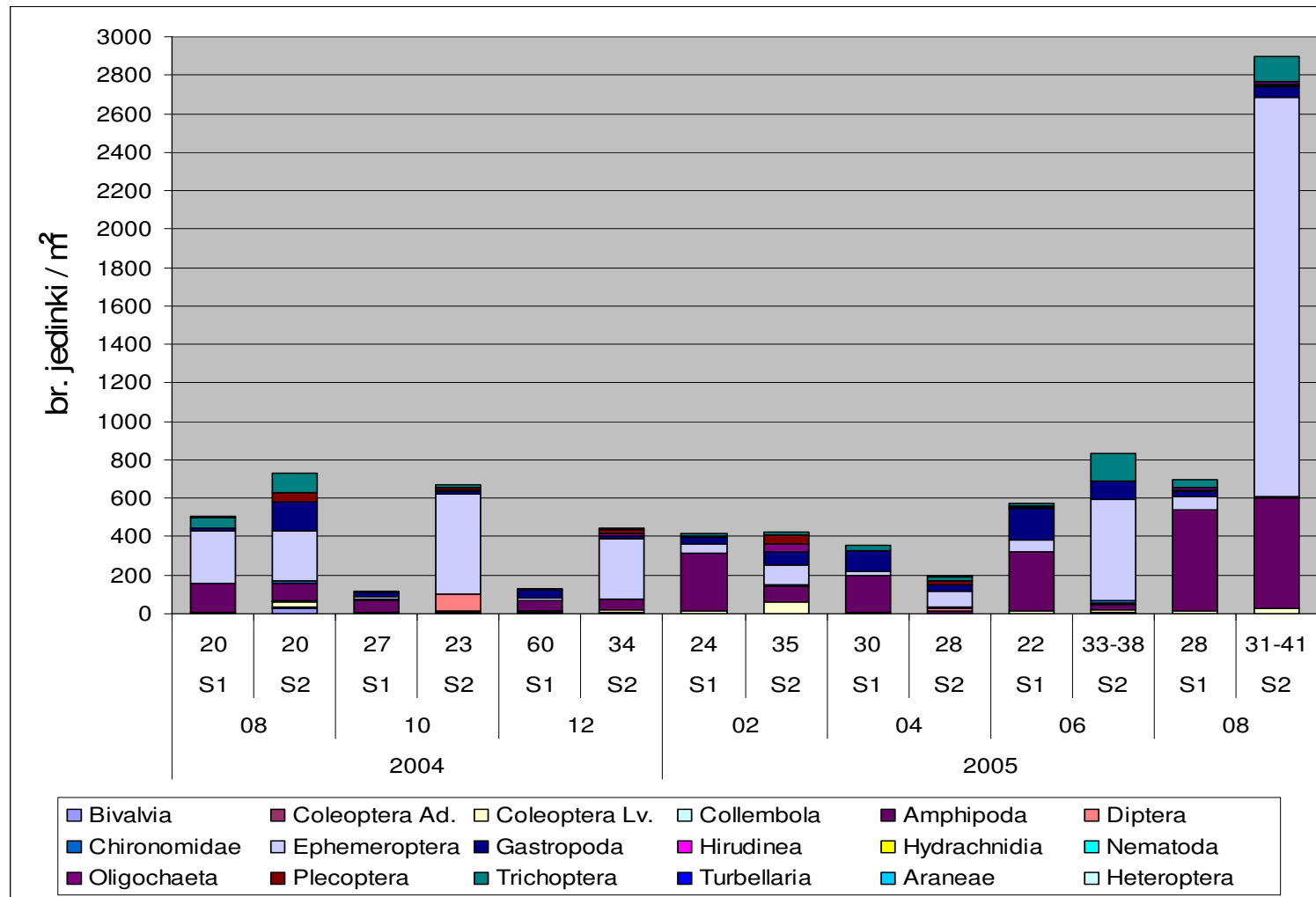
#### 4. REZULTATI



**Slika 16.** Postotni udio po m<sup>2</sup> pojedinih skupina makrozoobentosa na postaji Izvor Rude tijekom 2004/2005. godine. Na X-osi prikazani su redom: dubina, mikrostanište (S1- sitni, srednji i krupni šljunak; S2- veće kamenje veličine šake), mjesec i godina. Na Y-osi prikazan je postotni udio jedinki po m<sup>2</sup>.

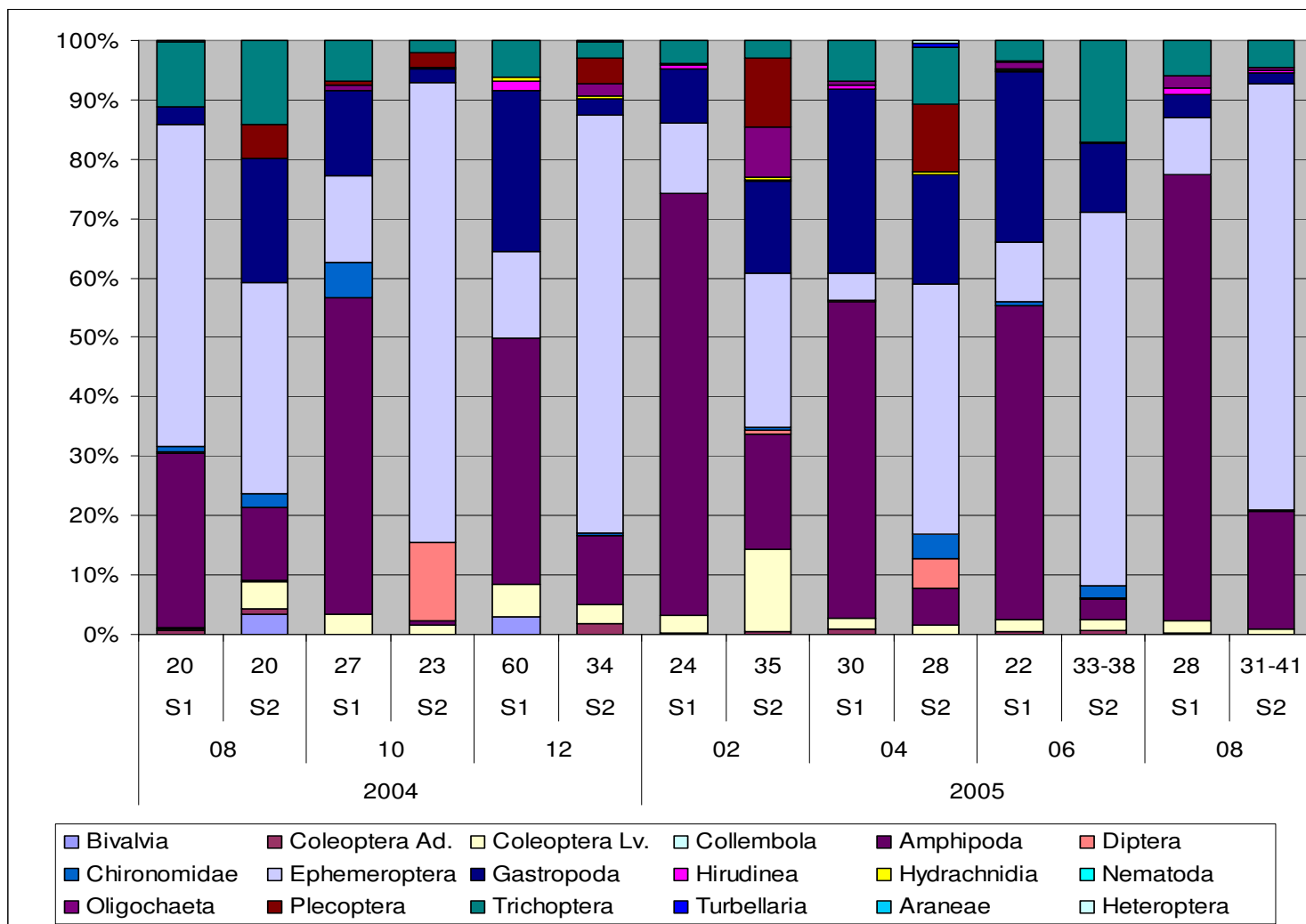


#### 4. REZULTATI

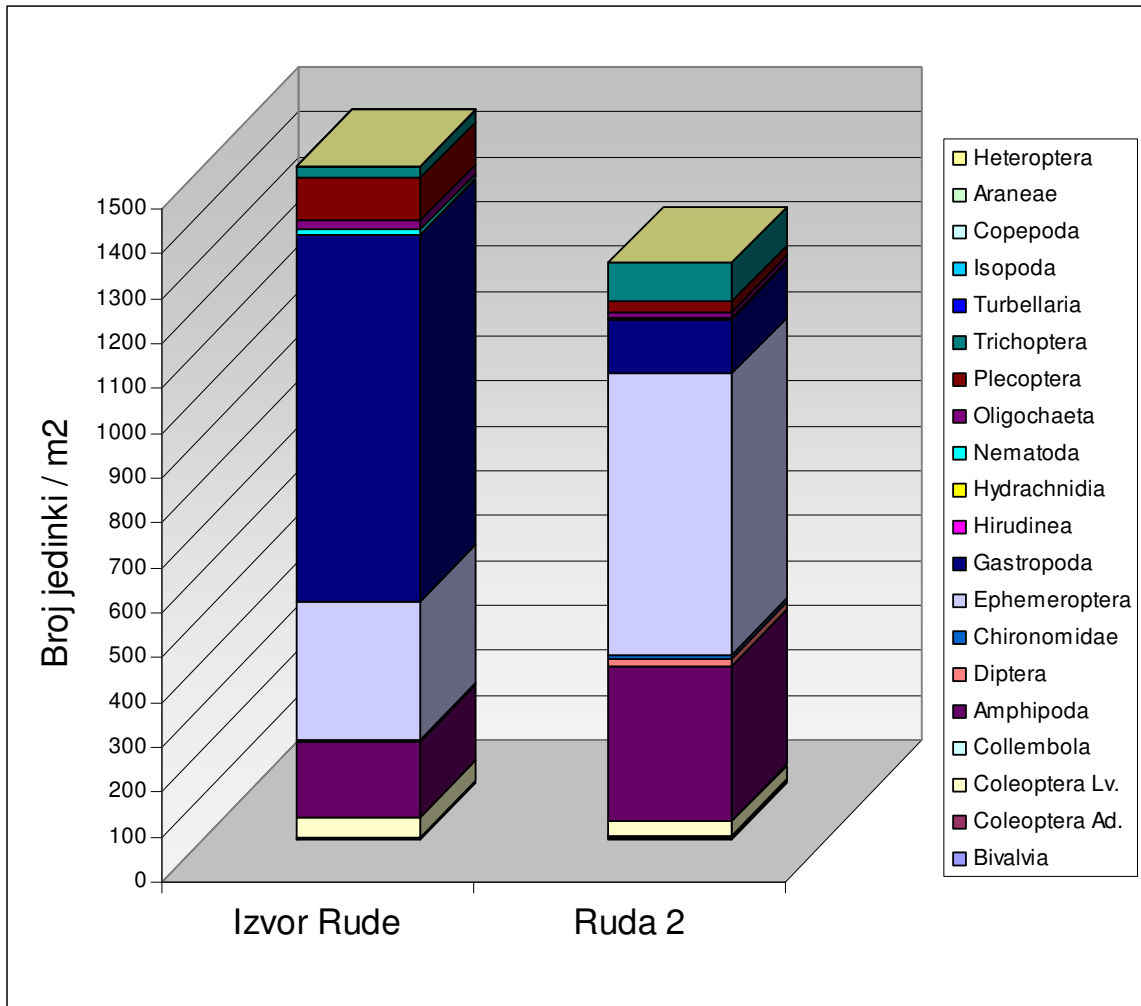


**Slika 17.** Brojnost pojedinih skupina makrozoobentosa po m<sup>2</sup> na postaji Ruda 2 tijekom 2004/2005. Na X-osi prikazani su redom: dubina (cm), mikrostanište (S1- sitni, srednji i krupni šljunak; S2- veće kamenje veličine šake), mjesec i godina. Na Y-osi prikazana je brojnost jedinki po m<sup>2</sup>.

#### 4. REZULTATI

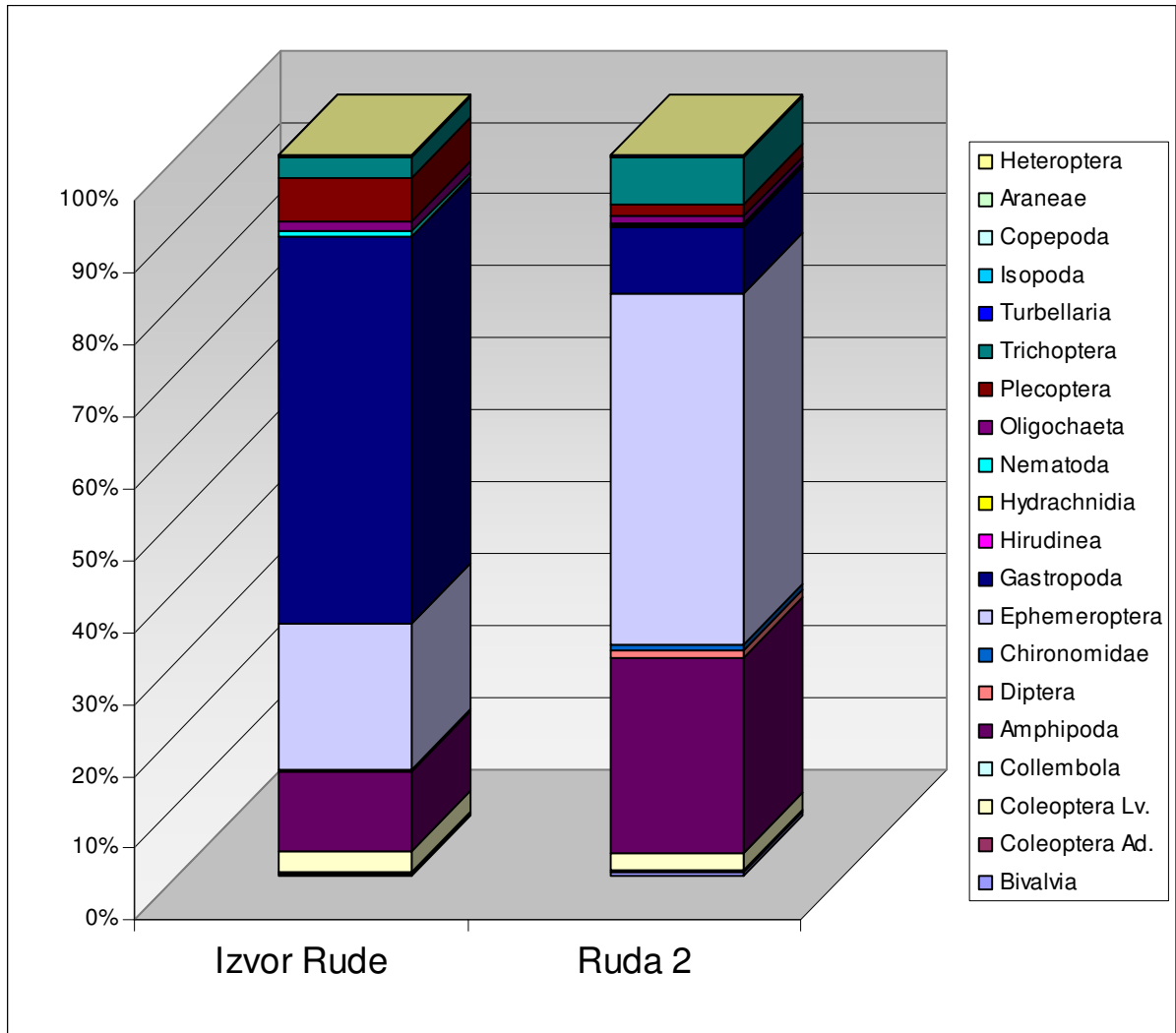


**Slika 18.** Postotni udio po m<sup>2</sup> pojedinih skupina makrofaune na postaji Ruda 2 tijekom 2004./2005. godine. Na X-osi prikazani su redom: dubina, mikrostanište (S1- sitni, srednji i krupni šljunak; S2- veće kamenje veličine šake), mjesec i godina. Na Y-osi prikazan je postotni udio jedinki po m<sup>2</sup>.



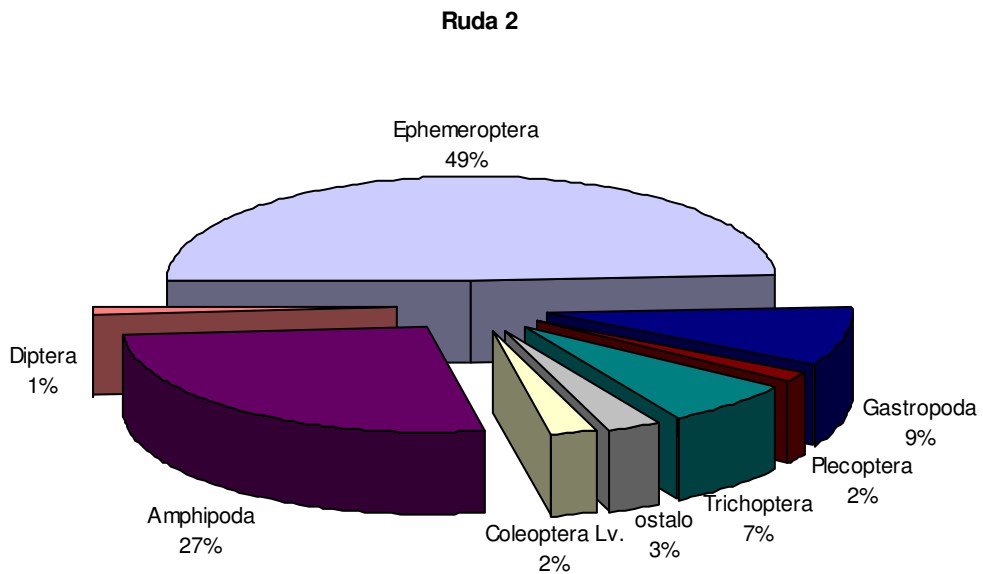
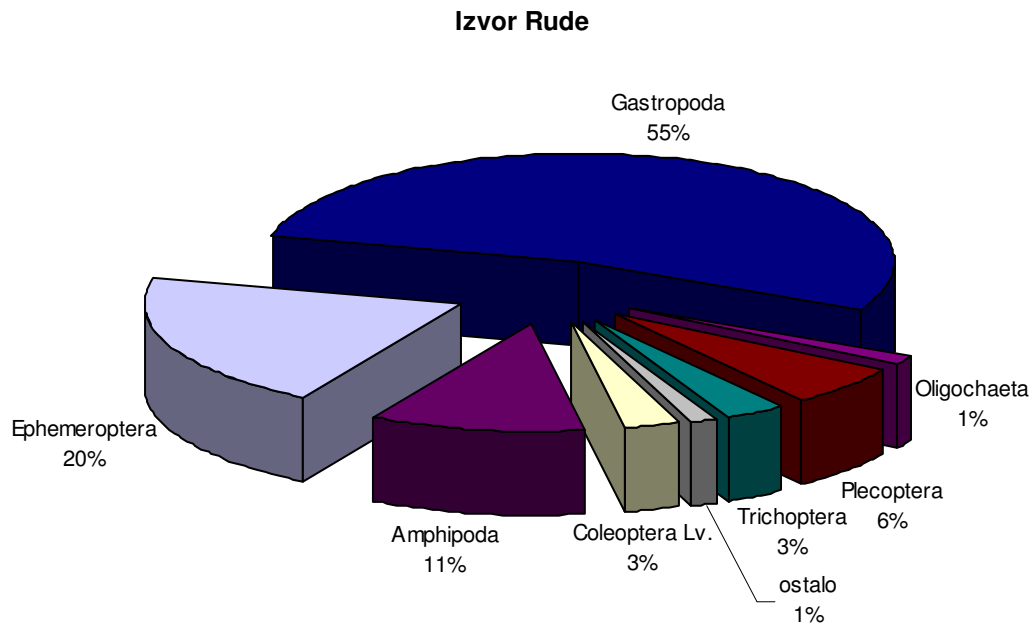
**Slika 19.** Usporedba istraživanih postaja prema prosječnom broju pojedinih skupina makrozoobentosa po m<sup>2</sup> tijekom 2004./2005. godine.

#### 4. REZULTATI



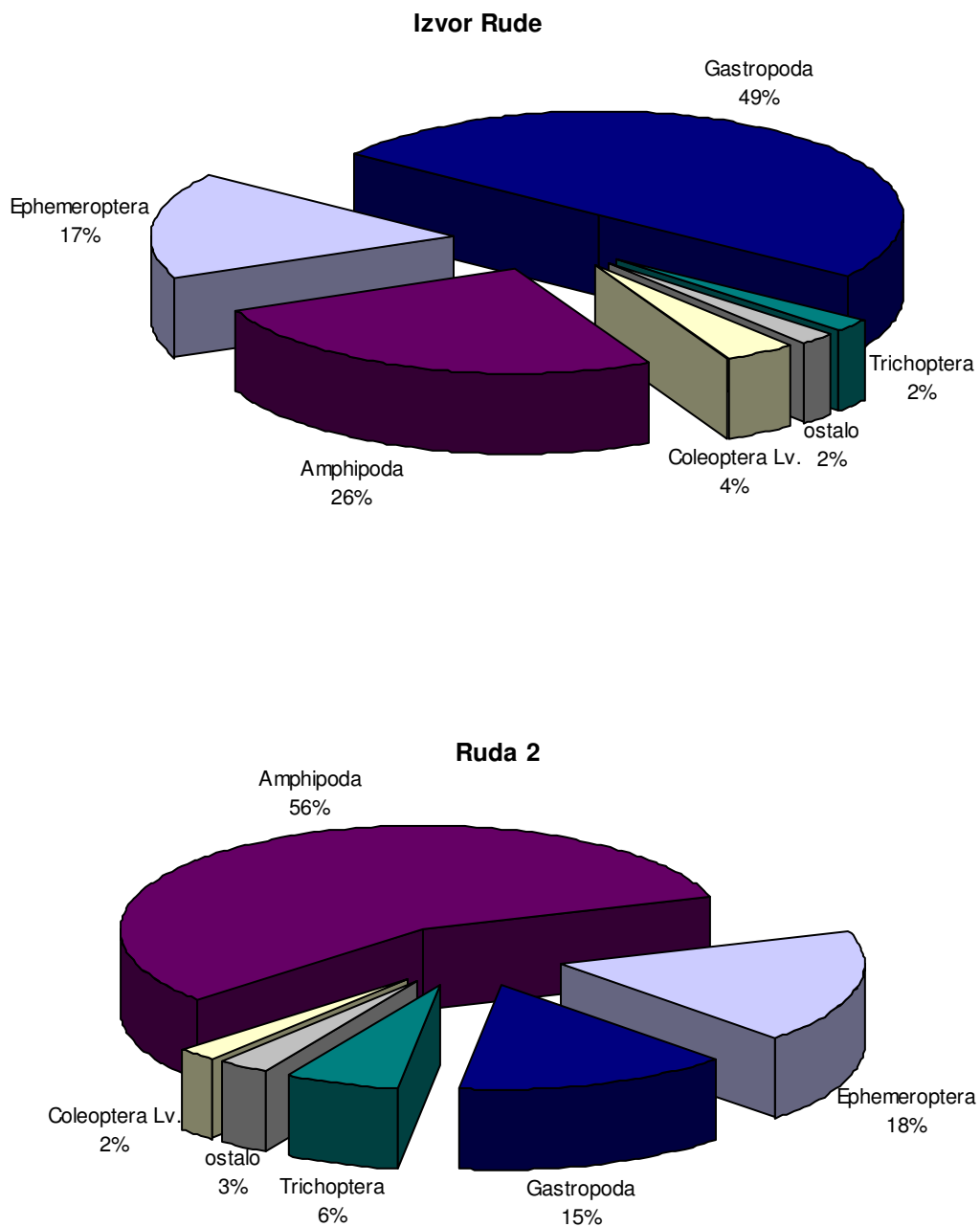
**Slika 20.** Usporedba istraživanih postaja prema postotnom udjelu pojedinih skupina makrozoobentosa po m<sup>2</sup> tijekom 2004./2005. godine.

## 4. REZULTATI



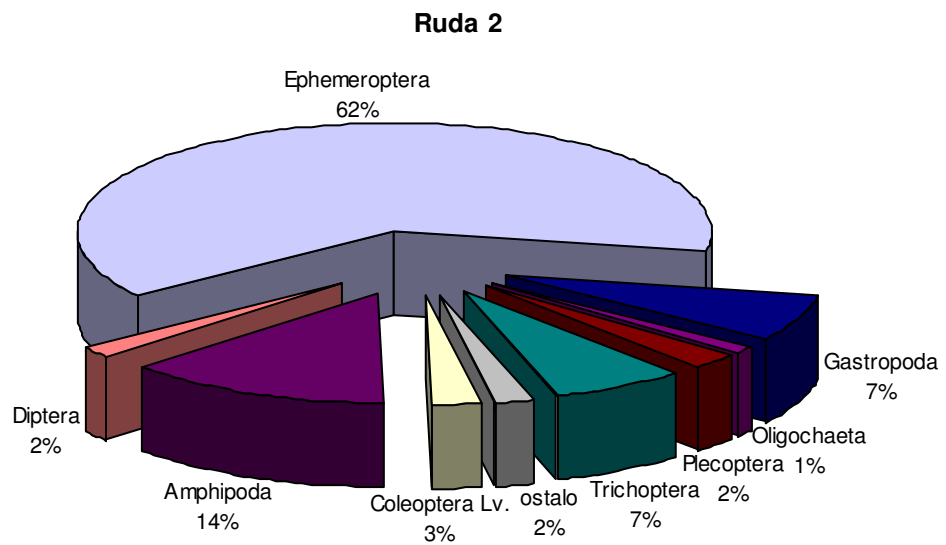
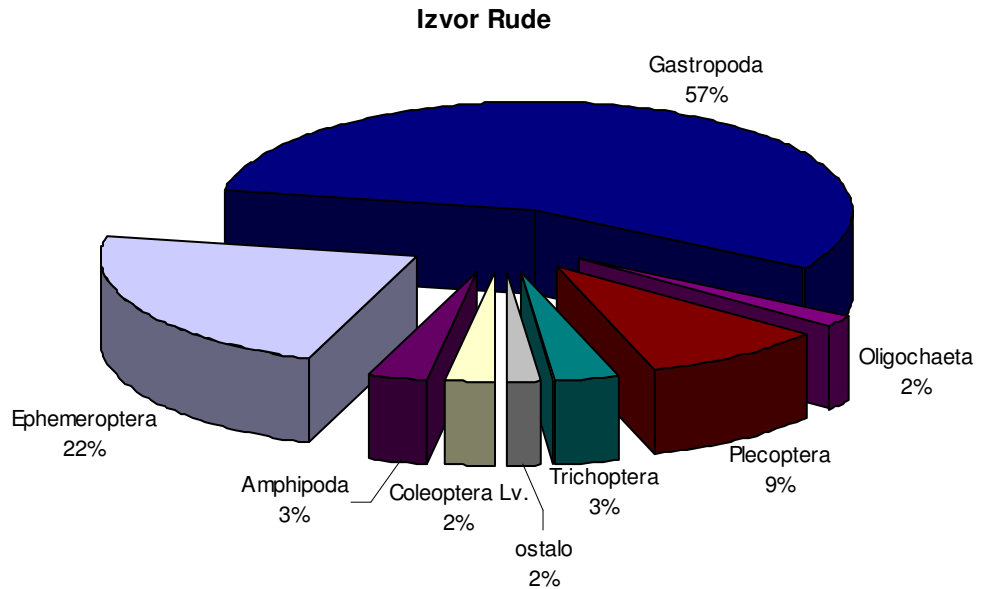
**Slika 21.** Postotni udjeli pojedinih skupina makrozoobentosa (s udjelom  $\geq 1\%$ ) sa postaja Izvor Rude i Ruda 2 tijekom 2004./2005. godine.

## 4. REZULTATI



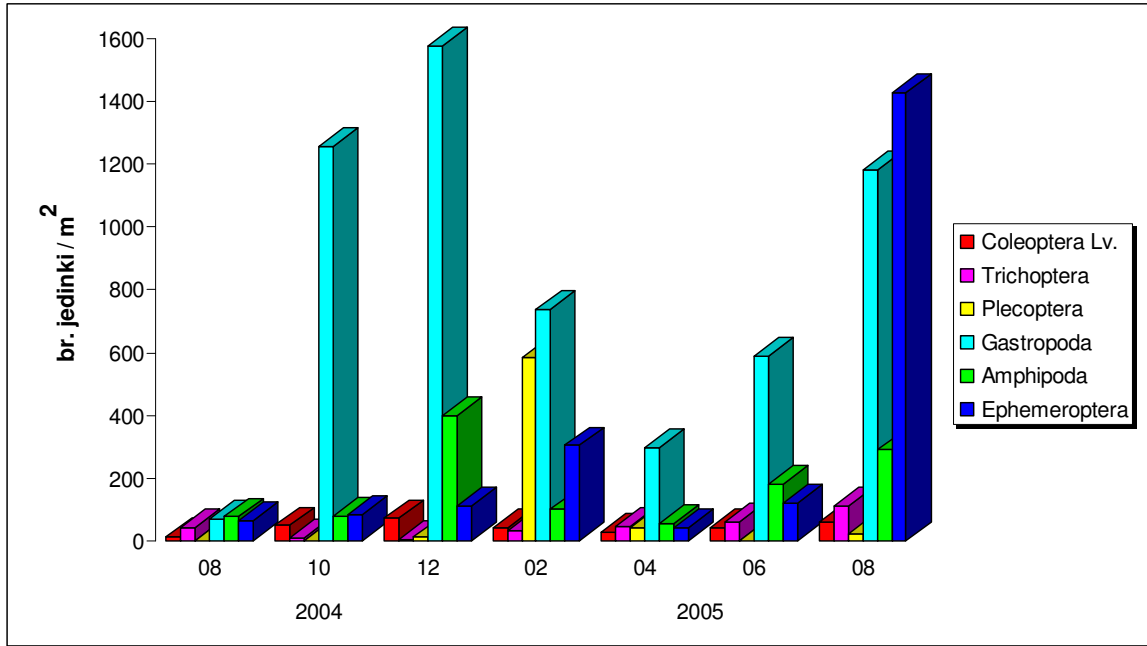
**Slika 22.** Postotni udjeli pojedinih skupina makrozoobentosa (s udjelom  $\geq 1$  %) na mikrostanjstvu S1 tijekom 2004./2005. godine na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

## 4. REZULTATI

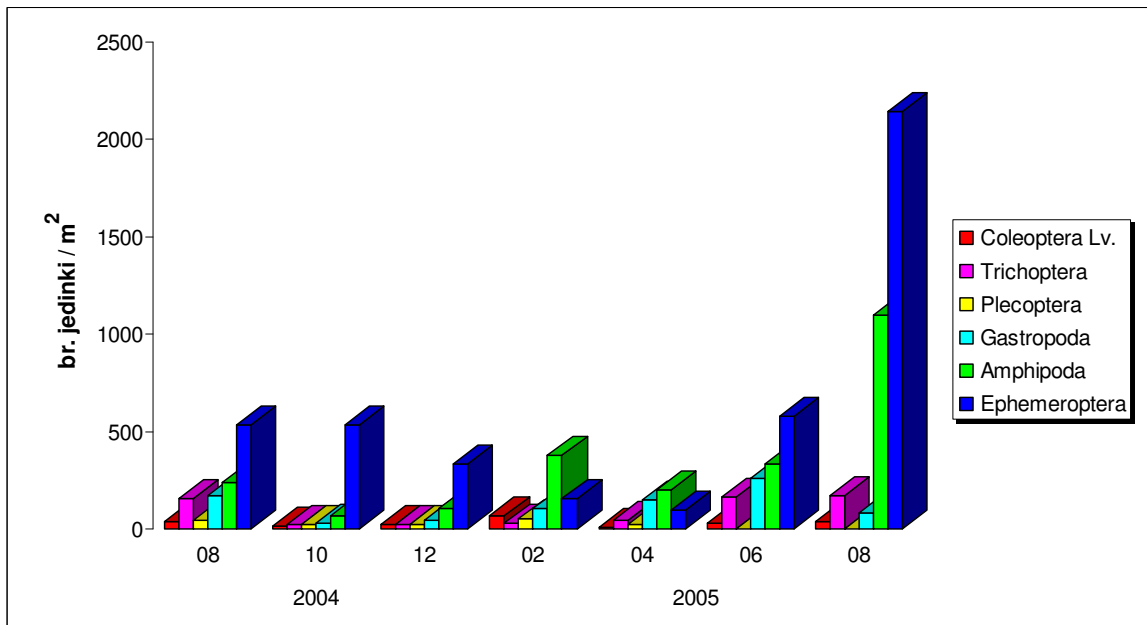


**Slika 23.** Postotni udjeli pojedinih skupina makrozoobentosa (s udjelom  $\geq 1$  %) na mikrostaništu S2 tijekom 2004./2005. godine na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

#### 4. REZULTATI



**Slika 24.** Brojnost skupina makrozoobentosa sa udjelom  $\geq 2\%$  po m<sup>2</sup> na postaji Izvor Rude tijekom 2004./2005.



**Slika 25.** Brojnost skupina makrozoobentosa sa udjelom  $\geq 2\%$  po m<sup>2</sup> na postaji Ruda 2 tijekom 2004./2005.



## 5. Rasprava

U razdoblju od kolovoza 2004. do kolovoza 2005. godine mjereni su fizikalno-kemijski parametri vode, a svaki drugi mjesec prikupljeni su kvantitativni uzorci makrozoobentosa.

Fizikalno-kemijski parametri vode pokazuju slične vrijednosti na obje promatrane postaje, sa minimalnim odstupanjem.

Na izvorima voda izlazi iz podzemlja i nije u većoj mjeri podložna utjecaju atmosferskih prilika te je temperatura vode na izvorima blizu godišnjeg prosjeka temperature zraka područja u kojem se nalazi. Što se više udaljemo od izvora prema ušću, kolebanja temperature su veća. U zimskim mjesecima temperatura vode pada, dok se u ljetnim mjesecima ona raste iz čega proizlazi da temperatura vode ovisi o temperaturi zraka (Giller i Malmquist, 1998). U krškim rijekama, kao što su Krka, Zrmanja, Jadro i Cetina, temperatura se smanjuje sa dubinom, a njena vrijednost raste nizvodno (Štambuk-Giljanović, 2002). Prema dobivenim podacima na postajama Izvor Rude i Ruda uočavamo izuzetno podudaranje temperaturnih vrijednosti koje se kreću u rasponu od 6,8°C do 16,9°C. Ovakav raspon temperature ukazuje na utjecaj akumulacije Buško Blato na srednji tok Cetine, koje se tijekom ljeta zagrijava, dok se zimi hladi te maloj udaljenosti akumulacije Buško Blato do samog izvora rijeke Rude.

Koncentracija otopljenog kisika je često niska i povećava se nizvodno uslijed izloženosti atmosferskih uvjeta (Hynes, 1970). Naime, voda koja dolazi iz podzemlja je siromašna kisikom i tek kada dođe na površinu ona se obogaćuje kisikom otapanjem iz atmosfere. Drugi izvor kisika u vodi je fotosinteza vodenog bilja. Podaci pokazuju da je koncentracija otopljenog kisika u vodi je viša u zimskim mjesecima jer je topljivost kisika povećana smanjenjem temperature vode. Izuzev kolovoza 2005. gdje koncentracija kisika vrlo visoka i na području krenala i hipokrenala.

Vrijednosti pH na području krenala su niže nego vrijednosti izmjerena na području hipokrenala. Naime, prilikom izlaska vode iz podzemlja uz bikarbonate prisutna je i karbonatna kiselina i slobodni ugljikov dioksid, koji snižavaju pH. Od izvora nizvodno voda se obogaćuje kisikom, ugljikov dioksid se oslobađa u atmosferu, ravnoteža se pomiče u korist karbonata i time dolazi do porasta pH.

Podaci dobiveni mjerenjem provodljivosti vode pokazuju da nije došlo do većeg odstupanja, izuzev podatka dobivenog mjerenjem u srpnju 2005. godine.

Podaci dobiveni mjerenjem alkaliniteta ne pokazuju veće odstupanje, izuzev podataka dobivenog mjerenjem u rujnu i listopadu 2004. godine. Krške rijeke kao što su Jadro, Cetina, Ruda i Kosinac su umjereno tvrde, od 140 do 215 mg/L CaCO<sub>3</sub> (Štambuk-Giljanović, 2002). Na alkalinitet krških tekućica direktno utječu oborine i podzemne vode (Bonacci, 1987, Štambuk-Giljanović, 2002, Vučković i sur., 2009).

Na postajama Izvor Rude (krenal) i Ruda 2 (hipokrenal), tijekom istraživanog razdoblja, pronađeno je ukupno devetnaest skupina makroskopskih beskralješnjaka na mikrostaništima S1 i S2.

U uzorcima sa postaje Izvor Rude i Ruda 2 prisutno je sedamnaest skupina makrozoobentosa što ukazuje na podjednaku raznolikost. Postaja Izvor Rude brojnošću jedinki je bogatija u odnosu na postaju Ruda 2. Na postaji Izvor Rude u zajednici makrozoobentosa brojnošću se ističu skupine Gastropoda, Ephemeroptera, Amphipoda, Plecoptera, Trichoptera i ličinke Coleoptera. Na postaji Ruda 2 u zajednici makrozoobentosa brojnošću se ističu skupine Ephemeroptera, Amphipoda, Gastropoda, Trichoptera, ličinke Coleoptera i Plecoptera. Možemo uočiti da na obje postaje dominiraju skupine Gastropoda, Amphipoda i Ephemeroptera. Glazier (1991) je pretpostavio da u izvorima hladnih voda dominiraju ili zajednice vodenih kukaca (Ephemeroptera, Plecoptera, vodeni Diptera, Trichoptera, vodeni Coleoptera i Odonata) ili zajednice različitog sastava (Amphipoda, Gastropoda, Turbellaria, Annelida i Isopoda) (Zrinski, 2006.). Zajednice različitog sastava javljaju se u tvrdim vodama gdje je pH > 7.0, a alkalinitet iznad 25 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>. S druge strane, zajednice vodenih kukaca dominiraju i u kiselim i mekim vodama s pH < 7.0, a alkalinitetom ispod 25 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> (Webb i sur. 1998) što može objasniti veliku brojnost skupina Amphipoda i Gastropoda, koji zajedno čine oko 51,8% od ukupnog broja jedinki nađenih na obje istraživane postaje. Skupine Amphipoda sa najvećom gustoćom populacija najčešće se pojavljuju u područjima intenzivnijeg utjecaja podzemnih voda (Popijač, 2007) kao i skupina Gastropoda, što je vidljivo iz podataka budući da je najveća gustoća ovih skupina upravo prisutna na izvorišnoj postaji (Jandrić, 2009).

U uzorcima sa mikrostaništa S1 prisutno je četrnaest skupina makrozoobentosa, dok je u uzorcima sa mikrostaništa S2 prisutno sedamnaest skupina makrozoobentosa iz čega možemo zaključiti da je najveća raznolikost zajednica prisutna na mikrostaništu S2 koje sadrži krupniji sediment (makrolital i mesolital). Broj jedinki na mikrostaništu S2 je dvostruko veći. Schleuter i Tittizer (1988) navode na je veličina čestica supstrata kritični čimbenik koji utječe na raznolikost vrsta, gustoću populacija i organizaciju

makrozoobentosa. Gustoća populacija pada s povećanjem količine finije granuliranog materijala, dok raznolikost vrsta raste s većom raznolikošću sedimenta. Dakle različiti tipovi supstrata zapravo predstavljaju različita mikrostaništa s svojstvenim zajednicama. Sve vrste makroskopskih beskralješnjaka ne pokazuju isključivo preferiranje jedne vrste supstrata već se javljaju u zajednicama koje se razvijaju na različitim supstratima. Makrofaunu dna nalazimo u prirodnim staništima, ali i onima koje je čovjek umjetno stvorio. Mnoge vrste mogu se kretati (migrirati) driftom niz struju ili letom na druge vodene površine tijekom odrasle faze (Giller i Malmqvist, 1998). Na mikrostaništu S1 na krenalu i hipokrenalu rijeke Rude podjednako su zastupljene skupine Ephemeroptera. Također, na mikrostaništu S1 krenala i hipokrenala uz skupinu Ephemeroptera dominiraju skupine Gastropoda i Amphipoda. Na mikrostaništu S2 krenala dominira skupina Gastropoda čiji udio opada u području hipokrenala. Obrnuto se ponašaju skupine Ephemeroptera i Amphipoda čiji udio raste nizvodno.

Gustoća i raznolikost makrozoobentosa je veća u stalnim izvorima, kao što je izvor rijeke Rude, međutim neki izvori povremeno presušuju, pa bi gustoća nekih skupina (Diptera i Ephemeroptera) mogla biti viša, s obzirom na njihovu sposobnost brze kolonizacije (Glazier & Gooch, 1987, Vučković i sur. 2009). Što je heterogenost supstrata veća odnosno što je kompleksnost staništa veća to je i raznolikost vrsta u čitavoj zajednici veća. Kompleksnost staništa varira longitudinalno, a često je maksimalna u srednjem dijelu toka (Thorp i Covich, 2001, Kranjčević, 2009) što je vidljivo iz različitosti sedimenta rijeke Rude, koja je srednji tok rijeke Cetine. Općenito vrijedi da u brzacima sa stijenovitim supstratom i velikim protokom vode dolazi veći broj vrsta i jedinki nego u bazenima s muljevitim sedimentom (Hynes 1970, Thorp i Covich 2001, Kranjčević, 2009).

## 6. Zaključak

- ◆ Temperatura vode mjerena na području Izvora Rude i Ruda 2 ne pokazuju odstupanja. Minimalna temperatura iznosi 6,8°C, a maksimalna 16,9°C.
- ◆ Vrijednosti dobivene mjerenjem koncentracije otopljenog kisika ukazuju na odstupanja u kolovozu 2004. godine, kada koncentracija otopljenog kisika iznosi 8,4 mg/L na obje postaje i u kolovozu 2005. godine, kada koncentracija otopljenog kisika iznosi 11,76 na postaji Izvor Ruda i 13,65 na postaji Ruda 2. Na Izvoru Rude srednja vrijednost koncentracije otopljenog kisika iznosila je 9.499 mg/L, na postaji Ruda 2 10.516 mg/L.
- ◆ Vrijednosti dobivene mjerenjem zasićenja vode kisikom ukazuju na odstupanja u kolovozu 2004. godine, kada zasićenje vode kisikom iznosi 91% na obje postaje i u kolovozu 2005. godine, kada zasićenje vode kisikom iznosi 119,5% na postaji Izvor Ruda i 139,1% na postaji Ruda 2. Srednja vrijednost zasićenja vode kisikom, na postaji Izvor Rude, iznosila je 99.1%, a na postaji Ruda 2 101.346%.
- ◆ pH vrijednosti Izvora Rude također su nešto niže od vrijednosti postaje Ruda 2. Srednja vrijednost pH prve postaje iznosila je 7.703, a vrijednost pH druge postaje 7.809.
- ◆ Srednja vrijednost za provodljivost na postaji Izvor Rude, 322.154  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , viša je u odnosu na vrijednost postaje Ruda 2, 297.846  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- ◆ Izmjerene srednje vrijednosti alkaliniteta na postajama Izvor Rude i Ruda 2, iznosile su 154.38 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , odnosno 143.269 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ .
- ◆ Ukupno devetnaest skupina makrozoobentosa nađeno na krenalu i hipokrenalu rijeke Rude
- ◆ Najveći prosječan broj jedinki makrozoobentosa nađen je na krenalu (1 520 jedinki po  $\text{m}^2$ ).
- ◆ Krenal i hipokrenal odlikuju se podjednako raznolikosti skupina, točnije sa po sedamnaest skupina.
- ◆ Na obje postaje dominiraju skupine Gastropoda, Amphipoda i Ephemeroptera.
- ◆ Najveća raznolikost skupina (sedamnaest skupina) i prosječan broj jedinki (1 877 jedinki po  $\text{m}^2$ ) prisutna je na mikrostaništu makrolitala i mesolitala.
- ◆ Na mikrostaništu mikrolitala i alkala krenala i hipokrenala dominiraju skupine Gastropoda i Amphipoda, uz podjednako zastupljenu skupinu Ephemeroptera.
- ◆ Mikrostanište makrolital i mesolital krenala karakterizira velik udio skupine Gastropoda, koji opada u hipokrenalu, te manji udio skupine Ephemeroptera čiji udio raste u području hipokrenala.
- ◆ Uz najbrojnije skupine Ephemeroptera, Gastropoda i Amphipoda pojavljuje se skupina Plecoptera osobito na makrolitalu i mezolitalu.

## 7. Prilozi

Tablica 1. Temperatura vode (°C) izmjerena na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

| Mjesec                    | Izvor Rude  | Ruda 2 |
|---------------------------|-------------|--------|
| 8                         | 16,9        | 16,9   |
| 9                         | 16,2        | 16,3   |
| 10                        | 14,1        | 14,1   |
| 11                        | 12,6        | 12,6   |
| 12                        | 10          | 9,9    |
| 1                         | 7,7         | 7,7    |
| 2                         | 6,8         | 6,8    |
| 3                         | 7,9         | 7,9    |
| 4                         | 8,9         | 8,9    |
| 5                         | 10,2        | 10,2   |
| 6                         | 13,2        | 13,6   |
| 7                         | 15,2        | 15,3   |
| 8                         | 14,4        | 14,5   |
| <b>srednja vrijednost</b> | 11,85384615 | 11,9   |
| <b>minimum</b>            | 6,8         | 6,8    |
| <b>maksimum</b>           | 16,9        | 16,9   |

Tablica 2. Koncentracija otopljenog kisika (mg/L) izmjerena na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

| Mjesec                    | Izvor Rude  | Ruda 2      |
|---------------------------|-------------|-------------|
| 8                         | 8,4         | 8,4         |
| 9                         | 9,2         | 10,1        |
| 10                        | 7,4         | 7,5         |
| 11                        | 9,2         | 9,2         |
| 12                        | 10,9        | 11,2        |
| 1                         | 11,74       | 11,85       |
| 2                         | 11,39       | 11,82       |
| 3                         | 11,3        | 11,39       |
| 4                         | 11,1        | 11          |
| 5                         | 10,82       | 10,44       |
| 6                         | 11,2        | 10,25       |
| 7                         | 10,18       | 9,91        |
| 8                         | 11,76       | 13,65       |
| <b>srednja vrijednost</b> | 10,35307692 | 10,51615385 |
| <b>minimum</b>            | 7,4         | 7,5         |
| <b>maksimum</b>           | 11,76       | 13,65       |

**Tablica 3.** Zasićenje vode kisikom (%) izmjereno na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

| Mjesec                    | Izvor Rude | Ruda 2      |
|---------------------------|------------|-------------|
| 8                         | 91         | 91          |
| 9                         | 97         | 105         |
| 10                        | 76         | 77          |
| 11                        | 89         | 89          |
| 12                        | 100        | 103         |
| 1                         | 100,9      | 101,9       |
| 2                         | 98,2       | 101,8       |
| 3                         | 99         | 99,7        |
| 4                         | 100,9      | 99,8        |
| 5                         | 100,5      | 106,1       |
| 6                         | 111,3      | 101,8       |
| 7                         | 105        | 102,3       |
| 8                         | 119,5      | 139,1       |
| <b>srednja vrijednost</b> | 99,1       | 101,3461538 |
| <b>minimum</b>            | 76         | 77          |
| <b>maksimum</b>           | 119,5      | 139,1       |

**Tablica 4.** pH vrijednosti izmjerene na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

| Mjesec                    | Izvor Rude  | Ruda 2      |
|---------------------------|-------------|-------------|
| 8                         | 7,696       | 7,696       |
| 9                         | 7,686       | 7,858       |
| 10                        | 7,593       | 7,73        |
| 11                        | 7,775       | 7,821       |
| 12                        | 7,81        | 7,853       |
| 1                         | 7,895       | 7,885       |
| 2                         | 7,798       | 7,87        |
| 3                         | 7,695       | 7,838       |
| 4                         | 7,604       | 7,784       |
| 5                         | 7,65        | 7,839       |
| 6                         | 7,699       | 7,842       |
| 7                         | 7,619       | 7,756       |
| 8                         | 7,622       | 7,742       |
| <b>srednja vrijednost</b> | 7,703230769 | 7,808769231 |
| <b>minimum</b>            | 7,593       | 7,696       |
| <b>maksimum</b>           | 7,895       | 7,885       |

**Tablica 5.** Provodljivost vode ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) izmjerena na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

| Mjesec                    | Izvor Rude  | Ruda 2      |
|---------------------------|-------------|-------------|
| 8                         | 314         | 314         |
| 9                         | 317         | 316         |
| 10                        | 338         | 338         |
| 11                        | 343         | 343         |
| 12                        | 315         | 315         |
| 1                         | 328         | 329         |
| 2                         | 342         | 341         |
| 3                         | 332         | 332         |
| 4                         | 306         | 307         |
| 5                         | 310         | 310         |
| 6                         | 309         | 309         |
| 7                         | 312         | 307         |
| 8                         | 322         | 321         |
| <b>srednja vrijednost</b> | 322,1538462 | 321,6923077 |
| <b>minimum</b>            | 306         | 307         |
| <b>maksimum</b>           | 343         | 343         |

**Tablica 6.** Alkalinitet vode ( $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ ) na postajama Izvor Rude i Ruda 2.

| Mjesec                    | Izvor Rude  | Ruda 2      |
|---------------------------|-------------|-------------|
| 8                         | 150         | 150         |
| 9                         | 130         | 145         |
| 10                        | 150         | 140         |
| 11                        | 165         | 165         |
| 12                        | 162,5       | 160         |
| 1                         | 155         | 155         |
| 2                         | 160         | 160         |
| 3                         | 160         | 160         |
| 4                         | 152,5       | 152,5       |
| 5                         | 157,5       | 157,5       |
| 6                         | 155         | 155         |
| 7                         | 150         | 145         |
| 8                         | 155         | 157,5       |
| <b>srednja vrijednost</b> | 154,0384615 | 154,0384615 |
| <b>minimum</b>            | 130         | 140         |
| <b>maksimum</b>           | 165         | 165         |

7. PRILOZI

Tablica 7. Brojnost i udio jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa na postaji Izvor Rude od 8./2004. do 8./2005.

| Godina         | 2004       |            |            |             |             |            |
|----------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|
|                | 08         |            | 10         |             | 12          |            |
| Mjesec         | S1         | S2         | S1         | S2          | S1          | S2         |
| Surber Br.     | 18         | 67         | 38         | 8           | 18          | 48         |
| Dubina (cm)    | 18         | 67         | 38         | 8           | 18          | 48         |
| Skupina/oznaka | 1R08S1     | 1R08S2     | 1R10S1     | 1R10S2      | 1R12S1      | 1R12S2     |
| Bivalvia       | 0          | 13         | 0          | 0           | 0           | 0          |
| Coleoptera Ad. | 1          | 0          | 3          | 1           | 6           | 0          |
| Coleoptera Lv. | 2          | 13         | 2          | 47          | 61          | 11         |
| Collembola     | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 1          |
| Amphipoda      | 53         | 24         | 23         | 55          | 321         | 76         |
| Diptera        | 0          | 0          | 0          | 1           | 2           | 1          |
| Chironomidae   | 3          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          |
| Ephemeroptera  | 36         | 31         | 28         | 57          | 40          | 73         |
| Gastropoda     | 9          | 62         | 203        | 1054        | 840         | 735        |
| Hirudinea      | 1          | 1          | 0          | 1           | 5           | 1          |
| Hydrachnidia   | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          |
| Nematoda       | 0          | 66         | 0          | 0           | 0           | 0          |
| Oligochaeta    | 1          | 106        | 0          | 0           | 0           | 7          |
| Plecoptera     | 0          | 0          | 0          | 0           | 6           | 6          |
| Trichoptera    | 33         | 8          | 2          | 8           | 2           | 4          |
| Turbellaria    | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          |
| Isopoda        | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          |
| Copepoda       | 0          | 3          | 0          | 0           | 0           | 0          |
| <b>Ukupno</b>  | <b>139</b> | <b>327</b> | <b>261</b> | <b>1224</b> | <b>1283</b> | <b>915</b> |



## 7. PRILOZI

Tablica 7. Nastavak

| 2005       |             |            |            |            |            |            |             |        |        |
|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------|--------|
| 02         |             | 04         |            | 06         |            | 08         |             | Ukupno | Udio   |
| S1         | S2          | S1         | S2         | S1         | S2         | S1         | S2          |        |        |
| 20         | 25-30       | 30-33      | 30-33      | 15-18      | 28-33      | 6-9        | 25-35       |        |        |
| 1R02S1     | 1R02S2      | 1R04S1     | 1R04S2     | 1R06S1     | 1R06S2     | 1R08S1     | 1R08S2      |        |        |
| 0          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 13     | 0,12%  |
| 1          | 1           | 1          | 1          | 3          | 2          | 1          | 0           | 21     | 0,2%   |
| 22         | 21          | 8          | 21         | 26         | 15         | 24         | 36          | 309    | 2,91%  |
| 0          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 1      | 0,01%  |
| 74         | 26          | 50         | 5          | 178        | 3          | 248        | 42          | 1178   | 11,08% |
| 0          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 5           | 9      | 0,08%  |
| 0          | 2           | 0          | 2          | 1          | 1          | 0          | 8           | 17     | 0,16%  |
| 60         | 244         | 4          | 40         | 109        | 11         | 333        | 1094        | 2160   | 20,32% |
| 597        | 140         | 41         | 258        | 117        | 474        | 32         | 1151        | 5713   | 53,74% |
| 1          | 1           | 1          | 0          | 1          | 0          | 1          | 0           | 14     | 0,13%  |
| 0          | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 3           | 3      | 0,03%  |
| 0          | 0           | 0          | 0          | 2          | 0          | 0          | 0           | 68     | 0,64%  |
| 7          | 3           | 3          | 0          | 14         | 0          | 0          | 6           | 147    | 1,38%  |
| 2          | 581         | 2          | 41         | 0          | 0          | 2          | 20          | 660    | 6,21%  |
| 8          | 23          | 4          | 43         | 3          | 58         | 27         | 86          | 309    | 2,91%  |
| 0          | 1           | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0           | 2      | 0,02%  |
| 0          | 0           | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0           | 1      | 0,01%  |
| 0          | 2           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 5      | 0,05%  |
| <b>772</b> | <b>1045</b> | <b>114</b> | <b>413</b> | <b>454</b> | <b>564</b> | <b>668</b> | <b>2451</b> |        |        |

## 7. PRILOZI

**Tablica 8.** Brojnost i udio jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa na postaji Ruda 2 od 8./2004. do 8./2005.

| Godina         | 2004       |            |            |            |            |            |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                | 08         |            | 10         |            | 12         |            |
| Mjesec         |            |            |            |            |            |            |
| Surber Br.     | S1         | S2         | S1         | S2         | S1         | S2         |
| Dubina (cm)    | 20         | 20         | 27         | 23         | 60         | 34         |
| Skupina/oznaka | 2R08S1     | 2R08S2     | 2R10S1     | 2R10S2     | 2R12S1     | 2R12S2     |
| Bivalvia       | 0          | 25         | 0          | 0          | 4          | 0          |
| Coleoptera Ad. | 3          | 7          | 0          | 0          | 0          | 8          |
| Coleoptera Lv. | 2          | 32         | 4          | 10         | 7          | 14         |
| Collembola     | 1          | 2          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| Amphipoda      | 148        | 90         | 63         | 5          | 55         | 52         |
| Diptera        | 1          | 0          | 0          | 89         | 0          | 0          |
| Chironomidae   | 4          | 17         | 7          | 0          | 0          | 2          |
| Ephemeroptera  | 273        | 258        | 17         | 519        | 19         | 315        |
| Gastropoda     | 15         | 153        | 17         | 15         | 36         | 12         |
| Hirudinea      | 0          | 0          | 0          | 0          | 2          | 0          |
| Hydrachnidia   | 0          | 0          | 0          | 0          | 1          | 2          |
| Nematoda       | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| Oligochaeta    | 0          | 0          | 1          | 1          | 0          | 9          |
| Plecoptera     | 0          | 42         | 1          | 18         | 0          | 20         |
| Trichoptera    | 55         | 103        | 8          | 13         | 8          | 12         |
| Turbellaria    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1          |
| Araneae        | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| Heteroptera    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| <b>Ukupno</b>  | <b>503</b> | <b>729</b> | <b>118</b> | <b>670</b> | <b>132</b> | <b>447</b> |

## 7. PRILOZI

Tablica 8. Nastavak

| 2005       |            |            |            |            |            |            |             | Ukupno | Udio   |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------|--------|
| 02         |            | 04         |            | 06         |            | 08         |             |        |        |
| S1         | S2         | S1         | S2         | S1         | S2         | S1         | S2          |        |        |
| 24         | 35         | 30         | 28         | 22         | 33-38      | 28         | 31-41       |        |        |
| 2R02S1     | 2R02S2     | 2R04S1     | 2R04S2     | 2R06S1     | 2R06S2     | 2R08S1     | 2R08S2      |        |        |
| 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 29     | 0,32%  |
| 1          | 2          | 3          | 0          | 2          | 5          | 1          | 0           | 32     | 0,36%  |
| 12         | 58         | 7          | 3          | 12         | 15         | 15         | 24          | 215    | 2,39%  |
| 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 3      | 0,03%  |
| 298        | 82         | 189        | 12         | 306        | 30         | 525        | 575         | 2430   | 27,02% |
| 0          | 3          | 1          | 10         | 0          | 2          | 0          | 2           | 108    | 1,2%   |
| 0          | 2          | 0          | 8          | 3          | 16         | 0          | 5           | 64     | 0,71%  |
| 50         | 109        | 16         | 82         | 58         | 524        | 67         | 2078        | 4385   | 48,75% |
| 38         | 65         | 110        | 36         | 166        | 96         | 26         | 55          | 840    | 9,34%  |
| 3          | 1          | 2          | 0          | 1          | 0          | 9          | 10          | 28     | 0,31%  |
| 0          | 2          | 0          | 1          | 0          | 3          | 0          | 2           | 11     | 0,12%  |
| 0          | 0          | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0           | 1      | 0,01%  |
| 0          | 36         | 3          | 0          | 7          | 0          | 14         | 16          | 87     | 0,97%  |
| 1          | 49         | 0          | 22         | 1          | 0          | 0          | 0           | 154    | 1,71%  |
| 16         | 12         | 24         | 19         | 20         | 142        | 41         | 130         | 603    | 6,7%   |
| 0          | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0           | 2      | 0,02%  |
| 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 1      | 0,01%  |
| 0          | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0           | 1      | 0,01%  |
| <b>419</b> | <b>421</b> | <b>355</b> | <b>195</b> | <b>577</b> | <b>833</b> | <b>698</b> | <b>2897</b> |        |        |

**Tablica 9.** Popis vrsta skupine Plecoptera sa postaja Izvor Rude i Ruda 2 od 8./2004 do 8./2005.- parni mjeseci (Popijač 2007).

| <b>Porodica</b>  | <b>Ime vrste</b>                         | <b>IZVOR RUDE</b> | <b>RUDA 2</b> |
|------------------|--|-------------------|---------------|
| Leuctridae       | <i>Leuctra</i><br>sp.                    | -                 | +             |
| Nemouridae       | <i>Amphinemura</i><br><i>tringularis</i> | +                 | +             |
|                  | <i>Nemoura</i><br><i>cinerea</i>         | -                 | +             |
| Perlidae         | <i>Perla</i><br><i>pallida</i>           | -                 | +             |
|                  | <i>Dinocras</i><br><i>megacephala</i>    | -                 | +             |
| Perlodidae       | <i>Isoperla</i><br><i>inermis</i>        | +                 | -             |
|                  | <i>Isoperla</i><br>sp.                   | +                 | +             |
| Taeniopterygidae | <i>Brachyptera</i><br><i>tristis</i>     | +                 | +             |

**Tablica 10.** Popis vrsta skupine Trichoptera sa postaja Izvor Rude i Ruda 2 od 8./2004. do 8./2005. – parni mjeseci (Kerovec i sur. 2007).

| Porodica          | Ime vrste                           | IZVOR RUDE | RUDA 2 |
|-------------------|-------------------------------------|------------|--------|
| Rhyacophilidae    | <i>Rhyacophila aurata</i>           | -          | +      |
|                   | <i>Rhyacophila evoluta</i>          | +          | +      |
|                   | <i>Rhyacophila fasciata</i>         | -          | +      |
|                   | <i>Rhyacophila vulgaris</i>         | +          | +      |
|                   | <i>Rhyacophila</i> sp.              | +          | +      |
| Glossosomatidae   | <i>Glossosoma bifidum</i>           | +          | +      |
|                   | <i>Glossosoma conformis</i>         | +          | +      |
| Hydroptilidae     | <i>Hydroptila</i> sp.               | +          | +      |
| Hydropsychidae    | <i>Hydropsyche angustipennis</i>    | +          | +      |
|                   | <i>Hydropsyche incognita</i>        | -          | +      |
|                   | <i>Hydropsyche Instabilis</i>       | +          | +      |
|                   | <i>Hydropsyche</i> sp.              | +          | +      |
| Polycentropodidae | <i>Polycentropus flavomaculatus</i> | -          | +      |
|                   | <i>Polycentropus</i> sp.            | -          | +      |
| Psychomyidae      | <i>Psychomyia pusilla</i>           | +          | +      |
| Limnephilidae     | <i>Limnephilus lunatus</i>          | -          | +      |
| Lepidostomatidae  | <i>Lasiocephala basalis</i>         | +          | +      |
|                   | <i>Lepidostoma hirtum</i>           | +          | -      |
| Leptoceridae      | <i>Athripsodes</i> sp.              | +          | -      |
| Sericostomatidae  | <i>Sericostoma flavicorne</i>       | +          | +      |
|                   | <i>Sericostoma</i> sp.              | +          | +      |
| Goeridae          | <i>Goera pilosa</i>                 | -          | +      |
|                   | <i>Silo pallipes</i>                | +          | +      |
|                   | <i>Silo piceus</i>                  | -          | +      |
|                   | <i>Silo</i> sp.                     | +          | +      |
| Odontoceridae     | <i>Odontocerum</i> sp.              | -          | +      |

## 8. Literatura

Bêche L. A., 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 Biology* 51, 56-75.

Campatoli S., Ghetti P. F., Minelli A., Ruffo S. (1994): Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci Italiane. Vol. I. APR&B, Trento.

CRA/PPA (2000): Riječni sliv i pripadajuće obalno područje rijeke Cetine: Ekološki i socio-ekonomski profil. Centar za regionalne aktivnosti Programa prioriternih akcija, Split.

Giller P. S., Malmqvist B. (1998): *The Biology of Streams and Rivers*, Oxford University press, New York, str. 9-33.

Glazier D.S (1998): Springs as model systems for ecology and evolutionary biology: A case study of *Gammarus minus* Say (Amphipoda) in Mid-Appalachian springs differing in pH and ionic content U: Botosaneanu, L. (ur.) *Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbooks*. Leiden, Bachuys Publishers, str. 49-62.

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

Hynes, H. B. N. (1970): *The ecology of running waters*, Liverpool University press

Jandrić N. (2009): Struktura populacija i dinamika razmnožavanja vrste *Niphargus dalmatinus* (Crustacea, Amphipoda) duž toka rijeke Cetine, Diplomski rad, Biološki odsjek PMF-a, Zagreb

Kranjčević D. (2009): Struktura i dinamika populacija vrste *Gammarus balcanicus* (Crustacea, Amphipoda) krenala i ritala rijeke Cetine, Diplomski rad, Biološki odsjek PMF-a, Zagreb

Kerovec M. (1986): Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka. Sveučilišna naknada Liber, Zagreb.

Kerovec M., Kučinić M., Vučković I., Popijač A., Mihaljević Z., Previšić A., Ivković M., Gottstein S., Zrinski I., Stanković I., Božak I., Gračan R., Ljuština M., Čuk R., Kovačević S., Petrić T., Herceg N., Kiš M., Jelenčić M. (2007): Bioindikatorska i ekološka obilježja te rasprostranjenost i gustoća populacija faune tulara (Trichoptera, Insecta) duž toka rijeke Cetine. Studija. Biološki odsjek PMF-a, Zagreb: 158 str. (za Hrvatske vode)

Linhart J., Fiuraškova, M., Uvira, V. (2002): Moss- and mineral substrata – dwelling meiobenthos in two different low-order streams. *Arch. Hydrobiol.* 154 (4): 543-560.

Minshall, G. W. (1984): *Aquatic insect-substratum relationships, The ecology of aquatic insects*, Prager, New York

Mrakovčić M., Kerovec M., Plenković-Moraj A., Mihaljević Z., Mustafić P., Bukvić-Ternjej I., Razlog-Grlica J., Radović D., Kovačić D., Čaleta M., Radić I., Zanella D., Schneider D., Gottstein-Matočec S. (2001): Vrednovanje bioloških dobara rijeke i porječja Cetine. Studija, Biološki odjel PMF-a, Zagreb.

- Nilsson A. (1996): *Aquatic Insects of North Europe*. Volume 1. Apollo Books, Stenstrup.
- Nilsson A. (1997): *Aquatic Insects of North Europe*. Volume 2. Apollo Books, Stenstrup.
- Popijač, A. (2007) *Raznolikost i ekologija obalčara (Insecta: Plecoptera) na području Nacionalnog parka Plitvička jezera i rijeke Cetine*, Doktorska disertacija, Biološki odsjek PMF-a, Zagreb, 213.
- Parker J. D., Burkespile D. E., Collins D. O., Kubenk J., Hay M. (2007): Stream mosses as chemically defended refugia for freshwater macroinvertebrates. *Oikos* 116, 302-312.
- Sansoni G. (1992): *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua Italiani*, 2<sup>a</sup> edizione. APR&B, Trento.
- 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.
- Suren, A. (1993): Bryophytes and associated invertebrates in first-order alpine streams of Arthur's Pass, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol. 27: 479-494.
- Štambuk-Giljanović N. (2002): *Vode Cetine i njezina poriječja*. Zavod za javno zdravstvo županije Splitsko-dalmatinske, Split.
- Vučković I, Božak I, Ivković M, Jelenčić M, Kerovec M, Popijač A, Previšić A, Širac S, Zrinski I, Kučinić M. (2009) Composition and structure of benthic macroinvertebrate communities in a Mediterranean karst river Cetina and its tributary Ruda, Croatia. *Natura Croatica* (u tisku za Vol. 18 ).
- Ward J. W, *Aquatic Insect Ecology: Biology and Habitat*, Volume 1: The Quarterly Review of Biology, Published in Association with Stony Brook University, New York, John Wiley & Sons, 1992, 438 p..
- 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, USA. U: Botosaneanu, L. (ur.) *Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbooks*. Leiden, Bachuys Publishers, str. 39-48.
- Williams D. 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 springbooks*. Leiden, Bachuys Publishers, str. 251-261.
- Zollhöfer J. M., Brunke M., Gonser T. (2000): A typology of springs in Switzerland by integrating habitat variables and fauna. *Arch. Hydrobiol. Suppl. Monogr. Stud.* 121 (3-4), 349-376.
- Zrinski I. (2006): *Sastav i sezonska dinamika zajednice makrozoobentosa izvorišnog dijela rijeke Cetine*, Diplomski rad, Biološki odsjek PMF-a, Zagreb.

Internetski izvori:

http 1 :

<http://www.vus.hr/Nastavni%20materijali/Upravljanje%20okolisem/up0607/Seminari.ptt/5.%20seminar.pdf>

http 2 : <http://www.dzrp.hr/publikacije/Nacionalna%20klasifikacija%20stanista.pdf>

http 3 :

[http://www.eawag.ch/publications/eawagnews/www\\_en49/en49e\\_pdf/en49e\\_zol.pdf](http://www.eawag.ch/publications/eawagnews/www_en49/en49e_pdf/en49e_zol.pdf)