

# Struktura i dinamika populacija vrste *Gammarus balcanicus* (Crustacea, Amphipoda) krenala i ritrala rijeke Cetine

---

Kranjčević, Dubravka

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:217:310129>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-12**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Biološki odsjek

Dubravka Kranjčević

Struktura i dinamika populacija vrste *Gammarus  
balcanicus* (Crustacea, Amphipoda) krenala i ritrala  
rijeke Cetine

Diplomski rad

Zagreb, 2009.

Ovaj diplomski rad je izrađen u Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Sanje Gottstein u okviru projekta «Ispitivanje bioindikatorskih i ekoloških obilježja te rasprostranjenosti i gustoće faune tulara duž toka rijeke Cetine» kojeg su financirale Hrvatske vode. Diplomski rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja diplomirani inženjer biologije - ekologije.

## ZAHVALA

Toplo se zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Sanji Gottstein na velikoj stručnoj pomoći i brojnim korisnim savjetima te strpljivosti pri izradi ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se i asistentu mr. sc. Krešimiru Žganecu na pomoći oko analize rezultata i stručnim savjetima tijekom pisanja rada.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

### **Struktura i dinamika populacija vrste *Gammarus balcanicus* (Crustacea, Amphipoda) krenala i ritrala rijeke Cetine**

Dubravka Kranjčević

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

Životni ciklus populacija vrste *Gammarus balcanicus* u rijeci Cetini do sada nije ciljano istraživano, unatoč tome što je vrsta široko rasprostranjena i ima veliku važnost u kruženju tvari u vodotocima koje nastanjuje. Cilj ovog rada bio je istražiti ekologiju i reproduktivnu biologiju vrste. Terenska istraživanja su provedena od kolovoza 2004. godine do kolovoza 2005. godine na šest postaja duž rijeke Cetine. Jedamput mjesečno su mjereni fizikalni i kemijski parametri (temperatura vode, otopljeni kisik, pH, električna provodljivost, alkalinitet), te su Surberovom mrežom prikupljeni kvantitativni uzorci makrozoobentosa. U laboratoriju su jedinke vrste *G. balcanicus* za svaku postaju i datum uzorkovanja prebrojavane i razvrstavane u sljedeće starosne (ontogenetske) i razvojne kategorije: odrasli mužjaci, neovigerne ženke, ovigerne ženke, adolescentne mužjake, adolescentne ženke, juvenilne jedinke, interseksi i ovigerni interseksi. Cilj istraživanja je bio utvrditi raspon abiotičkih čimbenika okoliša, njihov utjecaj na životni ciklus vrste te istražiti strukturu i dinamiku populacija vrste *G. balcanicus* krenala i ritrala rijeke Cetine. Rezultati su pokazali da vrijednosti abiotičkih čimbenika imaju longitudinalni gradijent tipičan za tekućice. Od izvora prema ušću raste prosječna vrijednost temperature vode kao i temperature oscilacije. Koncentracija otopljenog kisika se nizvodno smanjuje, a oscilacije povećavaju. Najniže pH vrijednosti mjerene su na izvorima. U limnokrenom izvoru Cetine voda sporije istječe i duže se zadržava što rezultira većim godišnjim temperaturnim promjenama nego li je u literaturi zabilježeno za izvore. Najveća gustoća populacije vrste *G. balcanicus* od nekoliko tisuća jedinki po m<sup>2</sup> zabilježena je na izvoru Cetine. Longitudinalno, prema ušću, gustoća opada. Mužjaci su bili dominantni tijekom čitavog istraživnog razdoblja što je posljedica njihovog bržeg rasta i ranijeg dostizanja spolne zrelosti. Na postajama izvor Cetine i Obrovac Sinjski vrsta *G. balcanicus* se razmnožava tijekom cijele godine zato što je u izvoru Cetine temperatura vode ujednačena tijekom godine i zbog povoljnog utjecaja mediteranske klime na temperaturu vode u čitavoj rijeci, pa su i najniže izmjerene temperature na donjoj granici temperaturnih vrijednosti zabilježenih u literaturi za početak razmnožavanja kod ove vrste. Također je zabilježena prisutnost interseksa. Takve jedinke su bile malobrojne, ali s velikim udjelom ovigernog interseksa.

(65 stranica, 24 slike, 11 tablica, 42 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

**Ključne riječi: Gammaridae, gustoća populacija, odnos spolova, ovigerne ženke, ciklus razmnožavanja, izvori.**

Voditelj: Doc. dr. sc. Sanja Gottstein

Pomoćni voditelj: Mr. sc. Krešimir Žganec, asistent

Ocjenitelji: Doc. dr. sc. Sanja Gottstein

Doc. dr. sc. Zoran Tadić

Doc. dr. sc. Sven Jelaska

Rad prihvaćen: 11. veljače 2009. godine

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

### **POPULATION STRUCTURE AND DYNAMICS OF *Gammarus balcanicus* (Crustacea, Amphipoda) ALONG THE CETINA RIVER**

Dubravka Kranjčević

Department of Biology, Faculty of Science  
University of Zagreb  
Rooseveltova trg 6, Zagreb

So far there are no detailed data on the life cycle of *G. balcanicus* inhabiting the Cetina river despite its wide range and great importance in matter circulation in streams and rivers. In concordance with that, the aim of this study was to investigate the ecology and reproductive biology of the species. Field studies were carried out from August 2004 to August 2005 at six study sites along the Cetina river. Physical and chemical parameters (water temperature, dissolved oxygen, pH, electric conductivity, alkalinity) were measured and quantitative samples were collected using a Surber net once per month. In the laboratory, the specimens were classified by each month and sampling date in the following categories: adult males, nonovigerous females, ovigerous females, adolescent males, adolescent females, juveniles, intersexes and ovigerous intersexes. The aim was to examine the range of abiotic environmental conditions, their influence on the species' life history traits, and the structure and population dynamic of *G. balcanicus* in creal and rithral of the river. Results have shown that values of abiotic factors have longitudinal gradients typical for streams and rivers. From the spring up to the mouth, the mean water temperature and water temperature fluctuation increase, concentration of dissolved oxygen decreases downstream and its fluctuation increases in the same direction. The lowest pH values were measured at springs. In the limnocrenous Cetina spring, water emerges slower and stays in the pond-like spring for a longer period of time, resulting in higher annual temperature than usually recorded in springs. The greatest population density of *G. balcanicus* has been recorded at the Cetina spring and reached several thousands of specimens per square meter. A longitudinal decrease in population density was observed. Males were predominant during the whole research period, which can be explained by faster growth and earlier attainment of maturity by males than by females. At the Cetina spring and Obrovac Sinjski study sites, the breeding period of *G. balcanicus* is ongoing through the whole year because of constant water temperatures at the Cetina spring and the influence of Mediterranean climate on water temperatures along the Cetina river. We recorded the lowest temperatures at which reproduction of *G. balcanicus* was began. The presence of intersex specimens has also been recorded. Intersexes were rare, but with a high ratio of ovigerous intersexes.

( 65 pages, 24 figures, 11 tables, 42 references, original in Croatian)

Thesis deposited in Central biological library

**Key words: Gammaridae, population density, sex ratio, ovigerous females, reproductive cycle, springs.**

Supervisor: Sanja Gottstein, PhD in Sciences, Assistant Professor

Assistant Supervisor: Krešimir Žganec, MSc, Research Assistant

Reviewers: Sanja Gottstein, PhD in Sciences, Assistant Professor

Zoran Tadić, PhD in Sciences, Assistant Professor

Sven Jelaska, PhD in Sciences, Assistant Professor

Thesis accepted: February 11, 2009

## SADRŽAJ

1.1. Povijesni pregled istraživanja vrste <i>Gammarus balcanicus</i> Schäferna, 1922 u gornjim tokovima krških tekućica Hrvatske.....	1
1.2. Ekološke značajke izvorišnih područja i gornjih tokova krških tekućica .....	4
1.2.1. Značajke izvorišnih područja.....	4
1.2.2. Značajke gornjih tokova.....	10
1.3. Literaturni pregled ekologije i dinamike razmnožavanja vrste <i>Gammarus balcanicus</i> .....	14
1.4. Područje istraživanja.....	16
1.4.1. Geografski smještaj slijeva rijeke Cetine.....	16
1.4.2. Klima slijeva rijeke Cetine.....	17
1.4.3. Reljef slijeva rijeke Cetine.....	17
1.4.4. Geologija i tektonika slijeva rijeke Cetine.....	18
1.4.5. Slijevno područje rijeke Cetine.....	19
1.4.6. Hidrologija i hidrogeologija slijeva rijeke Cetine.....	19
1.4.7. Iskorištavanje rijeke Cetine.....	21
1.4.8. Istraživane postaje duž toka rijeke Cetine.....	22
1.5. Ciljevi istraživanja.....	25
2. MATERIJALI I METODE.....	27
2.1. Terenska istraživanja.....	27
2.1.1. Određivanje fizikalno-kemijskih parametara vode na istraživanim postajama u slijevu Cetine.....	27
2.1.2. Uzorkovanje makrozoobentosa u slijevu Cetine.....	28
2.2. Laboratorijska istraživanja.....	28
2.3. Primijenjeni programski paketi i aplikacije.....	29
3. REZULTATI.....	30
3.1. Abiotički čimbenici okoliša .....	30
3.1.1. Temperatura vode .....	30
3.1.2. Koncentracija otopljenog kisika .....	30
3.1.3. Zasićenje vode kisikom .....	31
3.1.4. pH vrijednost .....	31
3.1.5. Električna provodljivost .....	32
3.1.6. Alkalinitet .....	32
3.2. Dinamika gustoće populacija vrste <i>Gammarus balcanicus</i> krenala i ritrala rijeke Cetine.....	40
3.3. Dinamika razmnožavanja vrste <i>Gammarus balcanicus</i> .....	42
3.3.1. Odnos spolova.....	42
3.3.2. Dinamika gustoće starosnih i razvojnih kategorija.....	46
4. RASPRAVA.....	50
5. ZAKLJUČAK.....	54
6. LITERATURA.....	55
7. PRILOZI.....	59

## 1. UVOD

### 1.1. Povijesni pregled istraživanja vrste *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922 u gornjim tokovima krških tekućica Hrvatske

Dosadašnja istraživanja na području Hrvatske uglavnom nisu ciljano usmjerena samo na vrstu *Gammarus balcanicus* i većinom su taksonomska i faunistička (S. Karaman 1931a, 1931b, 1935, 1957, G. Karaman 1966, 1970, 1977, 1984). Manji broj istraživanja se odnosi općenito na sastav faune izvora i gornjih tokova krških tekućica (Matoničkin i sur. 1961, 1962, 1963, 1964a, 1964b, 1965a, 1965b, 1966, 1967, 1971, 1972, Matoničkin 1987, 1988) ili ciljano na sastav faune rakova (Sket 1988) te na istraživanja o rasprostranjenosti (Kralj 2001), dok su sustavna ekološka istraživanja iznimno malo zastupljena (Šantić 2000, Uzelac 2004, Žganec 2005).

Vrstu je opisao Schäferna 1922. godine s nekoliko lokaliteta na Balkanskom poluotoku (Crna Gora, Hercegovina i Bugarska), a G. Karaman (1966) je odredio izvore u Kolašinu (Crna Gora) kao tipski lokalitet. Vrsta *G. balcanicus* je vrlo varijabilna vrsta i u svakom slijevu formira različite populacije, a ponekad se i u istom izvoru ili vodotoku mogu naći 2-3 različite populacije iste vrste. To je zbunjivalo dosadašnje istraživače i navodilo ih na pogrešan zaključak da se radi o različitim vrstama. Zbog toga su mnoge populacije ove vrste iz raznih dijelova bivše Jugoslavije bile opisivane kao zasebne vrste ili podvrste. Čak je i sam Schäferna (1922), u radu gdje opisuje novu vrstu *G. balcanicus*, istovremeno opisao druge dvije populacije te vrste kao zasebne vrste (*G. konjicensis* i *G. spinicaudatus*) (G. Karaman 1977).

Pogrešno taksonomsko određivanje različitih populacija vrste *G. balcanicus* kao zasebnih novih vrsta susrećemo i kod više drugih autora koji su u bivšoj Jugoslaviji proučavali rod *Gammarus*. Reviziju vrste *G. balcanicus* je nakon višegodišnjeg sakupljanja materijala iz cijele bivše Jugoslavije i detaljne obrade istoga napravio G. Karaman (1977) i utvrdio da 12 različitih vrsta i podvrsta, koje su iz bivše Jugoslavije opisali Schäferna, S. Karaman i on osobno, pripadaju istoj vrsti *G. balcanicus* Schäferna, 1922. Danas je za tu vrstu poznato sveukupno 46 sinonima (Kralj 2001).

Vrsta *G. balcanicus* je do danas u Hrvatskoj zabilježena na 91 nalazištu, od kojih je 8 na rijeci Cetini. Na izvore se odnosi 16 nalazišta, uključujući i izvor Cetine. Prva dva nalaza vrste u rijeci Cetini navodi S. Karaman (1931a), a tijekom kasnijih istraživanja G. Karaman (1977) potvrđuje te nalaze i navodi još šest novih. Osim na Cetini, vrsta je zabilježena i u nekim drugim krškim rijekama Hrvatske (Tablica 1.1).



Tablica 1.1. Popis nalazišta vrste *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922 u Hrvatskoj (preuzeto iz Kralj (2001) i nadopunjeno).

Nalazište	Izvor navoda nalazišta
Baška Draga, otok Krk	G. Karaman 1977, S. Karaman 1957
Boljun, Jezero Čepić, Labin	G. Karaman 1977, S. Karaman 1931b
Boljunščica, Jezero Čepić, Labin	G. Karaman 1977
Burget, Plitvička jezera, Plitvice	G. Karaman 1977
sedrena barijera Burgeti-Kozjak, Plitvička jezera	Matoničkin 1987
Butižnica, Tiškovac	G. Karaman 1977
Ciginovac, Plitvička jezera, Plitvice	G. Karaman 1977, S. Karaman 1931b
Crna rijeka, Metković	Šantić 2000
Crna rijeka, Plitvička jezera, Plitvice	Matoničkin i Pavletić 1962, 1965a, 1965b, 1967, G. Karaman 1977, Matoničkin 1987
Bijela rijeka, Plitvička jezera, Plitvice	Matoničkin i Pavletić 1962, 1965a, 1965b, 1967, Matoničkin 1987
potok Plitvice, Plitvička jezera	Matoničkin i Pavletić 1965a, 1965b, 1967, Matoničkin 1987
Rječica, Plitvička jezera	Matoničkin i Pavletić 1965a, 1965b, 1967, Matoničkin 1987
Matica, Plitvička jezera	Matoničkin i Pavletić 1967, Matoničkin 1987
rijeka Korana	Matoničkin, Pavletić, Tavčar i Krkač 1971, Matoničkin i Pavletić 1972, Matoničkin 1988
Dobrinj, otok Krk	G. Karaman 1977, S. Karaman 1957
Glibovita Draga, Plitvička jezera, Plitvice	G. Karaman 1977
Istra	S. Karaman 1957, Sket 1988
izvor Banja, Istočna Plina, Metković	Šantić 2000
izvor Cetine, Vrlika, Knin	G. Karaman 1977
izvor potoka Plitvice, Plitvička jezera	Matoničkin i Pavletić 1965a
izvor Crne rijeke, Plitvice	S. Karaman 1931b
izvor Kalašce, Omiš	G. Karaman 1977
izvor Kosinac, Sinj	G. Karaman 1977
izvor Krke, Knin	S. Karaman 1931b
izvor Matica, Butina, Veliki Prolog, Vrgorac	Šantić 2000
izvor Miljacka, rijeka Krka, Knin	G. Karaman 1977
izvor Mindel, Baćinska jezera, Metković	Šantić 2000
izvor Mrežnice, Ogulin	G. Karaman 1977
izvor Norin, Prud, Metković	Šantić 2000
izvor Slunjčice, Slunj	G. Karaman 1977
izvor Studena, Omiš	G. Karaman 1977
izvori Desne, Desne, Komin	Šantić 2000
kanal Desne, Banja, Komin	Šantić 2000
Kaštel Stari, Split	G. Karaman 1977, 1984c
Klis, Split	G. Karaman 1966, 1977
Knin	S. Karaman 1931b
Kozljak, Jezero Čepić, Labin	G. Karaman 1977
Krčić, rijeka Krka, Knin	G. Karaman 1977

slap Labudovac, Plitvička jezera	Matoničkin 1987
Labudovac, Plitvička Jezera, Plitvice	G. Karaman 1977
Leskovac, Plitvička Jezera, Plitvice	G. Karaman 1977, S. Karaman 1931b
Mirič- Štropine, Plitvička Jezera, Plitvice	G. Karaman 1977
Prštavci, Plitvička jezera	Matoničkin 1987
ispod Galovačkog Buka, Plitvička jezera	Matoničkin 1987
slap Milke Trnine, Plitvička jezera	Matoničkin 1987
Modro oko, Komin, Metković	Šantić 2000
Okrugljak, Plitvička Jezera, Plitvice	G. Karaman 1977
otok Krk	Sket 1988
Plitvička Jezera, Plitvice	Matoničkin, Pavletić i Tavčar 1966 , G. Karaman 1966, S. Karaman 1931b, 1957
Proščansko Jezero, Plitvička Jezera, Plitvice	G. Karaman 1977
rijeka Cetina, Han, Sinj	G. Karaman 1977, S. Karaman 1931b
rijeka Cetina, Hrvace, Sinj	G. Karaman 1977
rijeka Cetina, Podosje, Vrlika	G. Karaman 1977, S. Karaman 1931b
rijeka Cetina, Vrlika, Dniš	G. Karaman 1977
rijeka Jadro, Klis, Split	G. Karaman 1977, S. Karaman 1931b
rijeka Jadro, Solin	G. Karaman 1966, 1977, S. Karaman 1931b
rijeka Krka	Matoničkin i Pavletić 1965b, S. Karaman 1957G., Matoničkin, Pavletić i Tavčar 1966, Karaman 1977
rijeka Krka, Knin	G. Karaman 1970b, 1977
rijeka Neretva	G. Karaman 1977
rijeka Neretva, Metković	G. Karaman 1977, S. Karaman 1931b, Šantić 2000
rijeka Norin, Sv. Vid, Metković	Šantić 2000
rijeka Vrlika, Imotsko Polje, Imotski	G. Karaman 1977
rijeka Vrnjika, Plaški, Ogulin	G. Karaman 1977
izvorišno područje Zrmanje	Matoničkin i Pavletić 1963
Krupa	Matoničkin i Pavletić 1965b
rijeka Zrmanja	S. Karaman 1957, Matoničkin i Pavletić 1964a, 1965b, Matoničkin, Pavletić i Tavčar 1966
rijeka Zrmanja, pritok Krupe i Visoki Buk	Matoničkin i Pavletić 1965b
rijeka Zrmanja, Žegar, Knin	G. Karaman 1977, S. Karaman 1931b
rijeka Zrmanja, Palanka, Gračac	Matoničkin i Pavletić 1961, 1965b
rijeka Una, Strbački buk i Ripče	Matoničkin i Pavletić 1965b
rijeka Una, Martin Brod	Matoničkin i Pavletić 1965b
rijeka Una, Bužinski	Matoničkin i Pavletić 1964b
rijeka Una, Bosanska Otoka i Bosanski Novi	Matoničkin i Pavletić 1964b
ušće rijeke Sane u rijeku Unu	Matoničkin i Pavletić 1964b
rijeka Rječina	Matoničkin, Pavletić i Tavčar 1966
rijeka Mrežnica, između Belavića i Zvečaja	Matoničkin i Pavletić 1965b
rijeka Gacka, iznad ponora kod Švice	Matoničkin i Pavletić 1965b
rijeka Kupa	Matoničkin, Pavletić i Tavčar 1966
Roški Slap, rijeka Krka, Šibenik	Matoničkin i Pavletić 1965b, G. Karaman 1977
Sinj	S. Karaman 1957
Skradinski Buk, rijeka Krka, Šibenik	G. Karaman 1977
Bilušić Buk, rijeka Krka	Matoničkin i Pavletić 1965b
Split	G. Karaman 1966, S. Karaman 1935, 1957

Sveti Rok, Gračac, Lika	G. Karaman 1977, S. Karaman 1931b
Šarena Jezera, Knin	G. Karaman 1977
Špilja Kalašće, Omiš	G. Karaman 1966
Tučepi, Makarska	G. Karaman 1977
Dubrovačka rijeka	Matoničkin i Pavletić 1965b
Vrela kod Dubrovnika	Matoničkin i Pavletić 1965b
Vinodol	Sket 1988
Žrnovnica, Split	G. Karaman 1977, S. Karaman 1931b

Niti jedan od analiziranih izvornih znanstvenih radova ne odnosi se na ciljana ekološka istraživanja populacija vrste *G. balcanicus* u krškim tekućicama Hrvatske. Jedino G. Karaman (1977) u reviziji vrste *G. balcanicus* u Jugoslaviji navodi najosnovnije podatke o ekologiji. Tek novija sustavna ekološka istraživanja donose nove spoznaje o ekologiji ove vrste na području Hrvatske (Šantić 2000, Uzelac 2004, Žganec 2005). Iz navedenog se može zaključiti da je ekologija navedene vrste na području Hrvatske općenito vrlo slabo istražena.

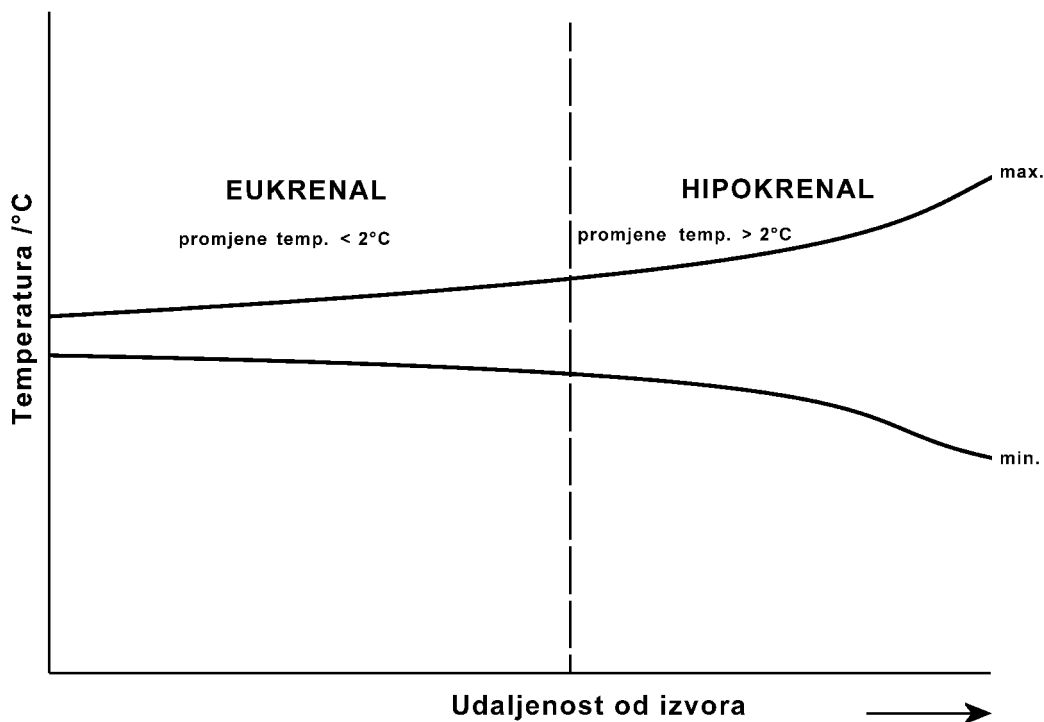
## 1.2. Ekološke značajke izvorišnih područja i gornjih tokova krških tekućica

### 1.2.1. Značajke izvorišnih područja

Izvori ili vrela se najčešće definiraju kao mjesta gdje podzemna voda izlazi na površinu, pri čemu nastaje površinski tok. Hidrogeolozi tu uključuju i brojne male izvore koji nisu povezani s glavnim tokom. Voda koja je u tim endoreičkim izvorima filtracijom dospjela na površinu reinfiltrira se u tlo nakon nekoliko metara (Zollhöfer i sur. 2000). Izvori su brojniji i izdašniji u brdskim i planinskim područjima, iako su prisutni i u nizinskim područjima, u 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). Pojavljivanje izvora uvjetovano je kontaktom propusnog i nepropusnog geološkog sloja na površini ili postojanjem pukotine u stijeni koja je povezana sa sabirnim i izlaznim područjem podzemnih voda, a ovisi i o konfiguraciji terena i razini podzemnih voda (Culver i sur. 2006, Gottstein Matočec i sur. 2002, Herak 1990).

Izvor (krenal) je širi pojam koji obuhvaća izvorište - **eukrenal** ili mjesto gdje voda izlazi na površinu i izvorski tok - **hipokrenal**, tok nizvodno od eukrenala sa zajednicom organizama koja nastanjuje to područje (krenon). Područje eukrenala određuje se kao dio toka u kojem godišnje temperaturne oscilacije ne prelaze 2°C (Erman i Erman 1995 cit. iz Smith i sur. 2001), ili prema

nekim autorima  $5^{\circ}\text{C}$  (Illies 1952 cit. iz Smith i sur. 2001). Ovisno o veličini i izdašnosti izvora zona hipokrenala prostire se od nekoliko metara do nekoliko stotina metara nizvodno od izvora i predstavlja dio toka u kojem godišnje oscilacije temperature prelaze vrijednost od  $2^{\circ}\text{C}$  (Slika 1.1), nakon čega slijedi zona epiritrala (Smith i sur. 2003, Žganec 2005).



Slika 1.1. Shematski prikaz veličine temperaturnih oscilacija s povećanjem udaljenosti od izvora. Granica između zone eukrenala i hipokrenala je mjesto na kojem temperatura oscilira više od  $2^{\circ}\text{C}$  (Izrađeno prema Smithu i sur. 2003).

U kretanju vode kroz vodonosnik izvori predstavljaju mjesto gdje dio podzemnih voda napušta podzemlje i izlazi na površinu. Zbog toga ih treba shvatiti kao dinamičke sustave na granici vodonosnika i nadzemnog toka. Ovakve prijelazne sustave nazivamo ekotoni. Ekotoni imaju veliku važnost jer pridonose bioraznolikosti na regionalnoj i globalnoj razini, a iz toga proizlazi i potreba njihove zaštite (Gibert i Fournier 1997 cit. iz Žganec 2005). Izvori kao ekotoni reguliraju interakcije podzemnih voda i površinskih sustava kao i protok tvari, energije, informacija i organizama između ovih kontrastnih sustava (Mallard i sur. 1997 cit. iz Žganec 2005).

Izvori su izuzetno raznolika i specifična staništa i javljaju se u velikom spektru prijelaznih oblika koje je vrlo teško klasificirati. Ustanovljene su velike razlike i među izvorima unutar istog slijeva

(Erman 2002 cit. iz Žganec 2005). Tradicionalno geolozi i biolozi imaju drugačije shvaćanje izvora pa ih stoga i različito klasificiraju. Geolozi izvore klasificiraju prvenstveno prema načinu kretanja vode kroz vodonosnike a biolozi ih obično dijele prema prevladavajućem abiotičkom čimbeniku. I jedni i drugi u svojim podjelama, zbog specifičnosti krške hidrologije, posebno izdvajaju krške izvore (Žganec 2005). Krški izvori mogu biti stalni - koji ne presušuju i povremeni izvori ili potajnice - koji su aktivni tijekom određenog razdoblja ili nakon jačih kiša. Stalni izvori prikupljaju vodu s velikog slijevnog područja koje može biti vrlo udaljeno od samog izvora (Božičević 1992 cit. iz Žganec 2005).

Tijekom ranih hidrobioloških istraživanja Steinmann (1915) je klasificirao izvore na temelju načina istjecanja vode i strukturalnih značajki izvora koje su s tim povezane (Zollhöfer i sur. 2000). On razlikuje tri glavna tipa izvora: 1) reokreni izvori - sva voda izlazi na jednom mjestu, tako da odmah formira turbulentni izvorski tok. Ovi izvori jako slične na ogranke prvog reda, a vegetacija u njima često je nalik onoj u zoni ritrala gdje prevladavaju mahovine; 2) limnokreni izvori ili oka - voda izlazi na dnu veće i dublje udubine formirajući ujezerenje koje podsjeća na planinsko jezero; 3) helokreni izvori - su specifični manji izvori gdje mala količina vode difuzno izlazi kroz slojeve mulja i organskog detritusa, a obično su prekriveni bogatom vodenom i higrofilnom vegetacijom (Žganec 2005).

Tu klasičnu tripartitnu podjelu izvora, koja se zbog svoje jednostavnosti zadržala u upotrebi tijekom generacija limnologa, Gerecke i sur. (1998) i Zollhöfer i sur. (2000) proširuju s još jednim tipom izvora, a to su linearni izvori. To su izvori gdje voda izlazi duž većeg segmenta korita, a mjesto izlaženja vode mijenja se ovisno o hidrološkim prilikama i količini oborina. Povećanjem protoka izvor se pomiče uzvodno, a zatim se smanjivanjem dotoka podzemnih, podpovršinskih i površinskih voda spušta nizvodno. Od helokrenog tipa izvora razlikuje se po nestabilnom hidrološkom režimu (Žganec 2005).

Noviju tipologiju nakon istraživanja izvora u Švicarskoj dali su Zollhöfer i sur. (2000). Na temelju sastava zajednica i strukturalnih obilježja razlikuju šest tipova izvora: krški reokreni, sedrotvorni reokreni, nesedrotvorni reokreni, aluvijalni reokreni, limnokreni i linearni. Krške reokrene izvore razlikuju od ostalih prema velikom protoku vode, krupnom supstratu i podzemnoj fauni kao što su predstavnici roda *Niphargus* (Amphipoda).

Općenito gledano, usporedimo li izvore s nizvodnim dijelovima toka, izvore obilježavaju znatno manje dnevne i godišnje fluktuacije fizikalno-kemijskih čimbenika i značajno niža koncentracija suspendiranih čestica u vodi. Zbog toga prevladava slika o izvorima kao o vrlo stabilnim sustavima. Međutim, to nije obilježje svih izvora, jer temperatura vode, kemijske značajke, količina

suspendiranih tvari i protok mogu pokazivati postupne (sezonske), ali i brze promjene povezane s količinom i rasporedom oborina. Takve promjene su naročito izražene u povremenim izvorima (Smith i Wood 2002). Hidrogeologija vodonosnika, koja uključuje geološke značajke, veličinu i poroznost vodonosnika, kao i brzinu strujanja i dužinu zadržavanja vode u njemu najviše utječe na fizikalno-kemijske značajke vode u izvorima. Osim toga na fizikalno-kemijske značajke vode u izvorima utječe odnos tzv. alogene i autogene vode. Alogena voda se brzim površinskim ili podpovršinskim tokom slijeva u izvore, dok autogena voda potječe iz vodonosnih slojeva na većoj dubini. Izvori s većim utjecajem autohtone vode su znatno stabilniji tijekom godine. Općenito se može reći da je za velike stalne izvore svojstvena ujednačenost fizikalno-kemijskih čimbenika vode, dok manji, naročito povremeni izvori pokazuju veću promjenjivost abiotičkih čimbenika (Žganec 2005).

Zbog toga što u izvorima vladaju relativno stalni uvjeti smatra se, a to osobito vrijedi za stalne izvore, da mogu poslužiti kao refugij beskralješnjacima iz onečišćenih dijelova toka nizvodno od izvora. Kasnije ti izvori mogu pridonijeti oporavku zajednica beskralješnjaka u rijeci (Williams i sur. 1997 cit. iz Smith i sur. 2001).

Godišnje promjene temperature vode u stalnim izvorima obično su manje od 1°C, dok dnevne promjene nije moguće detektirati standardnom opremom (Mc Cabe 1998 cit. iz Žganec 2005). Vrlo male godišnje temperaturne oscilacije naročito su svojstvene stalnim rekrenim izvorima, gdje obično veće količine podzemne vode naglo izbijaju na površinu. Temperatura vode u izvorima obično odgovara prosječnoj godišnjoj temperaturi zraka, zbog čega se ona mijenja s promjenom geografske širine i nadmorske visine. Povećanjem udaljenosti od izvora rastu dnevne i godišnje fluktuacije temperature. Ovisno o veličini i izdašnosti izvora različita je dužina hipokrenala u kojem još postoji znatan utjecaj izvora (Žganec 2005).

Kod stalnih rekrenih izvora prevladava utjecaj podzemnih voda i samo kod situacija nakon naglog topljenja velike količine snijega ili nakon obilnijih oborina može biti prisutan i mjerljiv utjecaj površinskih i potpovršinskih voda. Temperatura vode u takvim izvorima približno je jednaka prosječnoj godišnjoj temperaturi zraka područja gdje se izvor nalazi (Žganec 2005).

Znatan utjecaj na temperaturne značajke izvora ima prije svega klima područja u kojem se izvor nalazi, ali i način i brzina izlaženja vode na površinu. Veće godišnje fluktuacije temperature postoje u limnokrenom tipu izvora, a posljedica su sporijeg istjecanja i duljeg zadržavanja vode u izvoru što povećava utjecaj površinskih geoloških slojeva i atmosfere na temperaturu vode. Kod izvora u kojima je značajan povremeni utjecaj površinskih i potpovršinskih voda, kao što su npr. linearni izvori, godišnje promjene temperature vode također mogu biti veće jer zimi može doći do

smrzavanja, a ljeti do povećanog zagrijavanja, budući da gornji dijelovi izvora često presušuju (Zollhöfer i sur. 2000). Temperatura vode u izvorima mijenja se i s promjenom nadmorske visine.

Podzemne vode su općenito siromašne kisikom pa je koncentracija kisika i u izvorima uglavnom dosta niska. Tako je u nekim izvorima zabilježena zasićenost kisikom od svega 20%. Međutim, uslijed brze i jake aeracije, voda je već u samom izvorištu često gotovo potpuno zasićena kisikom. Na početku hipokrenala voda je gotovo uvijek potpuno zasićena kisikom (Lindegaard i sur. 1998 cit. iz Žganec 2005). Povećanje koncentracije kisika duž izvorskog toka može biti uvjetovano fotosintezom perifitona (Mc Cabe 1998 cit. iz Žganec 2005). S druge strane, koncentracija CO<sub>2</sub> je u izvorima, kao i u podzemnim vodama, često znatno viša nego u površinskom toku. Uravnoteživanje s atmosferom se često događa već na samom izvoru ili na malim udaljenostima nizvodno. Kod krških izvora na vapnenačkoj podlozi, u kojima je voda zasićena bikarbonatima, dolazi, zbog eliminacije CO<sub>2</sub>, do taloženja kalcita, travertina ili sedre (Žganec 2005).

Voda u izvorima obično sadrži vrlo male koncentracije (0,1 - 10 mg/L) otopljenih organskih spojeva, a najčešće su to huminske kiseline ili neki drugi teško razgradivi organski spojevi (Freeze i Cherry 1979 cit. iz Mc Cabe 1998; cit. iz Žganec 2005). Suspendirana organska tvar najčešće je alohtonog podrijetla, tj. donesena vjetrom i vodom iz okolnog područja i s okolne vegetacije. Autohtona organska tvar potječe od perifitona i vodenih biljaka čija produkcija u izvorima na otvorenim područjima može biti vrlo velika (Žganec 2005).

Tvrdoća vode i pH ovise prvenstveno o geološkoj građi vodonosnika. Na silikatnoj podlozi izvorske vode su meke, s pH vrijednošću ispod 7, a na vapnenačkoj podlozi voda je tvrda i pH je veći od 7. Uglavnom je pH vrijednost vode u izvorima u rasponu između 6 i 8 (Žganec 2005).

Izdašnost izvora određuje veličinu izvora kao i strukturu i sastav supstrata. Geomorfološke značajke područja, način kako voda izlazi na površinu i supstrat određuju brzinu strujanja vode na izvoru i u nizvodnim dijelovima izvorskog toka (hipokrenala). Kod strukturno heterogenijih izvora nalazimo veću raznolikost mikrostaništa, koja se razlikuju prema brzini strujanja vode, supstratu i količini alohtnog organskog materijala. Reokrene izvore zbog jačeg strujanja vode obilježava krupniji supstrat (stijene i valutice) najčešće prekriven mahovinama, a količina alohtonog organskog materijala je mala. Limnokreni izvori uglavnom imaju sitniji supstrat i veće količine organskog materijala, dok helokreni i linearni izvori mogu imati vrlo raznolik supstrat s povećanim količinama organskog materijala (Žganec 2005).

Bogatstvo vrsta beskralješnjaka koje nastanjuju izvore ovisi kako o značajkama samog izvora, tako i o lokalnoj i regionalnoj raznolikosti, jer o njoj ovisi broj vrsta koje potencijalno mogu

kolonizirati izvore. Lokalna i regionalna raznolikost vrsta određene su promjenama koje su se dogodile tijekom geološke prošlosti i koje su uvjetovale rasprostanjenost i diverzifikaciju različitih skupina u kopnenim vodama. Promjene tijekom geološke prošlosti, a naročito utjecaj glacijacije predstavljaju najvažnije odrednice današnje rasprostranjenosti izvorske faune. Tako npr. stalni hladni izvori koji nisu prije bili pod utjecajem glacijacije imaju najveće bogatstvo vrsta (Žganec 2005).

Brojnim istraživanjima stvorena je predodžba o malom bogatstvu vrsta u izvorima, ali neki autori ističu veliku raznolikost izvorskih zajednica s obzirom na njihovu malu veličinu (Smith i sur. 2001 cit. iz Žganec 2005). U njima je pronađen veliki broj endemskih i reliktnih vrsta, a imaju i veliku važnost kao tipski lokaliteti velikog broja vrsta, od kojih mnoge, naročito stigobionske vrste nisu nađene nigdje drugdje. Danas se smatraju staništima koja značajno povećavaju raznolikost vrsta na lokalnoj i regionalnoj razini (Smith i sur. 2001 cit. iz Žganec 2005). U najvećem broju istraživanja ustanovljeno je znatno manje bogatstvo vrsta beskralješnjaka u izvorima nego u nizvodnim područjima, ali zabilježeni su i slučajevi sa obrnutom situacijom, npr. za izvore na Novom Zelandu (Death i Winterbourn 1995 cit. iz Žganec 2005).

Vrste koje nastanjuju izvore mogu se podijeliti na temelju više različitih kriterija: prema ekološkim zahtjevima, tj. prema području rasprostanjenja duž lotičkog kontinuuma, prema veličini areala i prema prisutnosti u intersticiju tj. hiporeičkoj zoni. Lindegaard (1995 cit. iz Lindegaard i sur. 1998; cit. iz Žganec 2005) razlikuje sedam različitih skupina izvorske faune: 1) krenobionti - vrste koje nastanjuju isključivo područje eukrenala i hipokrenala; 2) krenofili - vrste koje maksimalnu gustoću postižu u izvorima, ali su prisutne i nizvodno u zoni ritrala; 3) lotičke vrste - vrste koje preferiraju brzace, tj. lotičke dijelove toka, obično su široko rasprostranjene pa se mogu naći i u izvorima; 4) lentičke vrste - preferiraju lentička staništa, a najčešće su prisutne u limnokrenim izvorima; 5) ubikvitarne vrste - jednako su zastupljene u lentičkim i lotičkim dijelovima toka; 6) higropetrične vrste - dolaze u tankom filmu vode na različitim tipovima supstrata; 7) kopnene vrste - higrofilne vrste koje nastanjuju prelazna područja između izvora i okolne riparijske vegetacije. Vrste koje nastanjuju izvore također se značajno razlikuju prema stupnju pokretljivosti. Ona je tipično visoka kod kukaca s krilima, dok su rakušci, mekušci, vodengrinje i neki drugi manje pokretni (Hoffsten i Malmqvist 2000).

Mnoge nekad široko rasprostranjene vrste našle su u izvorima zaštitu od utjecaja glacijacije i klimatskih promjena tijekom prošlosti (Hynes 1970 cit. iz Smith i sur. 2001). Psihrofilni ili hladno-stenotermni relikti su vrste koje su tijekom razdoblja glacijacije bile šire rasprostranjene, a izvore su nastanile ubrzo nakon završetka zadnjeg glacijala. U izvorima su našli sklonište od povišenih



temperatura vode koje su se javile nakon zatopljenja tijekom interglacijala. Termofilni relikti su ostaci faune iz toplijih klimatskih razdoblja koje su u izvorima pronašle sklonište od niskih zimskih temperatura (Thorup i Lindegaard 1977 cit. iz Smith i sur. 2001).

Dosadašnja istraživanja izvora najviše su bila usmjerena na određivanje ključnih abiotičkih čimbenika koji uvjetuju strukturu životnih zajednica beskralješnjaka, a trenutna situacija je vrlo nejasna zbog mnogih različitih gledišta o tome koji su abiotički čimbenici za strukturu zajednica najvažniji (Gerecke i sur. 1998 cit. iz Žganec 2005). Relativna važnost biotičkih interakcija u izvorskim zajednicama vrlo je slabo istraživana. Barquin i Death (2004) razmatraju predatorski utjecaj dominantnih vrsta rakušaca na strukturu izvorskih zajednica. Predatorski utjecaj rakušaca bio je sve donedavno potpuno zanemarivan, pa je ovakvo gledište na ulogu rakušaca u zajednici značajno drugačije u odnosu na prijašnje u kojem su rakušci uvijek uvrštavani u skupinu detritivora - usitnjivača (Kelly 2002 cit. iz Žganec 2005). Kompeticija je u tekućicama demonstrirana u malom broju istraživanja. Općenito se smatra da velika prostorna heterogenost mikrostaništa u tekućicama, zajedno s velikom mobilnošću većine vrsta uvjetuje izostanak značajnijeg učinka kompeticije na raznolikost makroskopskih beskralješnjaka u tekućicama (Townsend i sur. 1997 cit. iz Barquin i Death 2004; cit. iz Žganec 2005).

Povezanost produktivnosti i/ili količine hrane i bogatstva vrsta u jednostavnom slučaju može biti pozitivno, no nerijetko je odnos kompleksniji. Vrlo često se pri većoj produktivnosti staništa zbog kompetitivnih odnosa smanjuje bogatstvo vrsta u zajednici. Osim toga, moguće je da se povećanjem produktivnosti poveća samo gustoća pojedinih vrsta u zajednici, a ne i bogatstvo vrsta (Begon i sur. 1996 cit. iz Žganec 2005). Vjerojatno se slični odnosi produktivnosti te količine organskog materijala i bogatstva vrsta mogu očekivati i u stabilnim lotičkim sustavima kao što su izvori. Međutim odnos ovih varijabli rijetko je određivan u izvorima (Žganec 2005).

### **1.2.2. Značajke gornjih tokova**

Nakon izvora slijedi površinski tok koji teče prema ušću. Pri tome njegovo kretanje nije čitavom dužinom pravocrtno i riječno korito nema konstantnu dubinu čitavom dužinom, već dolazi do formiranja zavoja koji se nazivaju meandri, a između kojih alterniraju sprudovi, bazeni i brzaci. Udaljenost između meandara ovisi o nekoliko čimbenika, a osobito o širini vodotoka. Riječni kanali također imaju tendenciju grananja što je posljedica erozije obala, transporta sedimenta, te velikih, brzih i čestih promjena u protoku vode (Gordon i sur. 1992 cit. iz Thorp i Covich 2001).

Može se reći da kretanje vode prema ušću nalikuje kretanju po zavojnici, pri čemu voda teče prema potkopanoj obali, gdje se obično formira najdublji bazen, odakle dalje teče prema sprudu na

obali koja se nalazi nasuprot bazenu. Kao posljedica kretanja vode sediment se neprestano erodira s jednog mjesta i taloži na nekom drugom mjestu. Sukcesivni bazeni duboke vode isprekidani su plitkim brzacima smještenim otprilike na pola puta između dva duboka bazena. U odnosu na bazene, brzace karakterizira veća raznolikost staništa, sediment je sastavljen od većih čestica, brzina toka je veća a nekad je i sadržaj otopljenog kisika u vodi veći. Općenito vrijedi da u brzacima sa stijenvitim supstratom i velikim protokom vode dolazi veći broj vrsta i jedinki nego u bazenima s muljevitim sedimentom (Hynes 1970 cit. iz Thorp i Covich 2001).

U vodotocima su bitni čimbenici stope protoka vode, odnosno turbulencija i brzina strujanja vode, jer utječu na različita obilježja ekosustava kao što su veličina čestica supstrata, pomicanje korita, stopa životinjskog drifta, itd. Na beskralješnjake kao važan čimbenik utječe brzina strujanja vode jer o njoj ovisi njihova mogućnost da zadrže svoj položaj na riječnom dnu i količina hrane koja prolazi kraj njih. Srednja brzina strujanja vode u bilo kojem trenutku obično se javlja na dubini od oko 60 % od maksimalne dubine idući od površine prema dnu, a od te točke dalje prema dnu brzina strujanja se postupno smanjuje i dramatično se smanji u 1 do 3 mm debelom sloju uz sam supstrat, koji se naziva granični sloj. Mnogi beskralješnjaci imaju prilagodbu da im se tijela nalaze uglavnom unutar tog graničnog sloja i time je spriječeno njihovo pomicanje uzrokovano strujom vode. Razvile su se i brojne druge prilagodbe koje im omogućavaju život u brzom toku vode kao što su redukcija tjelesnih nastavaka, razvoj prijanjaljki i kukica tj. pričvršćivanje za podlogu, lučenje adhezivnih tvari, puzanje uz dno, uzvodna kretanja itd. (Thorp i Covich 2001).

Za lotičke sustave je tipično da brzina strujanja vode oscilira. Što je vodotok manji i što je okolno područje suše veća je vjerojatnost da će vodotok biti povremen, barem na osnovi izmjene sezona. Brzina strujanja ovisi o širini, dubini i nepravilnosti riječnog korita, ali rijetko prelazi 3 m/s čak i za vrijeme poplava (Hynes 1970 cit. iz Thorp i Covich 2001). Kod brzine iznad 2 m/s dolazi do povećanja korita rijeke erozijom, osim ako su obale stjenovite ili ako se radi o obalama koje su izgradili ljudi. Beskralješnjaci su često morfološkim karakteristikama ili karakteristikama životnog ciklusa prilagođeni umjerenim i sezonski predvidljivim poplavama, ali velike nepredviđene poplave mogu eliminirati svu ili gotovu svu faunu jer dovode do pomicanja korita i "počiste" dno vodotoka. U tom slučaju kao područja iz kojih će ići rekolonizacija mogu poslužiti susjedna hiporeička zona, površinske vode smještene uzvodno ili nizvodno, ili odvojeni obližnji slijev (Gibert i sur. 1994, Jones i Mulholland 2000 cit. iz Thorp i Covich 2001).

Karakteristike supstrata kojeg nalazimo na dnu vodotoka su jako važne jer su većina lotičkih beskralješnjaka bentički organizmi. Supstrat osigurava mjesto za odmor, prikupljanje hrane, razmnožavanje i razvoj, te pruža zaklon od predatora i nepovoljnih fizikalnih uvjeta. Tvrdi supstrat

ima vrijednost jedino zbog karateristika njegove površine, dok mekani supstrat, od pijeska do mulja, predstavlja trodimenzionalni okoliš. Struktura podloge je u direktnoj vezi s brzinom strujanja vode, pa u gornjim dijelovima toka gdje je velika brzina strujanja vode i čestice supstrata su velike tj. prevladava kamenje, dok nizvodno, kako se brzina toka smanjuje i veličina čestica supstrata se smanjuje. Što je heterogenost supstrata veća tj. 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).

Temperatura vode varira sezonski i postoji longitudinalni temperaturni gradijent. Srednja godišnja temperatura vode, odnosno raspon temperature vode utječe na raspored i gustoću beskralješnjaka. Za rijeke općenito vrijedi da temperatura postepeno raste od izvora prema ušću. Međutim kod vodotoka koji imaju izvore sa hladnom vodom čija je temperatura kroz godinu konstantna, zimi je temperatura vode u gornjem dijelu toka, koji je najbliži izvoru, viša nego u nizvodnijim dijelovima, a ljeti je situacija obrnuta (Minckley 1963 cit. iz Thorp i Covich 2001). U rijekama umjerene klimatske zone godišnje fluktuacije temperature se povećavaju nizvodno prema ušću, dakle u gornjem dijelu toka su najmanje, dok dnevne temperaturne promjene imaju maksimum u srednjem dijelu toka (Statzner i Higler 1985 cit. iz Thorp i Covich 2001). Bogatstvo vrsta i druga obilježja faune beskralješnjaka također variraju longitudinalno od izvora prema ušću. Rakovima, mekušcima i ribama se gustoća i raznolikost vrsta povećavaju nizvodno. Temperatura može utjecati na organizme direktno ili indirektno preko promjene u stupnju zasićenja vode kisikom (s povišenjem temperature količina kisika se smanjuje). Organizmi koji žive u lotičkim staništima su više stenotermni nego njihovi lentički srodnici (Hynes 1970 cit. iz Thorp i Covich 2001).

Kemijske karakteristike vode također utječu na gustoću i raznolikost faune beskralješnjaka, jer utječu na kvalitetu staništa. Od svih kemijskih čimbenika za to su vjerojatno najvažniji otopljeni kisik i salinitet (tvrdoća vode). U prirodnim sustavima povremeno je važan i pH. Općenito vrijedi da se količina otopljenog kisika smanjuje od izvora prema ušću zato što je u gornjem dijelu toka turbulencija vode veća pa je omjer površine i volumena povoljniji za difuziju, a i temperatura vode je niža nego u srednjem i donjem dijelu toka pa se može otopiti veća količina kisika. Što se tvrdoće vode tiče mekane vode dolaze u slijevovima na kiselim magmatskim stijenama, a tvrde vode (relativno visok salinitet za slatke vode) na vapnenačkim stijenama. Globalni srednji salinitet riječne vode je 120 mg/l. Općenito se salinitet povećava nizvodno zbog erozije riječnog korita (Hynes 1970 cit. iz Thorp i Covich 2001).

Fizikalne i biološke karakteristike se jasno mijenjaju duž rijeke od izvora prema ušću. Rijeka postaje šira, dublja i mutnija kako se ide nizvodno. U istom se smjeru smanjuje zasjenjenost toka

riparijskom vegetacijom s odgovarajućim porastom površine koja je direktno osvjetljena, pa se mijenja i važnost vrijednosti alohtonog i autohtonog ugljika za energetske budžet kao i omjer produkcije i respiracije. Kako se duž rijeke mijenjaju karakteristike staništa, tako se mijenja i sastav vrsta, relativna gustoća i funkcionalne grupe beskralješnjaka (Thorp i Covich 2001).

Na beskralješnjake koji nastanjuju vodotoke fizikalne karakteristike staništa utječu direktno, a geološke sile koje oblikuju morfometriju cijelog ekosustava indirektno. Međutim, da bi se razumjelo što kontrolira sastav zajednica beskralješnjaka u lotičkim staništima, bitno je poznavati i uzeti u obzir sve te čimbenike. Neki od elemenata morfometrije vodotoka koji utječu na zajednice organizama su red vodotoka, konfiguracija kanala, erozija, odlaganje sedimenta te formiranje i karakteristike bazena i brzaca (Thorp i Covich 2001).

Klasifikacija vodotoka u redove ili prema principu spajanja pritoka je jednostavna tehnika koja olakšava analizu longitudinalnih promjena karakteristika vodotoka unutar jednog slijeva, međutim nije korisna i dovodi do krivih zaključaka ako se koristi za uspoređivanje vodotoka iz različitih slijevova. U klasifikaciji vodotoka prema redu koju je dao Strahler (1952) vodotok prvog reda je izvorišni tok koji nema stalne pritoke (stalni prtok je ovdje definiran kao onaj koji nije povremen na sezonskoj osnovi ili na osnovi nekog drugog pravilnog uzorka). Dva vodotoka prvog reda spajaju se u vodotok drugog reda, dva vodotoka drugog reda spajaju se u vodotok trećeg reda itd. Red vodotoka se povećava samo kad se spoje dva vodotoka istog ranga (Thorp i Covich 2001).

Grupa ekologa koja je istraživala sjevernoameričke rijeke umjerene klimatske zone dala je cjelovit pogled na rijeke u obliku koncepta riječnog kontinuuma (eng. river continuum concept (RCC) ) (Vannote i sur. 1980, Sedell i sur. 1989 cit. iz Thorp i Covich 2001). Koncept riječnog kontinuuma počiva na tri teoretska principa. Prvi princip kaže da se zajednice organizama u vodotoku javljaju kao odgovor na kontinuirani gradijent fizikalnih karakteristika od izvora prema ušću. Drugi princip kaže da se biocenoze i vodeni medij ne mogu promatrati odvojeno od okolne riparijske zone niti od okolnog slijevnog područja s kojeg voda, nutrijenti i druge tvari dopijevaju u vodeni ekosustav. Treći princip kaže da je situacija koju nalazimo nizvodno neraskidivo povezana sa procesima koji se odvijaju uzvodno (Thorp i Covich 2001).

Jedna od najvažnijih hipoteza koncepta riječnog kontinuuma za razumijevanje ekologije beskralješnjaka se odnosi na longitudinalne promjene u relativnoj gustoći funkcionalnih grupa beskralješnjaka i njihovih izvora hrane. Ta hipoteza predlaže vezu između veličine vodotoka i progresivne alternacije u sastavu zajednica. Beskralješnjaci su heterotrofi i hrane se živom i/ili mrtvom organskom tvari, a prema načinu obrade hrane mogu se podijeliti u nekoliko različitih funkcionalnih grupa: usitnjivače koji lome krupno partikuliranu organsku tvar (CPOM), sakupljače

i filtratore koji sakupljaju ili filtriraju CPOM, fino partikuliranu organsku tvar (FPOM) i/ili žive organizme, strugače koji se hrane algama i drugim organizmima koji nastanjuju površinu čestica supstrata, te na predatore. Koncept riječnog kontinuuma predviđa da će u gornjim dijelovima toka, gdje se nad rijeku obilno nadvija riparijska vegetacija i gdje je količina alohtone organske tvari velika, dominirati usitnjivači i sakupljači. Nizvodno, kako rijeka postaje šira i sve veći postotak površine direktno osvjetljen, autohtona produkcija se povećava i tu se u sastavu faune javlja veliki udio strugača, a udio usitnjivača se naglo smanjuje. Još više nizvodno, u donjim dijelovima toka, rijeka postaje sve dublja, tako da se određeni dio dna nalazi ispod osvjetljenog sloja. Istovremeno, rijeka je tu već preširoka da bi se mogla nakupljati značajnija količina alohtonog organskog materijala iz okolne riparijske zone i tu se u ekosustavu očekuje dominacija sakupljača i filtratora (Thorp i Covich 2001).

### 1.3. Literaturni pregled ekologije i dinamike razmnožavanja vrste *Gammarus balcanicus*

Vrsta *Gammarus balcanicus* je najraširenija vrsta iz tzv. *Gammarus balcanicus* grupe, jedne od tri slatkovodne grupe koje Karaman i Pinkster (1977) razlikuju unutar roda *Gammarus* Fabricius, 1775 (Zieliński 1995). Rasprostranjena je u slatkim vodama središnje i sjeveroistočne Europe, Male Azije te bivšeg SSSR-a. Nastanjuje čiste kontinentalne montane i submontane površinske vode (rijeke, potoke, izvore i jezera) s brzim strujanjem i dovoljno kisika, na nadmorskoj visini između 600 i 1000 m (Micherdziński 1959, Jazdzewski 1975, Karaman 1977, cit. iz Zieliński 1995). Što se izvora tiče, na temelju istraživanja na Plitvičkim jezerima, ustanovljeno je da vrsta *G. balcanicus* nastanjuje stalne reokrene izvore i da je njezina prisutnost vjerojatno najbolji pokazatelj stalnosti izvora (Žganec 2005). Ima veliku važnost u kruženju tvari u vodotocima koje nastanjuje. Uobičajeno dolazi uz obale na zaklonjenim mjestima ispod kamenja. Kad se u vodotoku nagomila velika količina listinca s okolnog područja, pronalazi zaklon u njemu (Zieliński 1995). Jalinskaia (1969) navodi da vrsta *G. balcanicus* ima neke posebne ekološke zahtjeve koji ograničavaju rasprostranjenost te vrste u čistim tekućim vodama. To je prije svega pH vrijednost vode, koja mora biti u rasponu od 2.5-5.5, te koncentracija kalcijevih iona u rasponu od 2.5 i 11.7 mg l<sup>-1</sup>. To su uvjeti koji se mogu naći u izvorima, potocima te nizinskim rijekama i vodotocima planinskih područja (Petrescu 1994). U nekim vodotocima Rumunjske vrsta *G. balcanicus* zabilježena je u vodama s pH vrijednosti vode između 7 i 8.5. U lužnatoj vodi vrstu je zabilježio i Žganec (2005) na Plitvičkim jezerima u izvoru lijevog pritoka potoka Sartuk, gdje je izmjerena pH vrijednost vode iznosila 8.43. U eutroficiranim vodama vrsta je prisutna u mnogo manjem broju, a u vodama sa slabim organskim onečišćenjem potpuno izostaje. Ukoliko detritusa na nekom staništu ima u dovoljnoj količini,

koristit će ga za ishranu (Petrescu 1998 cit. iz Šantić 2000).

U mnogim vodenim tokovima vrsta je pronađena u mješovitim populacijama s drugim vrstama rodova *Gammarus* (*roeselii*, *dulensis*, *bosniacus*, *fossarum*, *ochridensis*, *parechiniformis*, *halilicae*, *rambouseki*) i *Echinogammarus* (*veneris*, *acarinatus*, *scutarensis*, *thoni*), pri čemu vrsta *G. balcanicus* naseljava izvore, dok u donjim dijelovima tih vodotoka vrsta *G. balcanicus* dolazi u suživotu s drugim vrstama rakušaca (G. Karaman 1977).

Vrsta je vrlo varijabilna i u svakom vodenom bazenu formira različite populacije, a ponekad se i u istom izvoru ili vodotoku mogu naći 2-3 različite populacije iste vrste. Razlozi postojanja različitih populacija vrste *G. balcanicus* u istom vodotoku su nepoznati, iako je pitanje da li su morfološke karakteristike uvijek dovoljne da bi se prepoznala nova vrsta. Zbog toga su potrebna daljnja istraživanja koja bi bila usredotočena na ekologiju vrste i probleme razmnožavanja tih mikropopulacija unutar jedne mješovite populacije koja dolazi u nekom izvoru ili vodotoku (G. Karaman 1977).

Na temelju istraživanja vrste *G. balcanicus* na području planina Bieszczady (Poljska) utvrđeno je da se populacija te vrste koja nastanjuje rijeku Dwernik razmnožava od početka travnja do kraja listopada (parovi u prekopulaciji su zabilježeni između travnja i rujna), dakle razdoblje razmnožavanja traje sedam mjeseci. Udio zrelih ženki ima maksimum ljeti, a prethodi mu otprilike jednako povećanje u udjelu spolno nezrelih ženki s malim oostegitima. One potiču od prošlogodišnje reprodukcije, prezime kao juvenilni oblici, spolno sazrijevaju u proljeće i onda se počinju pariti (u tom trenutku su duge oko 7.5 mm). Od studenog do veljače dolazi do značajnog pada u ukupnom broju ženki, što je posljedica odumiranja stare generacije, koja je s parenjem završila prošle jeseni, a koja će u potpunosti nestati iz populacije otprilike do ožujka. Prve godine kada se izlegnu mladi rastu, ali spolno ne sazrijevaju. Počinju se pariti iduće godine u travnju i razdoblje parenja traje sve do listopada kada ženke gube sete na oostegitima. Stara generacija prezimi i odumire na prijelazu između zime i proljeća, a zamjenjuju je mladi koji su se prošle godine izlegli. Iz navedenog proizlazi da je maksimalan životni vijek vrste gotovo dvije godine. Tijekom gotovo cijele godine mužjaci su brojniji od ženki što se objašnjava njihovim bržim rastom i ranijim dostizanjem spolne zrelosti. U travnju i svibnju, kada u populaciji preostanu samo jedinke koje su se izlegle za prošlogodišnjeg razdoblja razmnožavanja, broj mužjaka i ženki je otprilike jednak. Prezimljavaju svi oblici tj. juvenilne jedinke, te mužjaci i ženke različitih veličina (Micherdziński 1959 cit. iz Zieliński 1995). Postoji veza između duljine trajanja razdoblja razmnožavanja i broja izlijevanja tijekom tog razdoblja te nadmorske visine. U velikim riječnim dolinama vrsta *G. balcanicus* se počinje pariti 15-20 dana ranije i polaže 1-2 legla više nego na

lokalitetima iznad 1000-1500 m nadmorske visine (gdje imaju do dva legla tijekom razdoblja razmnožavanja) (Dedju 1980 cit. iz Zieliński 1995). Ženke polože sveukupno 20-75 jaja tijekom perioda u kojem se pare (Dedju 1967 cit. iz Zieliński 1995). Na lokalitetima sa stalnom temperaturom vode vrsta *G. balcanicus* može imati acikličko razmnožavanje bez zimske pauze. Tako je Žganec (2005) u izvorima Bijele i Crne rijeke (Plitvička jezera) zabilježio sve razvojne stadije ove vrste tijekom čitavog istraživanog razdoblja, što ukazuje na kontinuirano razmnožavanje ove vrste u tim izvorima s preklapanjem generacija. Kod niskih temperatura, ispod 7°C, vrsta *G. balcanicus* se prestaje razmnožavati, dok više temperature stimuliraju reprodukciju u skladu sa Van't Hoffovim pravilom (Dedju 1980 cit. iz Zieliński 1995). Tijekom razdoblja razmnožavanja svaka ženka može položiti nekoliko sukcesivnih legala, a intervali između njih se smanjuju s povećanjem temperature (Hynes 1955, Steel i Steel 1973 cit. iz Zieliński 1995). Inkubacija jaja u marsupiju traje dva mjeseca. Juvenilne jedinke napuštaju marsupij 1-2 dana nakon izlijevanja (Hynes 1955 cit. iz Zieliński 1995).

Prema klasifikaciji životnog ciklusa, koju je za podred Gammaridea dao Sainte-Marie (1991), vrsta *G. balcanicus* pripada kategoriji vrsta s više ciklusa razmnožavanja godišnje (**multivoltna vrsta**; eng. multivoltine), odnosno kategoriji vrsta čije jedinke daju potomstvo više puta tijekom svog životnog vijeka (**iteroparna vrsta**; eng. iteroparous; lat. iterum = ponovno; lat. parus = nošenje) (Zieliński 1995).

## 1.4. Područje istraživanja

### 1.4.1. Geografski smještaj slijeva rijeke Cetine

Rijeka Cetina se nalazi u srednjem krškom obalnom području Hrvatske. Svojom ukupnom dužinom od oko 105 km, rijeka protječe kroz dvije županije (Splitsko-dalmatinsku i Šibensko-kninsku) i više aministrativno - teritorijalnih jedinica lokalne samouprave, tj. kroz gradove Vrliku, Sinj, Trilj i Omiš te općine Kijevo, Cviljane, Hrvace, Otok, Šestanovac i Zadvarje.

Izvor Cetine se nalazi na jugozapadnim obroncima Dinare, u krajnjem sjeverozapadnom dijelu Cetinskog polja. Od izvora na koti 382 m n.m. kod istoimenog sela, rijeka teče prema jugoistoku Cetinskim poljem i utječe u akumulaciju Peruča. Nizvodno od brane Peruča Cetina protječe kroz Hrvatačko polje do Hana, a dalje Sinjskim poljem do Trilja, gdje se ulijeva u akumulaciju Đale i nastavlja nizvodno u akumulaciju Prančevići. Od brane Prančevići dio voda Cetine skreće dovodnim tunelom do HE Zakučac, a dio voda nastavlja teći prirodnim kanjonskim koritom do

Zadvarja. Tu Cetina naglo mijenja smjer tečenja prema zapadu do Omiša, gdje se ulijeva u Jadransko more (CRA/PPA 2000).

#### **1.4.2. Klima slijeva rijeke Cetine**

Na području riječnog bazena i pripadajućeg obalnog područja razlikuju se dva glavna tipa klime: mediteranski i kontinentalni. Mediteransku klimu na obalnom području karakteriziraju duga, topla i suha ljeta te blage i vlažne zime, a kontinentalnu klimu unutrašnjosti oštre i duge zime, topla i kratka ljeta te vlažna proljeća i jeseni.

Slijev Cetine ima poseban položaj u prostoru jer se nalazi u neposrednoj blizini Jadranskog mora od kojeg je odvojen planinskim lancima visine i do 1500 m n.m., a to ima vrlo snažan utjecaj na klimatska svojstva slijeva. Sa zapada, a posebno jugozapada, na područje slijeva često prodiru vlažne zračne mase što ima za posljedicu obilne oborine. Kako je slijev smješten uglavnom u kontinentalnom dijelu dinarskog krškog masiva, upravo se nad njim sukobljavaju utjecaji mediteranske i kontinentalne klime. Rezultat su česte izmjene vlažnih i suhих, tj. toplih i hladnih zračnih masa, što uzrokuje složenost klimatskih svojstava tijekom godine na tom ne tako velikom prostoru.

Prosječna godišnja temperatura zapadnog dijela, koji je pod utjecajem mediteranske klime, iznosi 12,4°C, dok u sjeveroistočnom dijelu slijeva, gdje je značajan utjecaj kontinentalne klime, prosječna temperatura iznosi 6,9°C. Planinski lanci koji pripadaju dinarskom masivu i pružaju se u smjeru sjeverozapad - jugoistok značajno utječu na smanjenje izravnog djelovanja mediteranske klime na dio rijeke i pripadajuća polja koja se nalaze sa istočne strane planinskih lanaca. Prosječna godišnja količina oborina na slijevu Cetine iznosi 1380 mm. Topli dio godine u pravilu je sušan. U razdoblju od lipnja do kolovoza padne prosječno 17% godišnjih oborina, dok u najvlažnijem razdoblju od listopada do prosinca prosječno padne 34% godišnjih oborina. Od listopada do prosinca vrlo često dolazi do poplava u krškim poljima koje, u zavisnosti o oborinskom režimu, traju od siječnja do travnja. Oborinski režim na slijevu Cetine je pod utjecajem česte pojave i zadržavanja snijega na nadmorskim visinama višim od 500 odnosno 1000 m n.m. (CRA/PPA 2000).

#### **1.4.3. Reljef slijeva rijeke Cetine**

Osnovne konture u reljefu slijeva nastale su u tercijaru kada se formirao dinarski planinski sustav. Ovaj planinski sustav dijeli slijev na dva osnovna visinska prostora, niži kojim protječe rijeka Cetina (250-550 m n.m.) i koji čini topografski - izravni dio slijeva, te viši, istočno od rijeke, koji obuhvaća 2/3 slijeva (800-1200 m n.m.), a koji čini pretežiti dio podzemnog - neizravnog dijela



slijeva. Ova dva područja presijeca i dijeli Dinara svojim planinskim vrhovima Dinarom (1836 m n.m.), Slimenom (1830 m n.m.), Troglavom (1913 m n.m.) i Kamešnicom (1856 m n.m.). Izravni slijev (slijev površinskih voda) rijeke je sa zapada ograničen planinom Svilajom (1580 m n.m.), a sa istoka Dinarom.

Korozijom atmosfere vode i geološkim boranjem u vapnencima su nastali brojni krški oblici rasprostranjeni po cijelom području. Najznačajnija su krška polja. Najveća krška polja u izravnom dijelu slijeva su Cetinsko-paško (450-550 m n.m.), Hrvatačko (300-350 m n.m.) i Sinjsko (290-320 m n.m.) a u neizravnom dijelu slijeva, koji je uglavnom na području BiH, Kupreško (1000-1200 m n.m.), Glamočko (850-1100 m. n.m), Livanjsko (700 m n.m.) i Duvanjsko polje (860 m n.m.). Ova polja su međusobno odijeljena manjim ili većim planinama. Reljef visinski stalno raste od obale prema kraju slijeva, i to vrlo strmo i brzo neposredno od obale do prvog platoa u zaleđu, potom stepenasto preko krških polja do kraja slijeva. Od Sinjskog polja kao zadnjeg polja u slijevu, rijeka se kroz kanjon Cetine naglo, s visine od oko 300 m n.m., spušta prema moru. Reljef je u cijelom slijevu izrazito razvijen, s brojnim planinama, poljima, prijevojima i slično. To uvjetuje i stvara posebne hidrološke značajke koje tvore hidrološki sustav rijeke (CRA/PPA 2000).

#### **1.4.4. Geologija i tektonika slijeva rijeke Cetine**

Slijevno područje rijeke Cetine izgrađeno je od karbonatnih naslaga trijasa, jure i krede, a moguće je naći i klastične naslage trijasa i tercijara. Kvartarni sedimenti prekrivaju velike površine, naročito u područjima plavljenja rijeke. O svojstvima kvartarnih naslaga ovisi pogodnost tla za korištenje u poljoprivredne svrhe dok u hidrogeologiji ove naslage nemaju veliko značenje za ukupna svojstva slijeva. Znanja o litološkim osobina stijena omogućuju interpretaciju hidrogeoloških odnosa na slijevu.

Trijaske su naslage (dolomiti, vapnenci i škriljavci) nepotpune barijere u slijevu. Jurski sedimenti su dosta zastupljeni u obliku karbonatnih naslaga, a u nešto manjem obliku i kao lapori i laporoviti vapnenci. Najveći dio slijeva je izgrađen je od krednih naslaga koje se pojavljuju kao karbonatne stijene, pretežito vapnenci. Prijelaz iz jure u kredu je kontinuiran. Tercijarne naslage se već po hidrološkim svojstvima mogu podijeliti na paleogen i neogen. Dok je paleogen zastupljen s vapnencima i vapneno-laporovitim klastitima koji nisu barijera, dotle je neogen potpuna barijera razvijena u obliku laporovitog facijesa. Javlja se u Glamočkom i Kupreškom, a naročito u Livanjskom, Duvanjskom i Sinjskom polju. Neogen se općenito pruža u smjeru sjeverozapad-jugoistok, prateći reversni rasjed duž sjevernog ruba Livanjskog polja i nastavljaajući se dalje samo s manjim prekidom u Duvanjsko polje. Ova pojavnost neogenih naslaga tretira se kao potpuna

barijera za razliku od dijelova naslaga u Sinjskom polju koje su hidrogeološki podijeljene na sjeveroistočnu potpunu barijeru i zapadnu i južnu nepotpunu barijeru.

Kvartarne naslage su zastupljene u svim oblicima pojavnosti. Na obroncima planina nalazimo siparišta, dok u poljima vrsta i krupnoća čestica kvartara ovisi o prijašnjem putu čestica i režimu plavljenja rijeke Cetine. Debljine kvartarnih naslaga su vrlo različite. S geološkog i hidrološkog gledišta one nemaju veliko značenje, ali su zanimljive s obzirom na poljoprivredu i mineralne sirovine.

Raspored vode u kršu, osim o litostratigrafskim podacima, ovisi i o strukturi stijenskih masa. Oblikovanje šireg područja vezano je za prve početke alpske orogeneze. Cijelo je područje slijeva bilo nekoliko puta izloženo jakim tektonskim pokretima. Uz rub Glamočkog polja dolazi prvi veliki rasjed. Duž sjevernog ruba Livanjskog polja proteže se reversni rasjed u smjeru sjeverozapad-jugoistok sjeverno od Livna i Tomislavgrada do Kongore. Ovaj dio slijeva pripada Republici BiH. Uz ove reversne rasjede utvrđen je još čitav niz rasjeda sličnog smjera pružanja, ali i niz poprečnih rasjeda koji povezuju osnovnu mrežu i omogućuju tok vode duž ovih pravaca. Rasjedi su predodredili današnju geotektonsku i morfološku sliku slijeva koja je posebno važna za hidrogeologiju. Osim rasjeda u slijevu su nađeni tragovi boranja u obliku brojnih sinklinala i antiklinala. Većina ih, kao i rasjedi, ima osnovni smjer pružanja sjeverozapad - jugoistok, s nešto manjom priklonjenošću smjeru sjever-jug nego što je to slučaj kod reversnih rasjeda (CRA/PPA 2000).

#### **1.4.5. Slijevno područje rijeke Cetine**

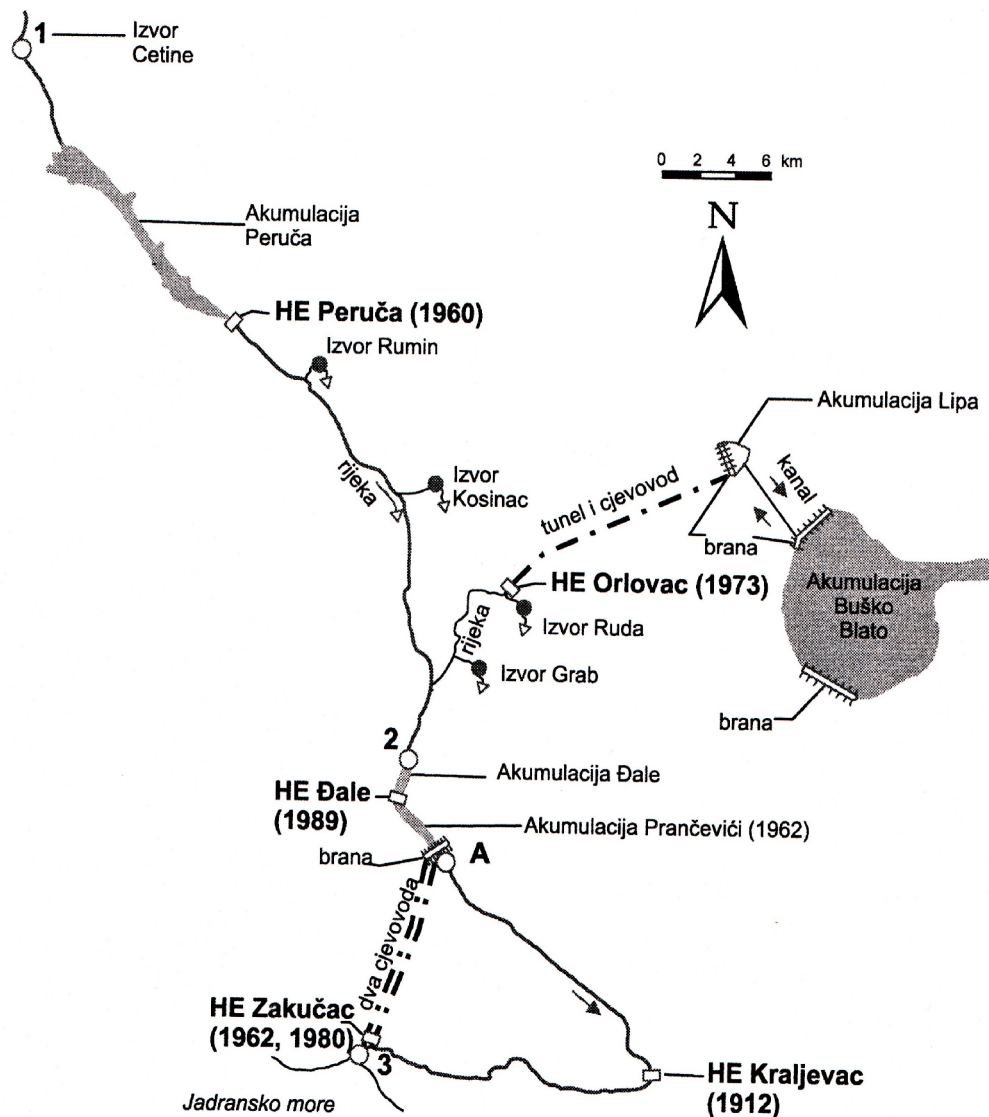
Slijev Cetine je drugi slijev po veličini koji s dinarskog krškog područja pritječe u Jadransko more (Popijač 2007, Štambuk-Goljanović 2002). Slijevno područje se sastoji od slijeva u BiH i slijeva dalmatinskog dijela u RH. Područje slijeva na teritoriju BiH obuhvaća veliki dio Hercegbosanske županije, tj. područje općina Livno, Tomislav Grad, Kupres, Glamoč i Grahovo, ukupne površine oko 2440 km<sup>2</sup>, kao i pripadajuće planinske masive.

Dalmatinski dio slijeva na području RH ukupne je površine oko 1200 km<sup>2</sup>. Obuhvaća uže područje određeno topografskom vododjelnicom i dijeli se na gornji dio toka do brane Peruča, središnji dio doline Cetine do Trilja i donji dio toka Cetine do ušće u more (CRA/PPA 2000).

#### **1.4.6. Hidrologija i hidrogeologija slijeva rijeke Cetine**

Na području središnjeg pojasa dinarskog krša površinski tokovi oblikuju se isključivo u

područjima pokrivenim nepropusnim slojevima stijena. Kako polja završavaju na dodiru nepropusnih i propusnih (karbonatnih) stijena vodotoci većinom završavaju u ponorima. Jedini potpuni površinski vodotok koji ima ušće u more je rijeka Cetina (Slika 1.2).



Slika 1.2. Hidrološki sustav rijeke Cetine. Preuzeto iz CRA/PPA (2000)

Rijeka Cetina je tipičan krški vodotok, čiji se slijev i korito oblikovalo u prostoru izrazito razvijenog dinarskog krša. Za krške terene karakteristično je da se podzemna razvodnica u najvećoj mjeri ne poklapa s površinskom (orografskom ili topografskom) i da je promjenjiva jer se tijekom vremena mijenja u zavisnosti od razine podzemnih voda. Razni su autori korištenjem različitih metoda odredili da površina cjelokupnog slijeva do ušća u Jadransko more iznosi od 3700 do 4300 km<sup>2</sup>. Od toga na topografski slijev otpada oko 1300 km<sup>2</sup>, a na podzemni oko 2700 km<sup>2</sup>. Dužina

rijeke Cetine od izvora do ušća iznosi 105 km. Izvor rijeke je na koti od 382 m n.m. što daje prosječan pad korita rijeke od 0.3638 promila. Sama rijeka je slabo razvedena i vrlo siromašna riječnom mrežom pa je uz glavno korito Cetine značajniji pritek jedino rijeka Ruda.

Slijev Cetine najčešće se razmatra u dva neovisna dijela. Prvi, uzvodni dio, obuhvaća područje od izvora Cetine do brane Prančevići. Nizvodno od brane Prančevići do ušća Cetine u Jadransko more hidrološki režim rijeke zavisi prvenstveno o propuštanju vode kroz dva cjevovoda HE Zakućac te o propuštanju biološkog minimuma (ekološki prihvatljivog protoka) kroz temeljni ispušt brane Prančevići.

Unutar slijeva Cetine možemo razlikovati i dva podslijeva. Desni, zapadni dio uz rijeku Cetinu nazvan je "izravnim" podslijevom. Često ga se naziva i "topografskim" dijelom slijeva zbog činjenice da je određen na osnovi površinskih morfoloških oblika, tj. spajanjem vrhova planinskih lanaca čije visine se kreću preko 1200 m n.m., a najviši vrh iznosi 1869 m n.m. Lijevi, istočni dio slijeva se naziva "neizravnim" zbog toga što vode iz njega dotječu u izravni dio slijeva ili u Cetinu podzemnim putem kroz brojne ispodpovršinske krške kanale, jame, kaverne, špilje itd. Prirodni dotok i u ovom je dijelu narušen izgradnjom akumulacije Buško Blato i kompenzacijskog bazena Lipa (CRA/PPA 2000).

#### **1.4.7. Iskorištavanje rijeke Cetine**

Rijeka Cetina predstavlja značajni energetska i vodni potencijal. Ukupan pad od izvora do ušća iznosi 382 m zbog čega je odavno privukla pažnju kao povoljan energetska potencijal. Izgradnjom hidroelektrana na rijeci riješen je i čitav niz drugih vodoprivrednih problema. Osigurana je vodoopskrba šireg područja, voda za navodnjavanje poljoprivrednih površina i obrana od poplava. Osim toga rijeka sa svojim pritocima služi i kao recipijent svih otpadnih voda koje se stvaraju u slijevu. U razvoju je i turizam vezan za prirodne značajke rijeke.

Na Cetini je izgrađeno pet hidroelektrana: HE Kraljevac, HE Peruća, HE Zakućac, HE Orlovac i HE Đale, a planira se gradnja još njih devet na samoj Cetini i još tri na teritoriju BiH. Izgradnja tih hidroelektrana 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 ekosustave u slijevu rijeke i priobalju zasad su neistražene. Promjena uvjeta staništa dovela je do promjene cijelog ekosustava i biološke raznolikosti (CRA/PPA 2000).

#### 1.4.8. Istraživane postaje duž toka rijeke Cetine

Na terenu se uzorkovanje odvijalo na devet lokacija: izvor Cetine, Preočki most, Crveni most, akumulacija Peruča, Obrovac Sinjski, Trilj 1, Trilj 2, Čikotina Lađa i Radmanove mlinice. Tim postajama su obuhvaćeni svi dijelovi toka rijeke Cetine. Istraživanjem je bila obuhvaćena i rijeka Ruda, koja je istraživana na dvije lokacije i to izvor Rude i Ruda 2 (Popijač 2007).

Za potrebe ovog diplomskog rada u laboratoriju su analizirane jedinke vrste *Gammarus balcanicus* sakupljene na šest od ukupno devet istraživanih postaja:

- Postaja CS - Izvor Cetine nalazi se u izvorskom toku izvora Cetine. Na dnu je prisutan sitni šljunak i valutice, a iza bogato razvijene makrofitske vegetacije nalazi se i fini mulj (Slika 1.3).
- Postaja PB - Preočki most nalazi se odmah nizvodno Preočkog mosta. Dno karakterizira fini sediment uz lijevu obalu, a u sredini toka su prisutne valutice raznih veličina i bogato razvijena makrofitska vegetacija (Slika 1. 4).
- Postaja RB - Crveni most nalazi se 20-30ak metara nizvodno od Crvenog mosta. Na dnu se, uz stijene, sitni šljunak i valutice nalazi i fini sediment i mulj iza bogato razvijene makrofitske vegetacije (Slika 1.5).
- Postaja OS - Obrovac Sinjski smještena je na području Obrovca Sinjskog, 30-50ak metara uzvodno velikog brzaka smještenog kraj dvije stare mlinice, na lijevoj i desnoj obali Cetine, a sve oko 1 km uzvodno starog kamenog mosta u mjestu Han. Sediment čine srednje valutice promjera 5-10 cm, obrasle zelenim algama s puno puževa, a uz obalu je prisutna makrovegetacija i među njom fini sediment (Slika 1. 6).
- Postaja ČL - Čikotina Lađa nalazi se neposredno nizvodno starog mosta u zaselku Čikotina Lađa. Dno se sastoji od stijena i većih valutica, 5-15 cm, obraslih algama, a ponekad i mahovinom (Slika 1.7).
- Postaja RS - Izvor Rude smještena je malo nizvodno od izvora rijeke Rude, ispod prvog slapa na rubu izvora. Stijene i velike valutice na dnu su obrasle mahovinom, tok vode je brzi (Popijač 2007).



Slika 1. 3. Izvor Cetine u svibnju 2005. godine.



Slika 1.4. Preočki most u svibnju 2005. godine.



Slika 1. 5. Crveni most u kolovozu 2004. godine.



Slika 1. 6. Obrovac Sinjski u travnju 2005. godine.



Slika 1.7. Čikotina Lađa u kolovozu 2004. godine.

### 1.5. Ciljevi istraživanja

Kao što je već ranije naglašeno, dosadašnja istraživanja na području Hrvatske uglavnom nisu ciljano usmjerena samo na vrstu *Gammarus balcanicus*. Među tim istraživanjima sustavna ekološka istraživanja su iznimno malo zastupljena i njima je dosad obuhvaćeno samo područje Neretve (Šantić 2000) i Plitvičkih jezera (Uzelac 2004, Žganec 2005). Ekologija populacija vrste *G. balcanicus* koje nastanjuju rijeku Cetinu do danas nije ciljano istraživana. S obzirom na to, ovim radom se željela istraživati ekologija i reproduktivna biologija vrste *G. balcanicus* te je u okviru ekoloških istraživanja navedene vrste cilj bio:

- istražiti strukturu i dinamiku populacija vrste *G. balcanicus* krenalna i ritrala rijeke Cetine;
- istražiti i objasniti razlike u strukturi i dinamici populacija koje nastanjuju krenal i ritral rijeke Cetine;
- utvrditi raspon abiotičkih uvjeta okoliša kroz istraživanja fizikalno-kemijskih parametara vode na istraživanim lokalitetima krenalna i ritrala rijeke Cetine;
- utvrditi longitudinalni raspored vrste na istraživanim staništima;



- utvrditi utjecaj abiotičkih čimbenika okoliša na životni ciklus vrste.

Poseban naglasak stavlja se na istraživanje reproduktivne biologije ove vrste, budući da do sada postoji mali broj radova koji se temelji na istraživanju njezinog reproduktivnog ciklusa (Vidi poglavlje 1.3). Istraživanje reproduktivne biologije vrste uključuje:

- utvrđivanje ontogenetskog sastava populacija;
- utvrđivanje odnosa među spolovima;
- utvrđivanje vremena pojavljivanja ovigernih ženki;
- određivanje trajanja prisutnosti ovigernih ženki u populaciji;
- utvrđivanje prisutnost intersexa u istraživanim populacijama.

## 2. MATERIJALI I METODE

### 2.1. Terenska istraživanja

Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara na istraživanim postajama i sakupljanje uzoraka makrozoobentosa obavljano je jednom mjesečno od 25. kolovoza 2004. do 27. kolovoza 2005. godine na devet postaja duž toka rijeke Cetine i na dvije postaje duž njene pritoke, rijeke Rude. Postaje su bile (od izvora prema ušću): Izvor Cetine, Preočki most, Crveni most, Peruča, Obrovac Sinjski, Izvor Rude, Ruda 2, Trilj 1, Trilj 2, Čikotina Lađa te Radmanove Mlinice. Dio odabranih postaja je preuzet iz ranijih biološko-ekoloških istraživanja koja su provodili Mrakovčić i sur. (2001) (Popijač 2007).

Na svim navedenim postajama uzorci makrozoobentosa su sakupljeni na tri ili četiri različita mikrostaništa. Uzorci su razdvajani prema sljedećem redosljedu:

- uzorak S1 je makrofauna sakupljena na finom sedimentu, šljunku ili manjim valuticama;
- uzorak S2 je makrofauna sakupljena na većim valuticama;
- uzorak S3 je makrofauna sakupljena u makrovegetaciji (gornji i srednji tok Cetine) ili obraštaju mahovina (na postajama na Rudi i na postaji Radmanove Mlinice) ili obraštaju algi (na postaji Čikotina Lađa) na stijenama i velikim valuticama;
- uzorak S4 je makrofauna sakupljena ponekad na postaji Čikotina Lađa u nakupinama nanesenih mahovina i mulja na velikim valuticama uz obalu na kraju šljunčane plažice (Popijač 2007).

#### 2.1.1. Određivanje fizikalno-kemijskih parametara vode na istraživanim postajama u slijevu Cetine

Na terenu su mjerena slijedeća fizikalno-kemijska obilježja vode:

- pH vrijednost vode (pomoću pH-metra WTW ph 330);
- koncentracija otopljenog kisika u vodi, zasićenje vode kisikom te temperatura vode (pomoću oksimetra WTW Oxi 330/SET);
- elektična provodljivost vode (pomoću konduktometra WTW LF 330);
- količina vezanog CO<sub>2</sub> u vodi (alkalinitet) titracijom s 0.1 M kloridnom kiselinom uz metil-orange kao indikator, a izražavana je u mg CaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup>;

- brzina strujanja vode (pomoću strujomjera SonTek FlowTracker) (Popijač 2007).

### 2.1.2. Uzorkovanje makrozoobentosa u slijevu Cetine

Uzorci makrozoobentosa sakupljani su Surber-ovom mrežom zahvatne površine 0.1 m<sup>2</sup> (Tablica 2.1). Uzorkovanje Surber-ovom mrežom minimalno narušava stanište, relativno prema drugim biološkim metodama uzorkovanja (Smith i sur. 2001). Makrofauna je odvajana od sedimenta dekantiranjem i prosijavanjem kroz bentos mrežu promjera okašca od 0,5 mm te konzervirana u 96%-tnom etanolu.

Tablica 2.1. Raspored postaja duž toka rijeke Cetine i njene pritoke Rude, s prikazom metoda uzorkovanja i broja uzetih uzoraka (Preuzeto iz Popijač (2007) i izmjenjeno).

GORNJI TOK CETINE	Izvor Cetine	Surber 3x-4x
	Preočki most	Surber 3x
	Crveni most	Surber 3x
SREDNJI TOK CETINE	Obrovac Sinjski	Surber 3x
DONJI TOK CETINE	Čikotina Lađa	Surber 3x-4x
PRITOK RUDA	Izvor Rude	Surber 3x

## 2.2. Laboratorijska istraživanja

U laboratoriju se fauna razvrstavala po skupinama te konzervirala u 80%-tnom etanolu za daljnje određivanje do najnižih mogućih sistematskih kategorija. Rakušci (Amphipoda) su taksonomski određivani do razine vrste uz korištenje opisa i determinacijskih ključeva (G. Karaman 1977, 1993, Karaman i Pinkster 1987). Jedinke vrste *G. balcanicus* su izdvajane po postajama i datumima uzorkovanja pod binokularnom lupom Pro-luX XTL 3400D pod povećanjima od 7 do 90 $\times$ , te su i za svaku postaju i datum uzorkovanja prebrojavane i razvrstavane u sljedeće starosne (ontogenetske) i razvojne kategorije:

- odrasli mužjaci**: jedinke sa dobro razvijenim genitalnim papilama;
- neovigerne ženke**: ženke sa dobro razvijenim, velikim oostegitima i praznim ležnim prostorom (marsupijem);
- ovigerne ženke**: ženke sa dobro razvijenim, velikim oostegitima, koje u ležnom prostoru sadrže jaja ili juvenilne jedinke;
- adolescentni mužjaci**: mali mužjaci s nepotpuno razvijenim, malim genitalnim papilama;

- adolescentne ženke**: ženke s nepotpuno razvijenim, malim oostegitima;
- juvenilne jedinke**: male jedinke kod kojih se nisu mogli utvrditi začeci niti genitalnih papila, niti oostegita;
- interseks**: jedinke kod kojih su razvijene jedna ili obje genitalne papile i oostegiti;
- ovigerni interseks**: jedinke kod kojih su razvijene jedna ili obje genitalne papile i oostegiti, a unutar marsupija se nalaze jaja ili juvenilne jedinke.

Također se bilježio i broj parova u kopulaciji, a unutar svake kategorije bilježen je i broj jedinki na kojima je bila prisutna parazitska gljiva.

### 2.3. Primijenjeni programski paketi i aplikacije

Statistička obrada podataka i tablični prikaz rezultata izrađen je u programu Microsoft Excel XP Professional edition. Za grafičku obradu podataka korišten je Paint Shop Pro 7. Obrada teksta je izvršena u programu Microsoft Word XP Professional edition.

### 3. REZULTATI

#### 3.1. Abiotički čimbenici okoliša

##### 3.1.1. Temperatura vode

Temperatura vode na postaji izvor Cetine bila je ujednačena tijekom čitavog istraživog razdoblja, osim u srpnju 2005. godine kada je izmjerena najviša temperatura vode od 12.9 °C. Najniža temperatura vode je izmjerena u veljači 2005. godine i iznosila je 8.4 °C. Na postaji Preočki most najniža izmjerena temperatura vode iznosila je 7.5 °C u veljači 2005. godine, a najviša 12.5 °C u kolovozu 2004. godine, dok je na postaji Crveni most najniža izmjerena temperatura vode iznosila 7.3 °C u veljači 2005. godine, a najviša 12.2 °C u kolovozu 2004. godine. Na postaji Obrovac Sinjski temperatura vode se kretala u rasponu od 6.4 °C u veljači 2005. godine do 13.9 °C u kolovozu 2004. godine, na postaji Izvor Rude od 6.8 °C u veljači 2005. godine do 16.9 °C u kolovozu 2004. godine, a na postaji Čikotina Lađa od 4.6 °C u veljači 2005. godine do 20.5 °C u kolovozu 2004. godine.

Najmanja godišnja kolebanja temperature zabilježena su na postajama izvor Cetine, Preočki most i Crveni most. Na tim postajama su također zabilježene i najniže prosječne vrijednosti temperature sa vrijednostima 9.19, 9.69 i 9.79 °C, dok su na preostale tri postaje (Obrovac Sinjski, izvor Rude i Čikotina Lađa) prosječne vrijednosti temperature bile više: 10.65, 11.85 i 12.45 °C. Uočljivo je da duž rijeke, od postaje izvor Cetine pa nizvodno, sve do postaje Čikotina Lađa, raste godišnje kolebanje temperature i dolazi do povećanja prosječne vrijednosti temperature vode (Tablica 3.1, Slika 3.1).

##### 3.1.2. Koncentracija otopljenog kisika

Na postaji izvor Cetine najviša izmjerena koncentracija otopljenog kisika bila je 15 mg l<sup>-1</sup> u srpnju 2005. godine, a najniža 10.4 mg l<sup>-1</sup> u kolovozu 2004. godine. Na postaji Preočki most najviša izmjerena koncentracija otopljenog kisika bila je 15.52 mg l<sup>-1</sup> u srpnju 2005. godine, a najniža 11.2 mg l<sup>-1</sup> u studenom 2005. godine. Na postaji Crveni most najviša izmjerena koncentracija otopljenog kisika iznosila je 13.39 mg l<sup>-1</sup> u srpnju 2005. godine, a najniža 10.7 mg l<sup>-1</sup> u prosincu 2004. godine. Na prethodno navedenim postajama koncentracija otopljenog kisika je bila ujednačena tijekom godine, sa značajnijim kolebanjem jedino u srpnju kada je na postaji izvor Cetine zabilježena vrijednost otopljenog kisika od 15 mg l<sup>-1</sup>, a na postaji Preočki most 15.52 mg l<sup>-1</sup>. Prosječne

vrijednosti su iznosile 11.41 mg l<sup>-1</sup> na postaji izvor Cetine, 12.15 mg l<sup>-1</sup> na postaji Preočki most i 11.75 mg l<sup>-1</sup> na postaji Crveni most.

Na postaji Obrovac Sinjski najviša izmjerena koncentracija otopljenog kisika iznosila je 14.74 mg l<sup>-1</sup> u travnju 2005. godine, a najniža 8.50 mg l<sup>-1</sup> u listopadu 2004. godine. Na postaji izvor Rude najviša izmjerena koncentracija otopljenog kisika iznosila je 11.76 mg l<sup>-1</sup> u kolovozu 2005. godine, a najniža 7.40 mg l<sup>-1</sup> u listopadu 2004. godine. Na postaji Čikotina Lađa najviša izmjerena koncentracija otopljenog kisika iznosila je 13.68 mg l<sup>-1</sup> u ožujku 2005. godine, a najniža 8.80 mg l<sup>-1</sup> u kolovozu 2004. godine. Na ovim postajama su zabilježene veća godišnja kolebanja u koncentraciji otopljenog kisika. Izmjerene prosječne vrijednosti su iznosile 11.48 mg l<sup>-1</sup> za postaju Obrovac Sinjski, 10.35 mg l<sup>-1</sup> za postaju izvor Rude i 11.39 mg l<sup>-1</sup> za postaju Čikotina Lađa (Tablica 3.2, Slika 3.2).

### 3.1.3. Zasićenje vode kisikom

Na postaji izvor Cetine maksimalna vrijednost zasićenja vode kisikom iznosila je 148.4% u srpnju 2005. godine, a minimalna 94.4% u kolovozu 2005. godine. Na postaji Preočki most maksimalna vrijednost zasićenja vode kisikom iznosila je 147.9% u srpnju 2005. godine, a minimalna 100% u studenom 2004. godine. Na postaji Crveni most maksimalna vrijednost zasićenja vode kisikom iznosila je 125.9% u srpnju 2005. godine, a minimalna 98% u prosincu 2004. godine. Na postaji Obrovac Sinjski maksimalna vrijednost zasićenja vode kisikom iznosila je 140% u travnju 2005. godine, a minimalna 83% u listopadu 2004. godine. Na postaji izvor Rude maksimalna vrijednost zasićenja kisikom iznosila je 119.5% u kolovozu 2005. godine, a minimalna 76% u listopadu 2004. godine. Na postaji Čikotina Lađa maksimalna vrijednost zasićenja vode kisikom iznosila je 138% u kolovozu 2005. godine, a minimalna 100% u kolovozu 2004. godine. Na svim postajama zabilježene su uglavnom visoke vrijednosti zasićenja kisikom, uglavnom preko 100%, osim na postaji izvor Rude gdje se zasićenje kisikom kretalo oko 100% i niže, a na toj postaji je zabilježena i najniža izmjerena vrijednost zasićenja vode kisikom od 76% u listopadu 2004. godine (Tablica 3.3, Slika 3.3).

### 3.1.4. pH vrijednost

Izmjerene pH vrijednosti na postaji izvor Cetine bile su u rasponu od najniže 7.48 u prosincu 2004. godine do najviše 7.77 u studenom 2004. godine. Na postaji Preočki most izmjerene pH vrijednosti bile su u rasponu od najniže 7.73 u travnju 2005. godine do najviše 8.14 u kolovozu 2004. godine. Na postaji Crveni most raspon pH vrijednosti kretao se od 7.74 u travnju 2005.

godine do 8.13 u rujnu 2004. godine, a na postaji Obrovac Sinjski od 7.8 u kolovozu 2005. godine do 8.29 u travnju 2005. godine. Na postaji izvor Rude izmjerene pH vrijedosti bile su u rasponu od najniže 7.59 u listopadu 2004. godine do najviše 7.9 u siječnju 2005. godine. Raspon zabilježenih pH vrijednosti na postaji Čikotina Lađa bio je od najniže 8.09 u prosincu 2004. godine do najviše 8.55 u ožujku 2005. godine.

Najniže pH vrijednosti zabilježene su na postajama izvor Cetine i izvor Rude, na kojima su i prosječne pH vrijednosti bile najniže (7.59 i 7.7). Najviše pH vrijednosti zabilježene su na postaji Čikotina Lađa gdje je i prosječna vrijednost bila najviša, a iznosila je 8.29 (Tablica 3.4, Slika 3.4).

### 3.1.5. Električna provodljivost

Na postaji izvor Cetine najniža zabilježena električna provodljivost iznosila je  $285 \mu\text{S cm}^{-1}$  u svibnju 2005. godine, a najviša  $356 \mu\text{S cm}^{-1}$  u ožujku 2005. godine. Na postaji Preočki most zabilježene vrijednosti električne provodljivosti kretale su se od  $282 \mu\text{S cm}^{-1}$  u svibnju 2005. godine do  $355 \mu\text{S cm}^{-1}$  u ožujku 2005. godine. Na postaji Crveni most zabilježena električna provodljivost iznosila je od  $289 \mu\text{S cm}^{-1}$  u svibnju 2005. godine do  $368 \mu\text{S cm}^{-1}$  u ožujku 2005. godine, a na postaji izvor Rude od  $306 \mu\text{S cm}^{-1}$  u travnju 2005. godine do  $343 \mu\text{S cm}^{-1}$  u studenom 2004. godine. Na tim postajama su tijekom istraživanog razdoblja mjerene niske vrijednosti električne provodljivosti uz vrlo mala kolebanja tijekom godine.

Na postajama Obrovac Sinjski i Čikotina Lađa izmjerene vrijednosti električne provodljivosti vode bile su više uz znatno veća godišnja kolebanja. Na postaji Obrovac Sinjski najniža zabilježena električna provodljivost iznosila je  $356 \mu\text{S cm}^{-1}$  u siječnju 2005. godine, a najviša  $724 \mu\text{S cm}^{-1}$  u kolovozu 2004. godine i to je postaja na kojoj su zabilježena najveća godišnja kolebanja električne provodljivosti. Na postaji Čikotina Lađa električna provodljivost je iznosila od  $320 \mu\text{S cm}^{-1}$  u lipnju 2005. godine do  $504 \mu\text{S cm}^{-1}$  u listopadu 2004. godine (Tablica 3.5, Slika 3.5)

### 3.1.6. Alkalinitet

Na postaji izvor Cetine alkalinitet vode kretao se u rasponu od  $155 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$  u svibnju 2005. godine do  $185 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$  u ožujku 2005. godine. Izmjerene vrijednosti alkaliniteta na postaji Preočki most kretale su se od  $152.5 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$  u svibnju 2005. godine do  $190 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$  u rujnu 2004. godine, a na postaji Crveni most od  $160 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$  u svibnju 2005. godine do  $187.5 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$  u ožujku 2005. godine. Na te tri postaje zabilježene su i najviše prosječne vrijednosti alkaliniteta, redom 174.04, 174.81 i  $176.54 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ .

Na postaji Obrovac Sinjski alkalinitet vode kretao se od 152.5 mg CaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> u studenom 2004. godine do 180 mg CaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> u kolovozu 2004. godine. Na postaji izvor Rude alkalinitet vode kretao se od 130 mg CaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> u rujnu 2004. godine do 165 mg CaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> u studenom 2004. godine, a na postaji Čikotina Lađa od 140 mg CaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> u kolovozu 2004. godine do 185 mg CaCO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> u prosincu 2004. godine (Tablica 3.6, Slika 3.6)



Tablica 3.1. Temperatura vode (°C) na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.) .

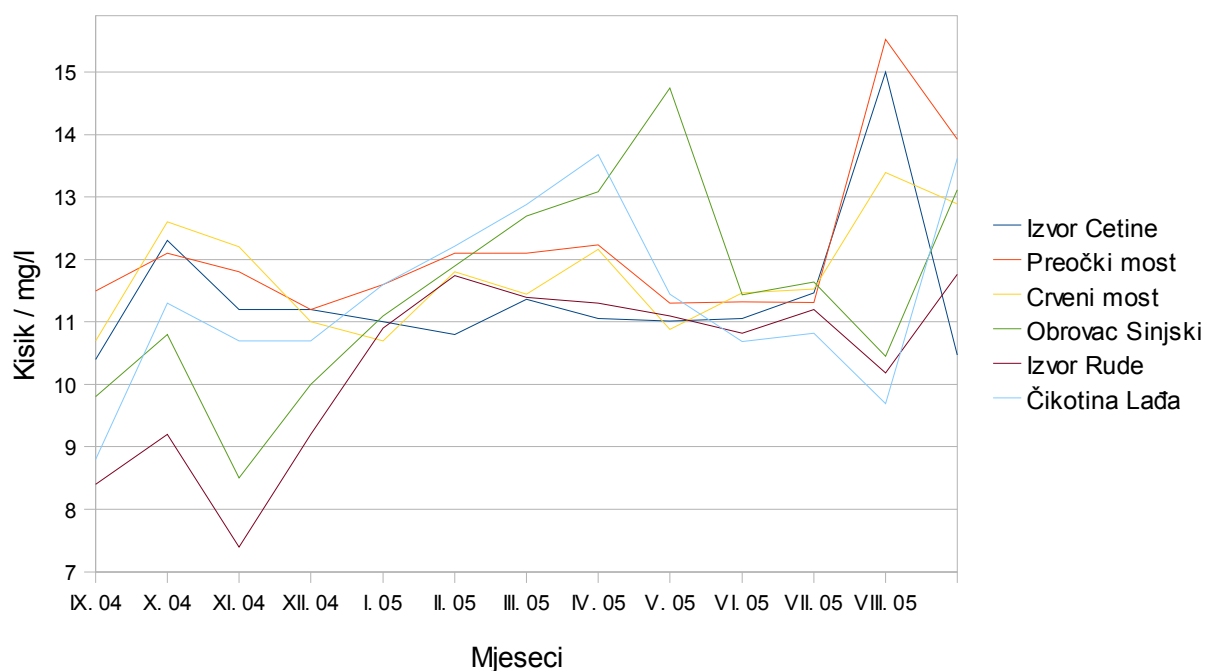
	VIII. 04	IX. 04	X. 04	XI. 04	XII. 04	I. 05	II. 05	III. 05	IV. 05	V. 05	VI. 05	VII. 05	VIII. 05	min.	max.	a.s.
Izvor Cetine	10.00	9.60	9.10	8.50	9.10	8.50	8.40	8.80	8.60	8.50	8.50	12.90	9.00	8.4	12.9	9.19
Preočki most	12.50	12.40	10.30	8.50	9.10	8.30	7.50	9.20	8.60	8.80	10.10	11.20	9.50	7.5	12.5	9.69
Crveni most	12.20	12.00	10.60	8.80	8.80	8.20	7.30	9.60	8.70	9.10	10.10	10.70	9.60	7.3	12.2	9.67
Obrovac Sinjski	13.90	12.20	12.30	12.80	9.60	7.90	6.40	6.60	10.80	9.70	12.00	11.50	12.80	6.4	13.9	10.65
Izvor Rude	16.90	16.20	14.10	12.60	10.00	7.70	6.80	7.90	8.90	10.20	13.20	15.20	14.40	6.8	16.9	11.85
Čikotina Lađa	20.50	14.60	13.30	12.70	10.20	7.30	4.60	6.00	11.10	11.30	18.30	17.40	14.60	4.6	20.5	12.45
min.	10.00	9.60	9.10	8.50	8.80	7.30	4.60	6.00	8.60	8.50	8.50	10.70	9.00			
max.	20.5	16.2	14.1	12.8	10.2	8.5	8.4	9.6	11.1	11.3	18.3	17.4	14.6			
a.s.	14.33	12.83	11.62	10.65	9.47	7.98	6.83	8.02	9.45	9.6	12.03	13.15	11.65			



Slika 3.1. Temperatura vode (°C) na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.) .

Tablica 3.2. Koncentracija otopljenog kisika u vodi ( $\text{mg l}^{-1}$ ) na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.).

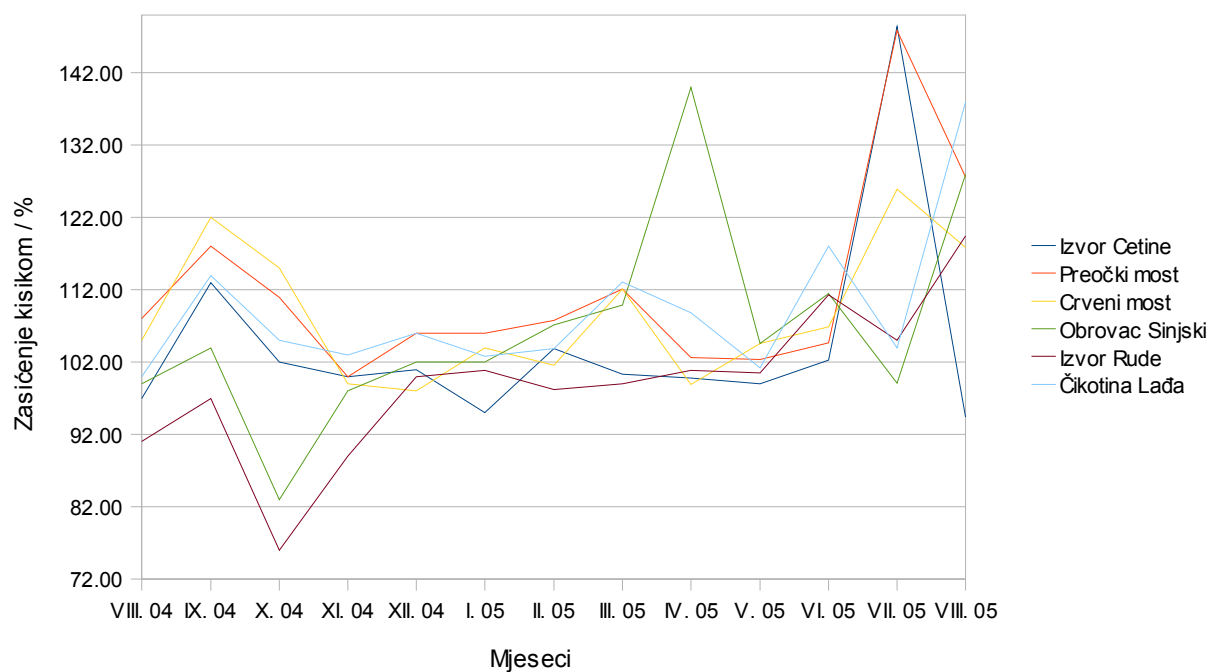
	VIII. 04	IX. 04	X. 04	XI. 04	XII. 04	I. 05	II. 05	III. 05	IV. 05	V. 05	VI. 05	VII. 05	VIII. 05	min.	max.	a.s.
Izvor Cetine	10.4	12.3	11.2	11.2	11	10.8	11.36	11.06	11.01	11.05	11.47	15	10.47	10.4	15	11.41
Preočki most	11.5	12.1	11.8	11.2	11.6	12.1	12.1	12.23	11.3	11.32	11.31	15.52	13.93	11.2	15.52	12.15
Crveni most	10.7	12.6	12.2	11	10.7	11.8	11.45	12.16	10.88	11.46	11.53	13.39	12.89	10.7	13.39	11.75
Obrovac Sinjski	9.8	10.8	8.5	10	11.1	11.9	12.69	13.08	14.74	11.43	11.64	10.45	13.12	8.5	14.74	11.48
Izvor Rude	8.4	9.2	7.4	9.2	10.9	11.74	11.39	11.3	11.1	10.82	11.2	10.18	11.76	7.4	11.76	10.35
Čikotina Lađa	8.8	11.3	10.7	10.7	11.6	12.21	12.88	13.68	11.44	10.69	10.82	9.69	13.62	8.8	13.68	11.39
min.	8.4	9.2	7.4	9.2	10.7	10.8	11.36	11.06	10.88	10.69	10.82	9.69	10.47			
max.	11.5	12.6	12.2	11.2	11.6	12.21	12.88	13.68	14.74	11.46	11.64	15.52	13.93			
a.s.	9.93	11.38	10.3	10.55	11.15	11.76	11.98	12.25	11.75	11.13	11.33	12.37	12.63			



Slika 3.2. Koncentracija otopljenog kisika u vodi ( $\text{mg l}^{-1}$ ) na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine. (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.).

Tablica 3.3. Zasićenje vode kisikom (%) na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.).

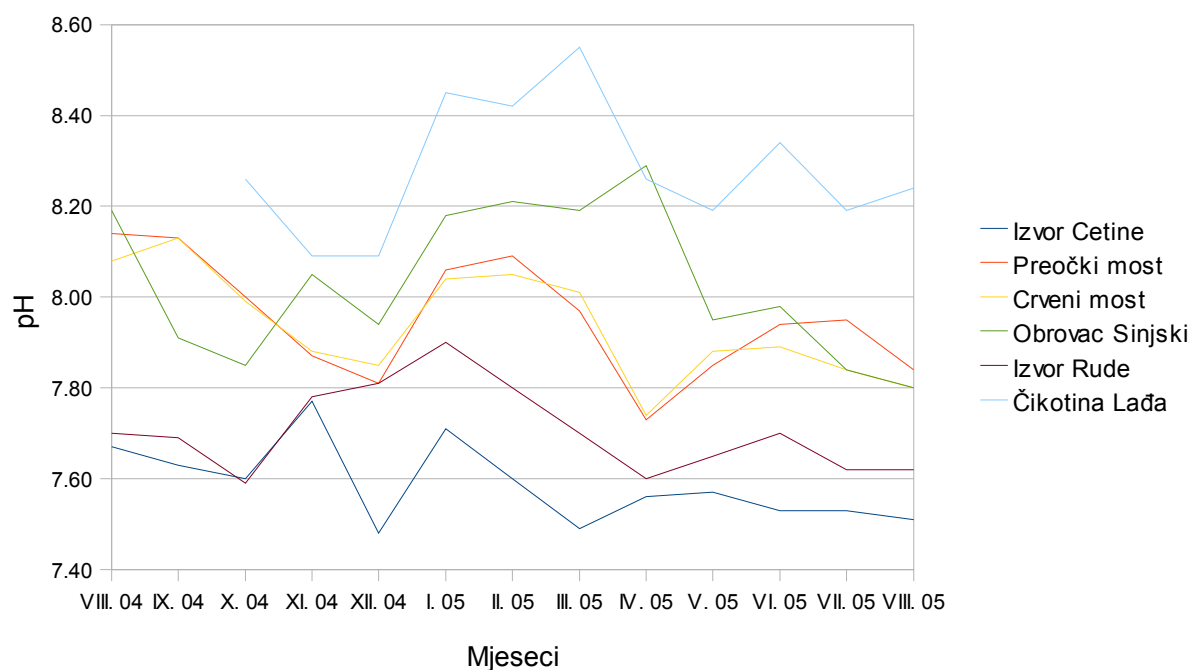
	VIII. 04	IX. 04	X. 04	XI. 04	XII. 04	I. 05	II. 05	III. 05	IV. 05	V. 05	VI. 05	VII. 05	VIII. 05	min.	max.	a.s.
Izvor Cetine	97.00	113.00	102.00	100.00	101.00	95.00	103.90	100.30	99.80	99.04	102.30	148.40	94.40	94.4	148.4	104.32
Preočki most	108.00	118.00	111.00	100.00	106.00	106.00	107.80	112.10	102.60	102.40	104.70	147.90	127.60	100	147.9	111.85
Crveni most	105.00	122.00	115.00	99.00	98.00	104.00	101.60	112.10	98.90	104.60	106.90	125.90	117.90	98	125.9	108.53
Obrovac Sinjski	99.00	104.00	83.00	98.00	102.00	102.00	107.20	109.90	140.00	104.60	111.50	99.10	128.00	83	140	106.79
Izvor Rude	91.00	97.00	76.00	89.00	100.00	100.90	98.20	99.00	100.90	100.50	111.30	105.00	119.50	76	119.5	99.1
Čikotina Lađa	100.00	114.00	105.00	103.00	106.00	102.80	103.90	113.10	108.80	101.20	118.00	104.00	138.00	100	138	109.06
min.	91.00	97.00	76.00	89.00	98.00	95.00	98.20	99.00	98.90	99.04	102.30	99.10	94.40			
max.	108	122	115	103	106	106	107.8	113.1	140	104.6	118	148.4	138			
a.s.	100	111.33	98.67	98.17	102.17	101.78	103.77	107.75	108.5	102.06	109.12	121.72	120.9			



Slika 3.3. Zasićenje vode kisikom (%) na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.).

Tablica 3.4. pH vode na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.).

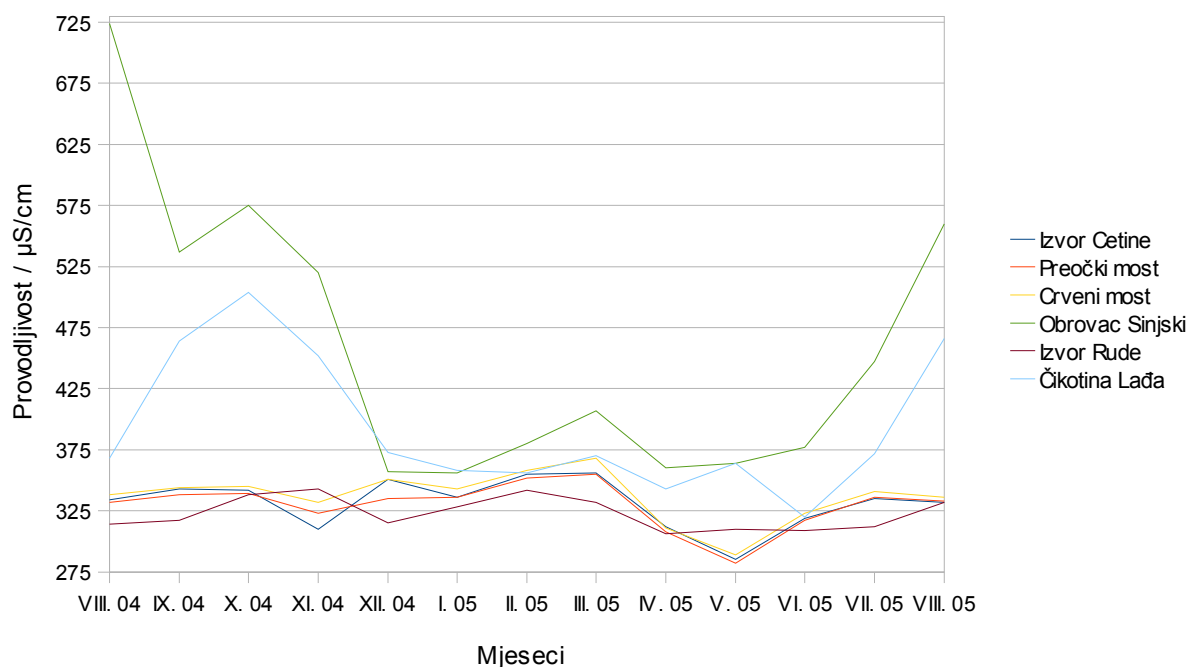
	VIII. 04	IX. 04	X. 04	XI. 04	XII. 04	I. 05	II. 05	III. 05	IV. 05	V. 05	VI. 05	VII. 05	VIII. 05	min.	max.	a.s.
Izvor Cetine	7.67	7.63	7.60	7.77	7.48	7.71	7.60	7.49	7.56	7.57	7.53	7.53	7.51	7.48	7.77	7.59
Preočki most	8.14	8.13	8.00	7.87	7.81	8.06	8.09	7.97	7.73	7.85	7.94	7.95	7.84	7.73	8.14	7.95
Crveni most	8.08	8.13	7.99	7.88	7.85	8.04	8.05	8.01	7.74	7.88	7.89	7.84	7.80	7.74	8.13	7.94
Obrovac Sinjski	8.19	7.91	7.85	8.05	7.94	8.18	8.21	8.19	8.29	7.95	7.98	7.84	7.80	7.8	8.29	8.03
Izvor Rude	7.70	7.69	7.59	7.78	7.81	7.90	7.80	7.70	7.60	7.65	7.70	7.62	7.62	7.59	7.9	7.7
Čikotina Lađa	8.38		8.26	8.09	8.09	8.45	8.42	8.55	8.26	8.19	8.34	8.19	8.24	8.09	8.55	8.29
min.	7.67	7.63	7.59	7.77	7.48	7.71	7.60	7.49	7.56	7.57	7.53	7.53	7.51			
max.	8.38	8.13	8.26	8.09	8.09	8.45	8.42	8.55	8.29	8.19	8.34	8.19	8.24			
a.s.	8.03	7.9	7.88	7.91	7.83	8.06	8.03	7.99	7.86	7.85	7.9	7.83	7.8			



Slika 3.4. pH vode na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.).

Tablica 3.5. provodljivost vode ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.).

	VIII. 04	IX. 04	X. 04	XI. 04	XII. 04	I. 05	II. 05	III. 05	IV. 05	V. 05	VI. 05	VII. 05	VIII. 05	min.	max.	a.s.
Izvor Cetine	334	343	342	310	351	336	355	356	312	285	319	335	332	285	356	331.54
Preočki most	332	338	339	323	335	336	352	355	308	282	317	336	333	282	355	329.69
Crveni most	338	344	345	332	351	343	358	368	311	289	323	341	336	289	368	336.85
Obrovac Sinjski	724	537	575	520	357	356	380	407	360	364	377	447	560	356	724	458.77
Izvor Rude	314	317	338	343	315	328	342	332	306	310	309	312	332	306	343	322.92
Čkotina Lađa	368	464	504	452	373	358	356	370	343	364	320	372	466	320	504	393.08
min.	314.00	317.00	338.00	310.00	315.00	328.00	342.00	332.00	306.00	282.00	309.00	312.00	332.00			
max.	724	537	575	520	373	358	380	407	360	364	377	447	560			
a.s.	401.67	390.5	407.17	380	347	342.83	357.17	364.67	323.33	315.67	327.5	357.17	393.17			



Slika 3.5. Provodljivost vode ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.) .

Tablica 3.6. Alkalinitet vode ( $\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ ) na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.).

	VIII. 04	IX. 04	X. 04	XI. 04	XII. 04	I. 05	II. 05	III. 05	IV. 05	V. 05	VI. 05	VII. 05	VIII. 05	min.	max.	a.s.
Izvor Cetine	175	175	175	160	185	175	180	185	165	155	170	180	182.5	155	185	174.04
Preočki most	175	190	175	167.5	180	175	185	185	165	152.5	165	182.5	175	152.5	190	174.81
Crveni most	180	175	175	170	180	180	185	187.5	170	160	167.5	182.5	182.5	160	187.5	176.54
Obrovac Sinjski	180	165	160	152.5	165	162.5	167.5	165	170	172.5	177.5	172.5	175	152.5	180	168.08
Izvor Rude	150	130	150	165	162.5	155	160	160	152.5	157.5	155	150	155	130	165	154.04
Čikotina Lađa	140	150	175	175	185	155	165	170	165	175	152.5	157.5	170	140	185	164.23
min.	140.00	130.00	150.00	152.50	162.50	155.00	160.00	160.00	152.50	152.50	152.50	150.00	155.00			
max.	180	190	175	175	185	180	185	187.5	170	175	177.5	182.5	182.5			
a.s.	166.67	164.17	168.33	165	176.25	167.08	173.75	175.42	164.58	162.08	164.58	170.83	173.33			



Slika 3.6. Alkalinitet vode ( $\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ ) na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i na izvorišnom području rijeke Rude tijekom 2004. i 2005. godine (s minimalnim i maksimalnim vrijednostima te aritmetičkim sredinama-a.s.) .

### 3.2. Dinamika gustoće populacija vrste *Gammarus balcanicus* krenala i ritrala rijeke Cetine

Na postaji izvor Cetine zabilježene vrijednosti gustoće populacije kretale su se od svega 42 jedinke/m<sup>2</sup> u prosincu 2004. godine pa sve do 6636 jedinki/m<sup>2</sup> u srpnju 2005. godine. Gustoća populacije je dosta oscilirala tijekom istraživanog razdoblja s dva dodatna vrhunca gustoće u ožujku 2005. godine (4592 jedinke/m<sup>2</sup>) te u rujnu 2004. godine (3182 jedinke/m<sup>2</sup>).

Od uzoraka ukupno prikupljenih sa postaje Preočki most podaci su obrađeni za samo dva mjeseca, veljaču i ožujak 2005. godine, kada je zabilježena gustoća populacije od 3168 jedinki/m<sup>2</sup>, odnosno 636 jedinki/m<sup>2</sup>.

Sa postaje Crveni most također je obrađen samo manji dio uzoraka, a zabilježena gustoća populacije kretala se od 72 jedinke/m<sup>2</sup> u ožujku 2005. godine pa do 1946 jedinki/m<sup>2</sup> u listopadu 2004. godine.

Na postaji Obrovac Sinjski zabilježene vrijednosti gustoće populacije bile su dosta manje nego one na postaji izvor Cetine. Također u usporedbi sa izvorom Cetine, na ovoj postaji gustoća je bila ujednačena tijekom godine, sa uglavnom vrlo malim oscilacijama osim u lipnju 2005. godine kada je zabilježeno 2406 jedinki/m<sup>2</sup>, što je i najviša zabilježena vrijednost gustoće populacije na ovoj postaji, te u kolovozu 2005. godine kad je zabilježeno 1226 jedinki/m<sup>2</sup>. Najniža vrijednost gustoće populacije od 40 jedinki/m<sup>2</sup> zabilježena je u kolovozu 2004. godine.

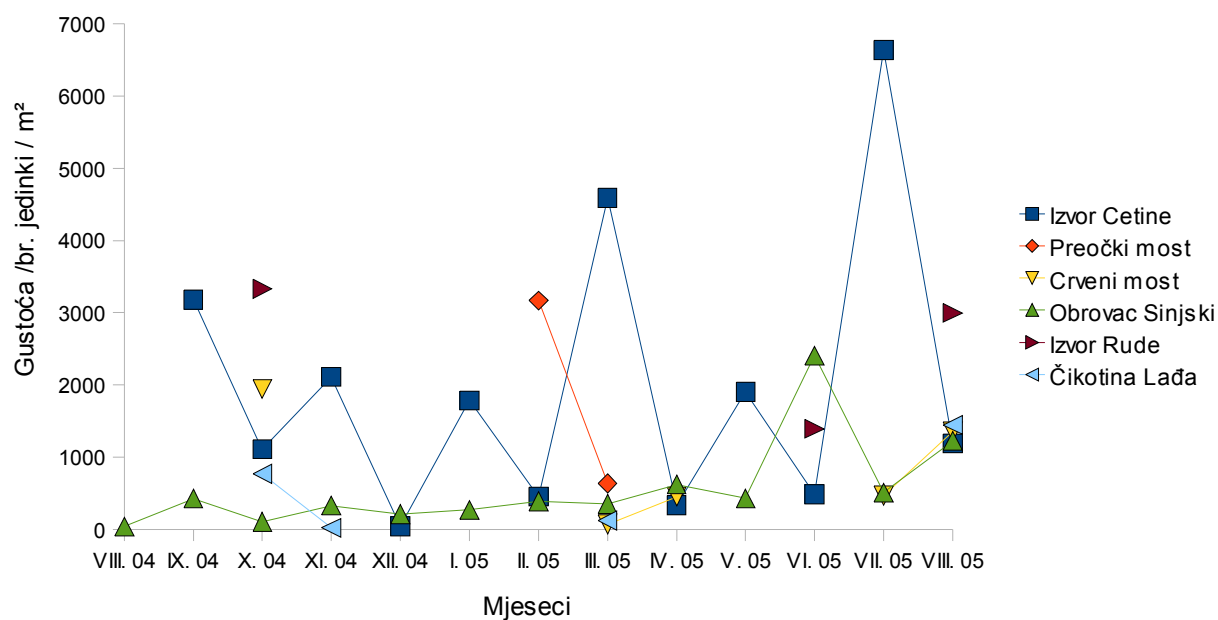
Sa postaje izvor Rude obrađena su samo tri uzorka, za listopad 2004. godine kada je zabilježena gustoća od 3334 jedinke/m<sup>2</sup>, te za lipanj i kolovoz 2005. godine kada su zabilježene vrijednosti gustoće iznosile 1394 jedinke/m<sup>2</sup> odnosno 2998 jedinki/m<sup>2</sup>.

Sa postaje Čikotina Lađa obrađeni su uzorci iz listopada i studenog 2004. godine kada je zabilježena gustoća populacije iznosila 770 jedinki/m<sup>2</sup>, odnosno 22 jedinke/m<sup>2</sup>, te iz ožujka kolovoza 2005. godine kada je zabilježena gustoća populacije iznosila 124 jedinke/m<sup>2</sup>, odnosno 1446 jedinki /m<sup>2</sup> (Tablica 3.7, Slika 3.7).

Tablica 3.7. Gustoća populacija vrste *Gammarus balacanicus* - br. jedinki/m<sup>2</sup> po postaji i datumu uzorkovanja tijekom 2004. i 2005. godine.

	VIII. 04	IX. 04	X. 04	XI. 04	XII. 04	I. 05	II. 05	III. 05	IV. 05	V. 05	VI. 05	VII. 05	VIII. 05
Izvor Cetine	*	3182	1110	2112	42	1786	454	4592	334	1904	488	6636	1190
Preočki most	*	*	*	*	*	*	3168	636	*	*	*	*	*
Crveni most	*	*	1946	*	*	*	*	72	454	*	*	468	1356
Obrovac Sinjski	40	428	106	330	212	270	388	352	622	430	2406	510	1226
Izvor Rude	*	*	3334	*	*	*	*	*	*	*	1394	*	2998
Čikotina Lađa	*	*	770	22	*	*	*	124	*	*	*	*	1446

\*uzorci još nisu pregledani



Slika 3.7. Gustoća populacija vrste *Gammarus balacanicus* - br. jedinki/m<sup>2</sup> po postaji i datumu uzorkovanja tijekom 2004. i 2005. godine.



### 3.3. Dinamika razmnožavanja vrste *Gammarus balcanicus*

#### 3.3.1. Odnos spolova

Na postaji izvor Cetine omjer broja mužjaka i ženki je varirao od 0.44 do 4.09. Mužjaci su tijekom najvećeg dijela istraživanog razdoblja bili brojniji od ženki. Jednako brojni su bili jedino u prosincu 2004. godine, te siječnju 2005. godine. U travnju 2005. godine ženke su bile brojnije od mužjaka (Slika 3.8).

Od uzoraka prikupljenih na postaji Preočki most analizirana su samo dva, iz veljače i ožujka 2005. godine. U veljači su mužjaci bili brojniji od ženki i omjer spolova iznosio je 1.26, a u ožujku su ženke bile nešto brojnije i omjer spolova je iznosio 0.93 (Slika 3.9).

Od uzoraka prikupljenih na postaji Crveni most analizirano ih je pet, iz listopada 2004. godine, te iz ožujka, travnja, srpnja i kolovoza 2005. godine. Za svaki od pet analiziranih mjeseci zabilježen je veći broj mužjaka nego ženki (Slika 3.10).

Na postaji Obrovac Sinjski omjer broja mužjaka i ženki je varirao između 0.85 u travnju 2005. godine i 4.00 u rujnu i listopadu 2004. godine. Kao i na postaji izvor Cetine i ovdje su tijekom najvećeg dijela istraživanog razdoblja mužjaci bili brojniji. U siječnju, ožujku i srpnju 2005. godine mužjaci i ženke su bili gotovo jednako brojni, a jedino su u travnju i svibnju 2005. godine ženke bile nešto malo brojnije od mužjaka (Slika 3.11).

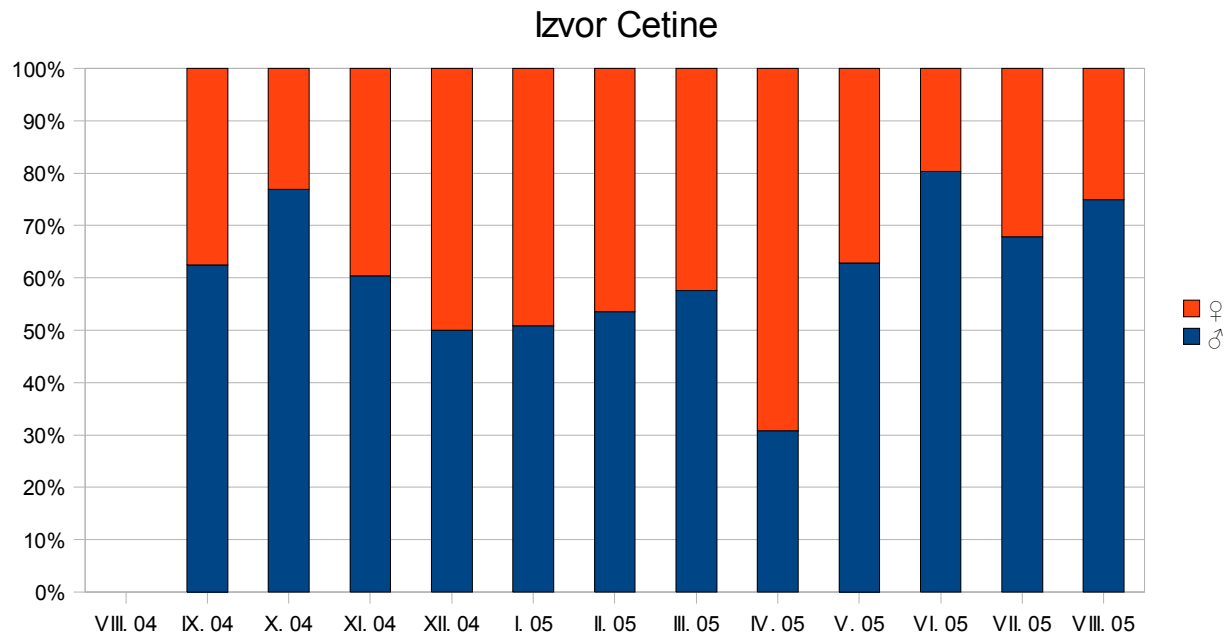
Od uzoraka prikupljenih s postaje izvor Rude, analizirani su oni iz listopada 2004. godine, te iz lipnja i kolovoza 2005. godine. U dva uzorka, iz listopada i kolovoza, mužjaci su bili brojniji od ženki, a omjer spolova je iznosio 1.50, odnosno 2.10. U uzorku iz lipnja ženke su bile nešto malo brojnije od mužjaka i tada je omjer spolova iznosio 0.94 (Slika 3.12).

Za postaju Čikotina Lađa, od ukupno prikupljenih uzoraka analizirana su tri uzorka, iz studenog 2004. godine, te iz ožujka i kolovoza 2005. godine. U sva tri analizirana uzorka mužjaci su bili brojniji od ženki, a omjer spolova je iznosio 2.50 u studenom, 2.25 u ožujku, te 2.21 u kolovozu (Slika 3.13, Tablica 3.8)

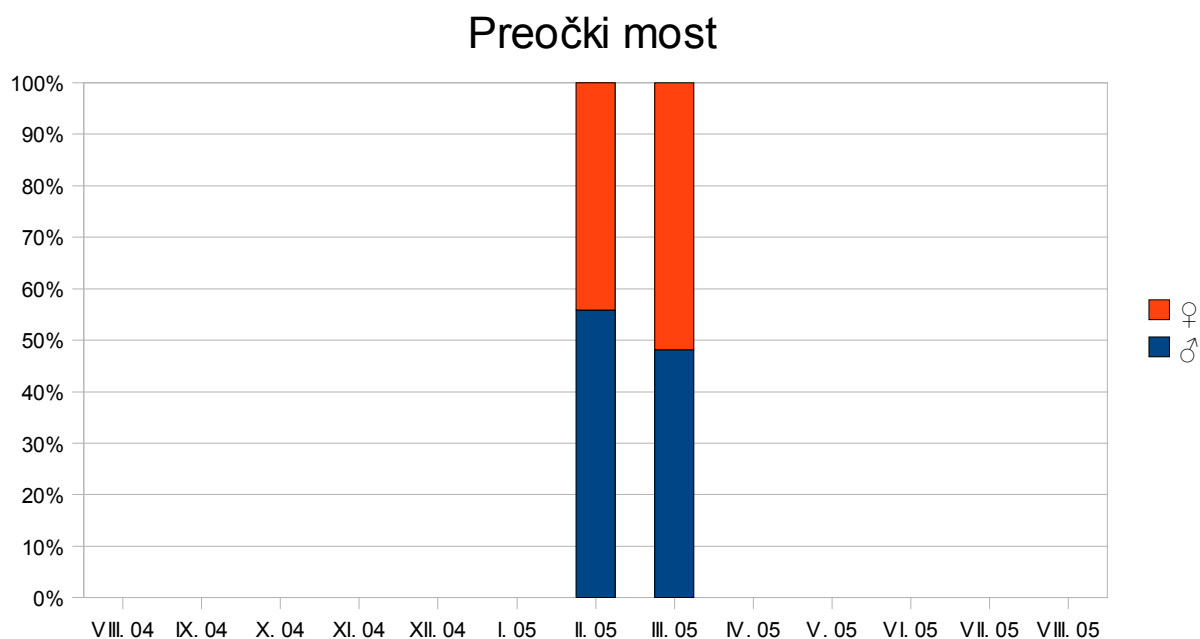
Tablica 3.8. Odnos spolova odraslih jedinki vrste *Gammarus balcanicus* na istraživanim postajama u slijevu rijeke Cetine tijekom 2004. i 2005. godine.

		VIII. 04	IX. 04	X. 04	XI. 04	XII. 04	I. 05	II. 05	III. 05	IV. 05	V. 05	VI. 05	VII. 05	VIII. 05
Izvor Cetine	♂	*	113	70	501	2	126	23	836	8	275	139	1207	234
	♀	*	68	21	328	2	122	20	616	18	163	34	571	78
	♂/♀	*	1.66	3.33	1.53	1.00	1.03	1.15	1.36	0.44	1.69	4.09	2.11	3.00
Preočki most	♂	*	*	*	*	*	*	393	89	*	*	*	*	*
	♀	*	*	*	*	*	*	311	96	*	*	*	*	*
	♂/♀	*	*	*	*	*	*	1.26	0.93	*	*	*	*	*
Obrovac Sinjski	♂	4	24	16	47	17	51	38	56	28	71	169	6	50
	♀	0	6	4	30	9	48	27	52	33	72	61	6	16
	♂/♀		4.00	4.00	1.57	1.89	1.06	1.41	1.08	0.85	0.99	2.77	1.00	3.13
Crveni most	♂	*	*	21	*	*	*	*	16	80	*	*	116	345
	♀	*	*	11	*	*	*	*	7	33	*	*	46	101
	♂/♀	*	*	1.91	*	*	*	*	2.29	2.42	*	*	2.52	3.42
Izvor Rude	♂	*	*	81	*	*	*	*	*	*	*	102	*	88
	♀	*	*	54	*	*	*	*	*	*	*	108	*	42
	♂/♀	*	*	1.50	*	*	*	*	*	*	*	0.94	*	2.10
Čikotina Lađa	♂	*	*	*	5	*	*	*	18	*	*	*	*	64
	♀	*	*	*	2	*	*	*	8	*	*	*	*	29
	♂/♀	*	*	*	2.50	*	*	*	2.25	*	*	*	*	2.21

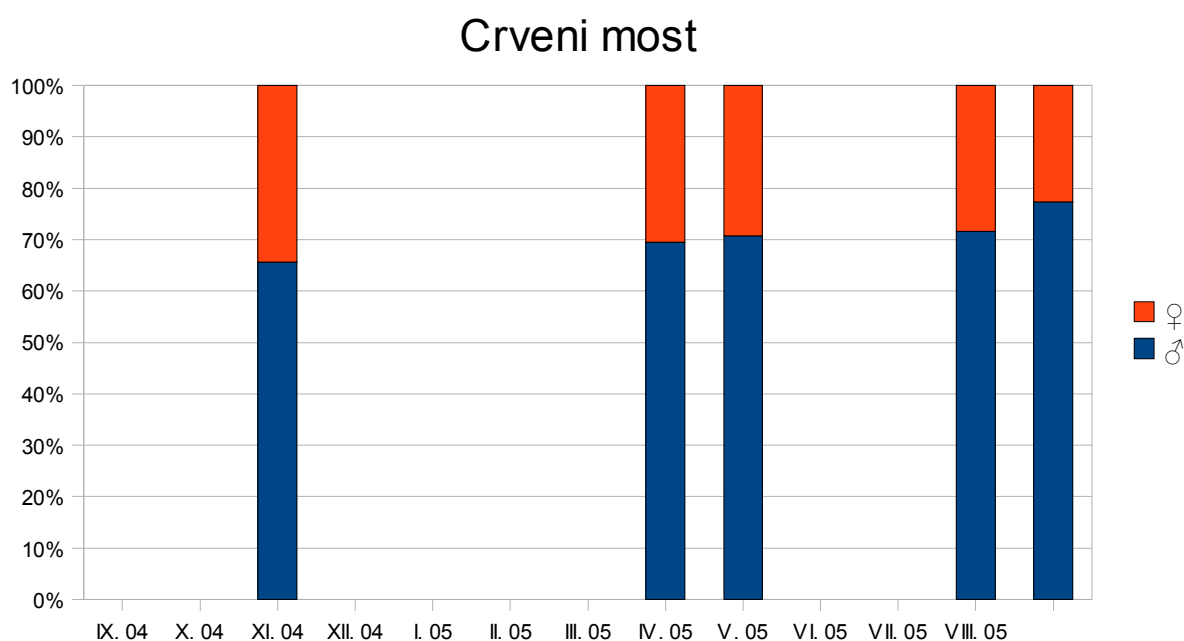
\*uzorci još nisu pregledani



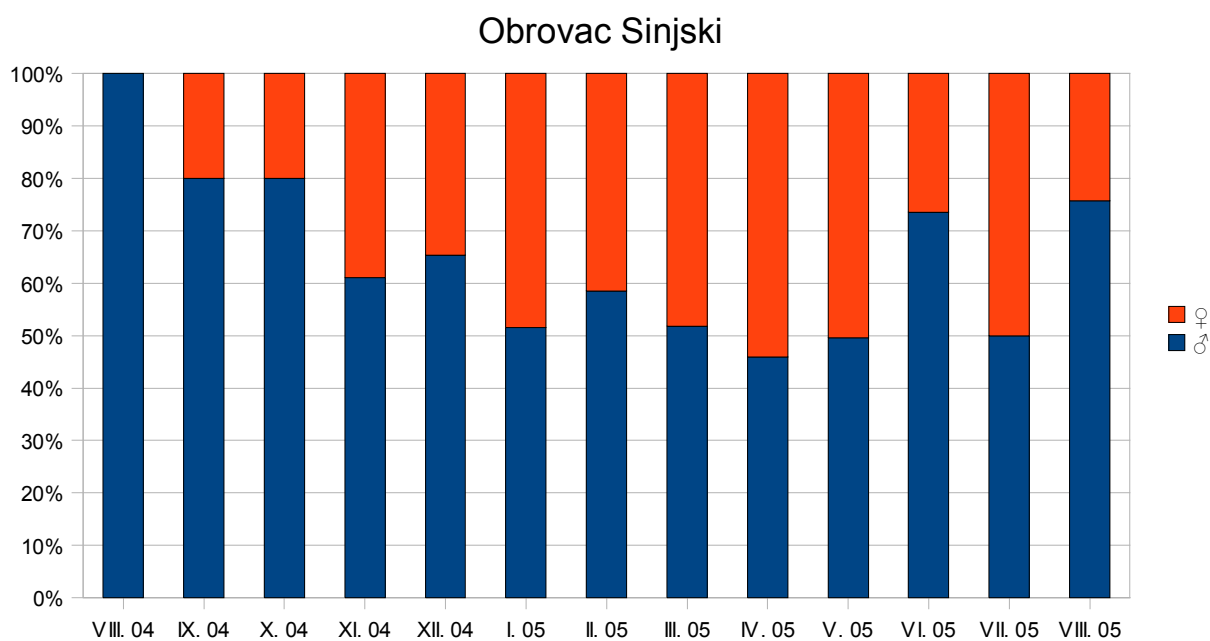
Slika 3.8. Odnos spolova odraslih jedinki vrste *Gammarus balcanicus* na postaji izvor Cetine tijekom 2004. i 2005. godine.



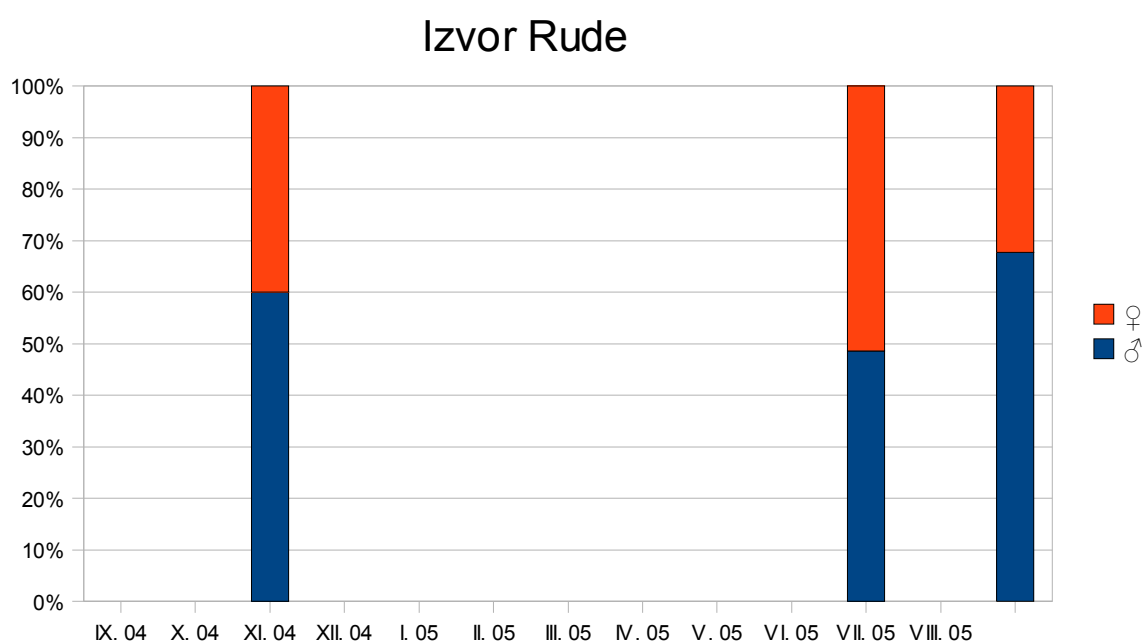
Slika 3.9. Odnos spolova odraslih jedinki vrste *Gammarus balcanicus* na postaji Preočki most tijekom 2004. i 2005. godine.



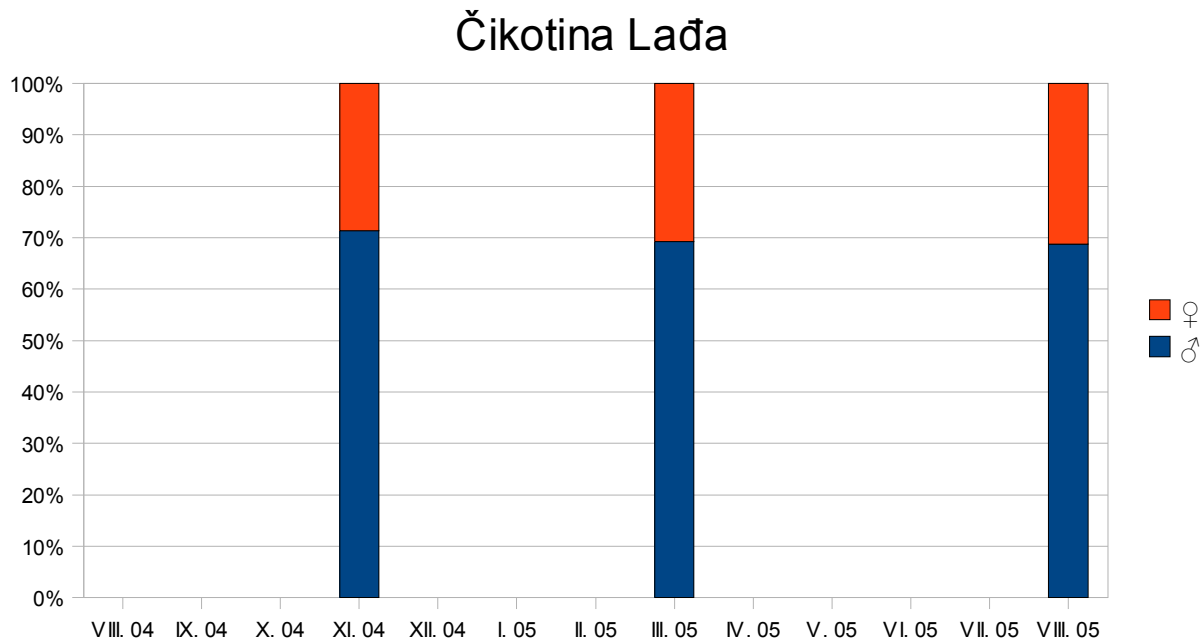
Slika 3.10. Odnos spolova odraslih jedinki vrste *Gammarus balcanicus* na postaji Crveni most tijekom 2004. i 2005. godine.



Slika 3.11. Odnos spolova odraslih jedinki vrste *Gammarus balcanicus* na postaji Obrovac Sinjski tijekom 2004. i 2005. godine.



Slika 3.12. Odnos spolova odraslih jedinki vrste *Gammarus balcanicus* na postaji izvor Rude tijekom 2004. i 2005. godine.



Slika 3.13. Odnos spolova odraslih jedinki vrste *Gammarus balcanicus* na postaji Čikotina Lađa tijekom 2004. i 2005. godine.

### 3.3.2. Dinamika gustoće starosnih i razvojnih kategorija

Na postaji izvor Cetine odrasli mužjaci su zabilježeni tijekom čitavog istraživanog razdoblja, a gustoća je bila u rasponu od svega 4 jedinke/m<sup>2</sup> u prosincu 2004. godine pa do 2414 jedinke/m<sup>2</sup> u srpnju 2005. godine. Neovigerne ženke su također zabilježene tijekom čitavog istraživanog razdoblja osim u prosincu 2004. godine. Gustoća je iznosila od 10 jedinki/m<sup>2</sup> u travnju 2005. godine do 348 jedinki/m<sup>2</sup> u srpnju 2005. godine. Tijekom čitavog istraživanog razdoblja zabilježene su i ovigerne ženke, a njihova gustoća je iznosila od 4 jedinke/m<sup>2</sup> u prosincu 2004. godine do 966 jedinki/m<sup>2</sup> u ožujku 2005. godine. Adolescentni mužjaci, adolescentne ženke i juvenilne jedinke su također zabilježeni tijekom čitavog istraživanog razdoblja. Gustoća adolescentnih mužjaka je bila u rasponu od 2 jedinke/m<sup>2</sup> u prosincu 2004. godine i lipnju 2005. godine do 328 jedinki/m<sup>2</sup> u srpnju 2005. godine. Gustoća adolescentnih ženki je bila u rasponu od 10 jedinki/m<sup>2</sup> u prosincu 2004. godine do 742 jedinke/m<sup>2</sup> u srpnju 2005. godine. Gustoća juvenilnih jedinki je bila u rasponu od 22 jedinke/m<sup>2</sup> u prosincu 2004. godine do 2544 jedinke/m<sup>2</sup> u rujnu 2004. godine. Ovigerni interseks je zabilježen u rujnu 2004. godine, te u ožujku i svibnju 2005. godine sa gustoćom od 2 jedinke/m<sup>2</sup>, a s gustoćom od 6 jedinke/m<sup>2</sup> u studenom 2004. godine (Slika 3.14, Slika 3.15).

Na postaji Preočki most obrađeni su uzorci samo iz veljače i ožujka 2005. godine i u oba uzorka

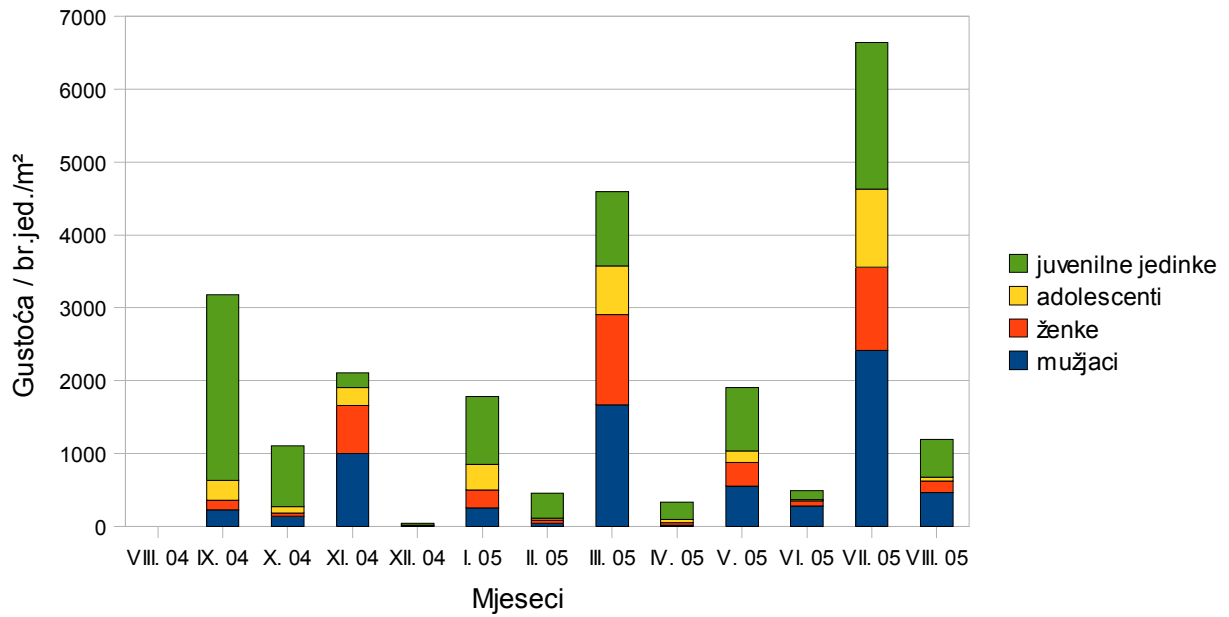
su zabilježene sve starosne i razvojne kategorije osim interseksa (Prilog 7.1).

Sa postaje Crveni most od ukupno istraživanog razdoblja obrađeni su uzroci iz listopada 2004. godine, te iz ožujka, travnja, srpnja i kolovoza 2005. godine. Odrasli mušjaci, neovigerne ženke, ovigerne ženke, adolescentne ženke i juvenilne jedinke zabilježeni su u svim obrađenim uzorcima, adolescentni mušjaci jedino nisu zabilježeni u ožujku 2005. godine. U listopadu 2004. godine zabilježen je ovigerni interseks, a u kolovozu 2005. godine neovigerni interseks, oba sa gustoćom od 2 jedinke/m<sup>2</sup> (Prilog 7.1).

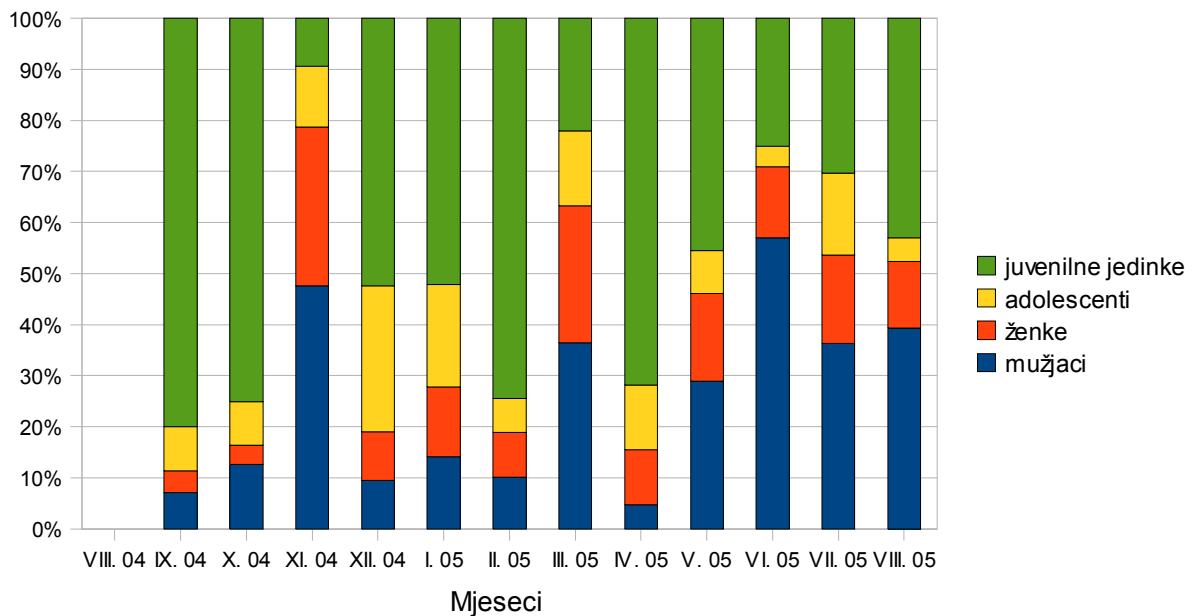
Na postaji Obrovac Sinjski odrasli mušjaci su zabilježeni tijekom čitavog istraživanog razdoblja, a gustoća je bila u rasponu od 8 jedinki/m<sup>2</sup> u kolovozu 2004. godine do 338 jedinki/m<sup>2</sup> u lipnju 2005. godine. Neovigerne ženke jedino nisu zabilježene u kolovozu 2004. godine, a tijekom ostatka istraživanog razdoblja gustoća im je bila od 2 jedinke/m<sup>2</sup> u prosincu 2004. godine do 48 jedinki/m<sup>2</sup> u siječnju 2005. godine. Ovigerne ženke nisu zabilježene u kolovozu i listopadu 2004. godine, a tijekom ostatka istraživanog razdoblja gustoća im je bila od 2 jedinke/m<sup>2</sup> u rujnu 2004. godine do 110 jedinki/m<sup>2</sup> u svibnju 2005. godine. Adolescentni mušjaci nisu zabilježeni jedino u kolovozu 2004. godine, a tijekom ostatka istraživanog razdoblja gustoća im je bila od 2 jedinke/m<sup>2</sup> u prosincu 2004. godine do 132 jedinke/m<sup>2</sup> u lipnju 2005. godine. Adolescentne ženke i juvenilne jedinke su zabilježe tijekom čitavog istraživanog razdoblja, a prisustvo interseksa u uzorcima prikupljenim na ovoj istraživačkoj postaji nije zabilježeno. Gustoća adolescentnih ženki bila je u rasponu od 2 jedinke/m<sup>2</sup> u kolovozu 2004. godine do 348 jedinki/m<sup>2</sup> u lipnju 2005. godine. Gustoća juvenilnih jedinki iznosila je od 22 jedinke/m<sup>2</sup> u listopadu 2004. godine do 1466 jedinki/m<sup>2</sup> u lipnju 2005. godine (Slika 3.16, Slika 3.17).

Od ukupno prikupljenih uzoraka sa postaje izvor Rude obrađeni su uzorci iz listopada 2004. godine, te iz lipnja i kolovoza 2005. godine. U sva tri uzorka zabilježene su sve starosne i razvojne kategorije osim interseksa (Prilog 7.1).

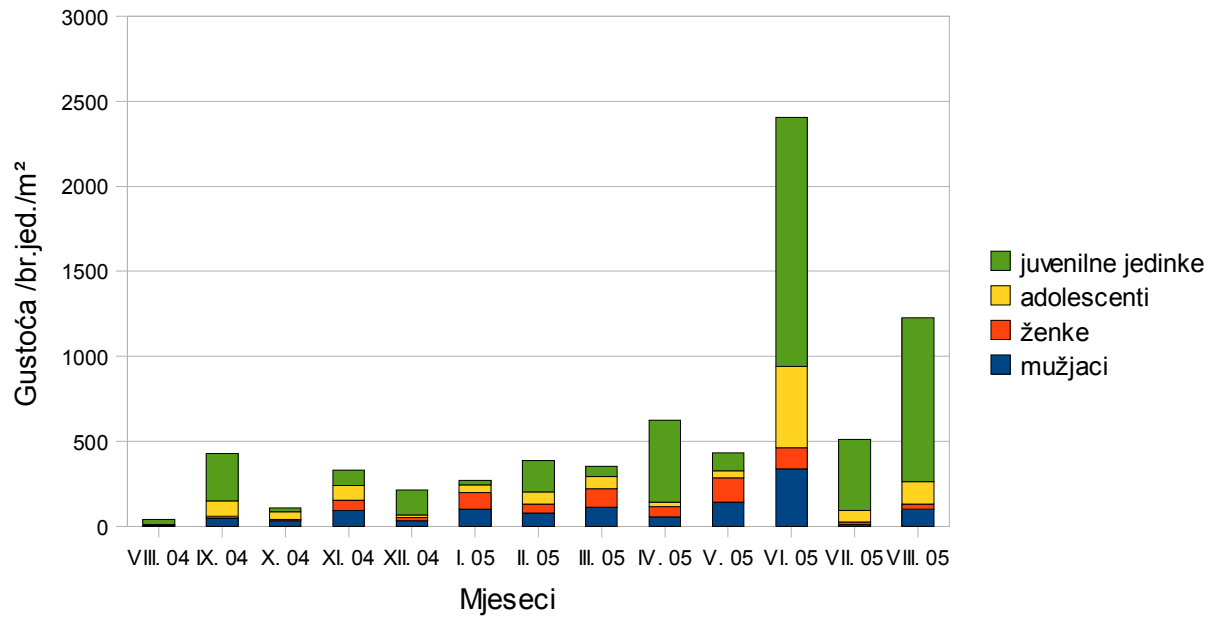
Od ukupno prikupljenih uzoraka sa postaje Čikotina Lađa obrađeni su uzorci iz listopada i studenog 2004. godine, te iz ožujka i kolovoza 2005. godine. U sva četiri obrađena uzorka zabilježeni su odrasli mušjaci, neovigerne ženke, adolescentne ženke i adolescentni mušjaci. Ovigerne ženke i juvenilne jedinke jedino nisu zabilježene u studenom 2004. godine, a kategorija interseksa nije zabilježena niti u jednom uzorku (Prilog 7.1).



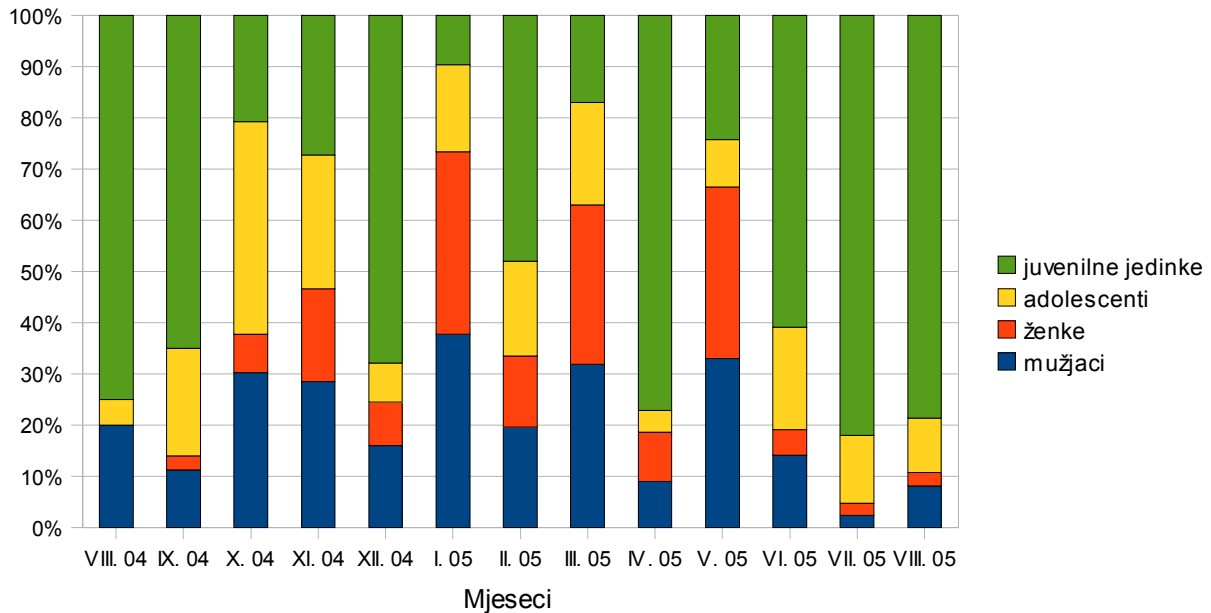
Slika 3.14. Dinamika gustoće starosnih i razvojnih kategorija vrste *Gammarus balcanicus* na postaji izvor Cetine tijekom 2004. i 2005. godine.



Slika 3.15. Udio starosnih i razvojnih kategorija vrste *Gammarus balcanicus* na postaji izvor Cetine tijekom 2004. i 2005. godine.



Slika 3.16. Dinamika gustoće starosnih i razvojnih kategorija vrste *Gammarus balcanicus* na postaji Obrovac Sinjski tijekom 2004. i 2005. godine.



Slika 3.17. Udio starosnih i razvojnih kategorija vrste *Gammarus balcanicus* na postaji Obrovac Sinjski tijekom 2004. i 2005. godine.



#### 4. RASPRAVA

Unatoč tome što je vrsta *Gammarus balcanicus* široko rasprostranjena i ima veliku važnost u kruženju tvari u vodotocima koje nastanjuje, do danas populacije te vrste na području Hrvatske nisu ciljano i sustavno istraživane, tako da podaci o biologiji ove vrste nisu postojali niti za populacije koje nastanjuju rijeku Cetinu.

Na postajama izvor Cetine, Preočki most i Crveni most zabilježena su najmanja godišnja kolebanja temperature vode. Na tim postajama su također zabilježene i najniže prosječne vrijednosti temperature vode od svih istraživanih postaja, a bile su u rasponu od 9.19 do 9.79 °C. Uočljivo je da duž rijeke, od postaje izvor Cetine, pa nizvodno sve do postaje Čikotina Lađa, raste godišnje kolebanje temperature i dolazi do povećanja prosječne vrijednosti temperature vode, što je za tekućice uobičajna oscilacija tih parametara. Na postaji izvor Cetine zabilježeno je godišnje kolebanje temperature od 4.5°C, koje prema nekim autorima (Illies 1952 cit. iz Smith i sur. 2001), koji područje eukrenala definiraju kao dio toka u kojem godišnje temperaturne oscilacije ne prelaze 5°C, možemo svrstati u eukrenal. Međutim neki drugi autori (Erman i Erman 1995 cit. iz Smith i sur. 2001) eukrenal definiraju kao dio toka u kojem godišnje temperaturne oscilacije ne prelaze 2°C i držeći se te definicije istraživana postaja izvor Cetine pripada hipokrenalu, odnosno dijelu toka u kojem godišnje oscilacije temperature prelaze vrijednost od 2°C (Smith i sur. 2003, Žganec 2005). Takvo za izvore veliko godišnje kolebanje temperature zabilježeno na ovoj postaji moglo bi se objasniti činjenicom da je izvor Cetine limnokreni izvor, a za taj tip izvora ustanovljeno je da su godišnje fluktuacije temperature vode veće nego kod reokrenog tipa, kao posljedica sporijeg istjecanja i duljeg zadržavanja vode u izvoru što povećava utjecaj površinskih geoloških slojeva i atmosfere na temperaturu vode (Zollhöfer i sur. 2000).

Što se koncentracije otopljenog kisika tiče, u gornjim dijelovima toka, dakle na postajama izvor Cetine, Preočki most i Crveni most, mjerene su visoke vrijednosti otopljenog kisika koje su tijekom godine bile ujednačene, sa značajnijom oscilacijom jedino u srpnju 2005. godine. Kako koncentracija otopljenog kisika ovisi o temperaturi vode, takvi podaci su u skladu s činjenicom da su na tim postajama mjerene niske temperature vode koje su tijekom godine neznatno oscilirale. Na postajama srednjeg i donjeg toka oscilacije u koncentraciji otopljenog kisika se bile veće što je u skladu s većim temperaturnim oscilacijama u tom dijelu toka.

Najniže pH vrijednosti izmjerene su na postajama izvor Cetine i izvor Rude, a to je zato što se radi o podzemnoj vodi koja izbija na površinu. Srednja vrijednost pH na izvoru Cetine iznosila je 7.59, a na postaji izvor Rude 7.7 što je u skladu s očekivanjima, jer općenito vrijedi da je voda na

vapnenačkoj podlozi tvrda i da je pH veći od 7 kao i da se pH vrijednost vode u izvorima kreće u rasponu između 6 i 8 (Žganec 2005). Na ostalim postajama prosječne pH vrijednosti su bile više, oko 8 ili iznad toga, a najviše pH vrijednosti su izmjerene na postaji Čikotina Lađa, gdje je i srednja pH vrijednost bila najviša i iznosila je 8.29. Jalinskaia (1969) navodi da vrsta *G. balcanicus* ima neke posebne ekološke zahtjeve koji ograničavaju rasprostranjenost te vrste u čistim tekućim vodama i navodi da se tu prije svega radi o pH vrijednosti vode, koja mora biti u rasponu od 2.5-5.5. Međutim rezultati ovog istraživanja se s tim nikako ne slažu jer je u Cetini ova vrsta zabilježena u vodama pH vrijednosti između 7.48 i 8.55. To je s druge strane u skladu s podacima da je u nekim vodotocima Rumunjske vrsta *G. balcanicus* zabilježena u vodama pH vrijednosti između 7 i 8.5 (Petrescu 1998 cit. iz Šantić 2000), kao i s tim da je vrstu u lužnatoj vodi zabilježio i Žganec (2005) na Plitvičkim jezerima u izvoru lijevog pritoka potoka Sartuk, gdje je izmjerena pH vrijednost vode iznosila 8.43.

Na postajama izvor Cetine, Preočki most, Crveni most i izvor Rude za električnu provodljivost su tijekom čitavog istraživanog razdoblja mjerene niske vrijednosti koje su vrlo malo oscilirale. U usporedbi sa prethodno navedenim na preostale dvije postaje, Obrovac Sinjski i Čikotina Lađa, za električnu provodljivost su mjerene više vrijednosti uz znatno veće oscilacije tijekom godine.

Najviše vrijednosti alkaliniteta su zabilježene na postajama izvor Cetine, Preočki most i Crveni most koje pripadaju gornjem dijelu toka, dok su na postajama smještenim nizvodno od njih zabilježene vrijednosti alkaliniteta bile niže.

Gustoća populacije vrste *G. balcanicus* na postaji izvor Cetine dostizala je i vrlo visoke vrijednosti od nekoliko tisuća jedinki po m<sup>2</sup> sa najvišom zabilježenom gustoćom od 6636 jedinki/m<sup>2</sup> u srpnju 2005. godine. Na ovoj postaji vrijednosti gustoće su dosta oscilirale tijekom istraživanog razdoblja, za razliku od postaje Obrovac Sinjski gdje je gustoća bila ujednačena tijekom godine, ali su tu mjerene i dosta niže vrijednosti gustoće koje uglavnom nisu prelazile vrijednost od 500 jedinki po m<sup>2</sup>. Za ostale četiri postaje obrađen je premali broj uzoraka da bi se vidjela dinamika gustoće populacija tijekom istraživanog razdoblja.

Na postaji izvor Cetine mužjaci su uglavnom bili brojniji od ženki. Jednako, odnosno gotovo jednako brojni bili su u prosincu 2004. godine, te u siječnju i veljači 2005. godine, a jedino su u travnju 2005. godine ženke bile brojnije od mužjaka. Na postaji Obrovac Sinjski mužjaci su također bili dominantni tijekom istraživanog razdoblja, a omjer spolova je bio 1 ili gotovo 1 u siječnju, ožujku, svibnju i srpnju 2005. godine. Dominacija mužjaka kod vrste *G. balcanicus* uočena je i kod populacija istraživanih u Poljskoj, a posljedica je njihovog bržeg rasta i ranijeg dostizanja spolne zrelosti (Zieliński 1995).

Zieliński (1995) je utvrdio da se vrsta *G. balcanicus* u istraživanim Poljskim rijekama razmnožava od početka travnja do kraja listopada. Na postaji izvor Cetine zrele neovigerne ženke i ovigerne ženke zabilježene su tijekom čitavog istraživanog razdoblja iz čega se može zaključiti da se vrsta *G. balcanicus* u izvoru rijeke Cetine razmnožava tijekom čitave godine. To se ne slaže sa rezultatima Zielińskog koji je utvrdio postojanje zimske pauze u razmnožavanju. Međutim da se ova vrsta na lokalitetima s konstantnom temperaturom vode može aciklički razmnožavati bez zimske pauze navodi Dedju (1980), a Žganec (2005) je u izvorima Bijele i Crne rijeke (Plitvička jezera) također zabilježio sve razvojne stadije ove vrste tijekom čitavog istraživanog razdoblja, što ukazuje na njezino kontinuirano razmnožavanje u tim izvorima s preklapanjem generacija. Isto acikličko razmnožavanje opaženo je i kod populacija vrste *G. fossarum* koje nastanjuju velike limnokrene izvore u Poljskoj (Brzezińska-Blaszczyk i Jazdzewski 1980 cit. iz Zieliński 1995). Na postaji Obrovac Sinjski zrele neovigerne i ovigerne ženke zabilježene su od studenog 2004. pa sve do kraja istraživanja u kolovozu 2005. godine. Zrele neovigerne ženke jedino nisu zabilježene u kolovozu 2004. godine, a ovigerne ženke u kolovozu i listopadu 2004. godine, dok je u rujnu 2004. godine zabilježena svega jedna ovigerna jedinka. Međutim u tim istim mjesecima mjerene temperature vode su bile povoljne s vrijednostima iznad 12 °C, a kako je za vrstu *G. balcanicus* zabilježeno da se prestaje razmnožavati kada temperatura vode padne ispod 7 °C (Dedju 1980), odnosno prema drugom autoru ispod 4-5 °C (Zieliński 1995), vjerojatno se vrsta i na toj postaji razmnožava tijekom čitave godine. Razlog neslaganju podataka sa Zielinskim, odnosno uočeno razmnožavanje vrste tijekom čitave godine, vjerojatno je u tome što je klima područja kroz koje protječe površinski tok Cetine uglavnom mediteranska s povoljnijim temperaturnim prilika od kontinentalne klime koja prevladava u području Poljske u kojem je Zielinski proveo svoja istraživanja ove vrste. Posljedica utjecaja mediteranske klime se očituje u temperaturi vode rijeke Cetine koja ni svojim najnižim vrijednostima ne pada ispod vrijednosti kod kojih razmnožavanje kod ove vrste prestaje. Sa preostale četiri postaje analiziran je premali broj uzoraka da bi se na temelju strukture razvojnih i starosnih kategorija mogla analizirati dinamika razmnožavanja populacija u tim dijelovima toka, međutim temperatura vode tijekom godine je i na tim postajama povoljna, čak je i najniža uopće izmjerena temperatura vode na postaji Čikotina Lađa od 4.6 °C već na temperaturnoj granici kod koje razmnožavanje kod ove vrste počinje tako da bi se moglo očekivati da se vrsta i na tim postajama također razmnožava tijekom čitave godine, bez zimske pauze.

Zielinski (1995) je u svom istraživanju unutar kategorije ovigernih ženki razlikovao one sa jajima od onih sa juvenilnim jedinkama u marsupiju i primjetio da se ove posljednje javljaju u niskom postotku u odnosu na prve. To je zato što inkubacija jaja u marsupiju traje oko dva mjeseca

dok juvenilne jedinke napuštaju marsupij jedan do dva dana nakon izlijevanja (Hynes 1955 cit. iz Zieliński 1995). Iako tijekom ovog istraživanja kategorija ovigernih ženki nije dalje razdvajana kao kod Zielińskog, uočeno je tijekom pregledavanja uzoraka da se ženke sa juvenilnim jedinkama u marsupiju javljaju rijede nego ovigerne ženke koje nose jaja, tako da kada bi se provelo daljnje detaljnije razdvajanje i prebrojavanje unutar kategorije ovigernih ženki sigurno da bi rezultati bili u skladu s već ranije zabilježenim.

Kod mnogih svojti pa tako i kod rakušaca (Bulnheim 1978, Buikema i sur. 1980, Hastings 1981, Dunn i sur. 1990, 1994, Ginsburger-Vogel 1991, Hough i sur. 1992, Ford i sur. 2003 cit. iz Kelly i sur. 2004) zabilježena je pojava interseksa. To su jedinke kod kojih su razvijene muške i ženske spolne oznake, konkretno kod rakušaca jedna ili obje genitalne papile i oostegiti. Interseks je uglavnom bilježen u vrlo malom broju i obično takve jedinke nisu vijabilne ili su neplodne. U ovom istraživanju prisutnost interseksa zabilježena je po prvi put u populacijama vrste *G. balcanicus*. Takve jedinke su zabilježene u vrlo malom broju, međutim unutar te kategorije zabilježeno je više interseks jedinki s jajima u marsupiju nego neovigernih interseks jedinki što je u neslaganju s literaturnim navodima da su takve jedinke obično neplodne. Razlozi pojave interseksa u najvećem broju slučajeva nisu utvrđeni iako je predložen čitav niz mogućih razloga, kao što su genetičke abnormalnosti, zagađenje, poremećaj u funkciji androgene žlijezde, parazitizam te okolišni čimbenici (Hough i sur. 1992, Depledge i Billinghamurst 1999, Zou i Fingerman 2000, Ginsburger-Vogel 1991, Juchault i sur. 1991, Dunn i sur. 1993, 1996 cit. iz Kelly i sur. 2004). U sklopu ovog istraživanja bilježena je samo prisutnost interseksa, ne i razlozi njegovog nastanka, što bi svakako bilo zanimljivo ispitati daljnjim istraživanjima.

## 5. ZAKLJUČAK

Ekologija vrste *Gammarus balcanicus* na području Hrvatske je općenito do sad vrlo slabo istražena i ovo je prvo sustavno ekološko istraživanje usmjereno direktno na populacije te vrste koje nastanjuju rijeku Cetinu, odnosno na strukturu i dinamiku populacija koje nastanjuju područje krenala i ritrala rijeke Cetine. Na temelju iznijetih rezultata mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Izmjerene vrijednosti abiotičkih čimbenika pokazuju longitudinalni gradijent tipičan za tekućice. Od izvora prema ušću raste prosječna vrijednost temperature vode i sve su veće temperaturne oscilacije. Kako je izvor Cetine limnokreni tip izvora u kojem voda sporije istječe i dulje se zadržava, godišnje promjene u temperaturi vode očekivano su nešto malo više od literaturnih navoda za izvore. U skladu s promjenama temperature i brzine strujanja vode je i promjena u koncentraciji kisika, čije se vrijednosti idući nizvodno smanjuju a oscilacije povećavaju. Najniže pH vrijednosti očekivano su mjerene na izvorskim postajama, s obzirom da se radi o podzemnoj vodi koja izbija na površinu.
- Najveća gustoća od nekoliko tisuća jedinki po m<sup>2</sup> zabilježena je na izvoru Cetine, dok su na postaji Obrovac Sinjski za gustoću mjerene niže vrijednosti i prema tim podacima gustoća se longitudinalno smanjuje. Za točnije zaključivanje o longitudinalnoj promjeni u gustoći populacija potrebna su daljnja istraživanja tj. potrebno je do kraja obraditi uzorke sa preostale četiri postaje.
- Kod vrste *G. balcanicus* tijekom godine dominiraju mužjaci što je posljedica njihovog bržeg rasta i ranijeg dostizanja spolne zrelosti u odnosu na ženke.
- Na postajama izvor Cetine i Obrovac Sinjski vrsta *G. balcanicus* se razmnožava aciklički, dakle cijele godine bez zimske pauze, zato što na rijeci Cetini zbog utjecaja mediteranske klime vladaju povoljne temperaturne prilike pa su i najniže izmjerene vrijednosti temperature vode na donjoj granici do sada poznatih literaturnih navoda za početak razmnožavanja ove vrste.
- Kod vrste *G. balcanicus* po prvi puta je zabilježena prisutnost interseksa. Takve jedinke su očekivano bile malobrojne, a zanimljivo je da je veliki broj od ukupno zabilježenih interseks jedinki imao jaja u marsupiju tj. radi se o ovigernim jedinkama, dok se u literaturi navodi da su kod svih svojti u kojima se je interseks zabilježen takve jedinke najčešće sterilne, ako su uopće vijabilne.

**6. LITERATURA**

- CRA/PPA (2000) Riječni sliv i pripadajuće obalno područje rijeke Cetine: Ekološki i socio-ekonomski profil. Centar za regionalne aktivnosti Programa prioriternih akcija, Split, str. 1-165.
- Culver, D. C., Pipan, T., Gottstein, S. (2006) Hypotelminorheic - A Unique Freshwater Habitat. *Subterranean Biology* 4 (59): 1-7.
- Gottstein Matočec, S. (ur.), Ozimec, R., Jalžić, B., Kerovec, M., Bakran-Petricioli, T. (2002) Raznolikost i ugroženost podzemne faune Hrvatske. Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb, str. 1-82.
- Hoffsten, P.-O., Malmqvist, B. (2000) The macroinvertebrate fauna and hydrogeology of springs in central Sweden. *Hydrobiologia* 436: 91-104.
- Karaman, G. (1966) Beitrag zur Kenntnis der *Gammarus*- (*Rivulogammarus*) Arten Jugoslaviens. *Acta Musei Macedonici Scientiarum Naturalium* 10 (5): 111-127.
- Karaman, G. (1970) XXV. prilog poznavanju Amphipoda. Kritička zapažanja o vrstama *Echinogammarus acarinatus* (S. Kar. 1931) i *Echinogammarus stocki* n. sp. *Poljoprivreda i šumarstvo* 16 (1-2): 45-53.
- Karaman, G. (1977) Contribution to the knowledge of the Amphipoda 90. Revision of *Gammarus balcanicus* Schäf. 1922 in Yugoslavia (fam. Gammaridae). *Poljoprivreda i šumarstvo* 23 (4): 37-60.
- Karaman, G. (1984) Revision of the *Niphargus orcinus*-group, part. I. (fam. Niphargidae) (Contribution to the knowledge of the Amphipoda 130). *Crnogorska akademija nauka i umjetnosti, Glasnik odeljenja prirodnih nauka* 4: 7-79.
- Karaman, G. (1993) Crustacea Amphipoda di acqua dolce. - Fauna d'Italia, Edizione Calderini, Bologna, vol. XXXI: 1-337,
- Karaman, G. i Pinkster, S. (1987) Freshwater Gammarus species from Europe, North Africa and adjacent regions of Asia (Crustacea-Amphipoda). Part.III. *Gammarus balcanicus*-Group and related species. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 57 (2): 207-260.
- Karaman, S. (1931a) III. Beitrag zur Kenntnis der Amphipoden Jugoslaviens, sowie einiger Arten aus Griechenland. *Prirodoslovne razprave*, Ljubljana, 1: 31-66.
- Karaman, S. (1931b) IV. Beitrag zur Kenntnis der Süßwasseramphipoden. *Glasnik naučnog društva Skopje* 9 (3): 93-107.
- Karaman, S. (1935) VII. Beitrag zur Kenntnis der Süßwasseramphipoden. *Zoologischer Anzeiger*:

125-130.

Karaman, S. (1957) Weitere Beiträge zur Kenntnis der Amphipoden und Isopoden Jugoslawiens und Griechenlands. *Biološki glasnik* 11: 11-21.

Kelly, A., Hatcher M. J., Dunn A. M. (2004) Intersexuality in the amphipod *Gammarus duebeni* results from incomplete feminisation by the vertically transmitted parasitic sex ratio distorter *Nosema granulosis*. *Evolutionary Ecology* 18: 121-132.

Kralj, K. (2001) Raznolikost faune rakušaca (Amphipoda) slatkih i boćatih voda Hrvatske. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, PMF, Zagreb, str. 1-225.

Matoničkin I., Pavletić Z. (1961) Taložni feniomeni u Zrmanji s biološkog stanovišta. *Geografski glasnik XXIII/23*, 103-114.

Matoničkin I., Pavletić Z. (1962) Utjecaj šume na biocenoze opskrbnih voda Plitvičkih jezera. *Šumarski list* 11-12, 425-432.

Matoničkin I., Pavletić Z. (1963) Floristička i faunistička istraživanja na rijeci Zrmanji. *Ljetopis JAZU* 68: 263-266.

Matoničkin I., Pavletić Z. (1964a) Faktori razvoja biocenoza u slatkovodnom dijelu rijeke Zrmanje i njene pritoke Krupe. *Krš Jugoslavije JAZU* 4: 47-63.

Matoničkin I., Pavletić Z. (1964b) Postanak i razvoj najmlađih sedrenih tvorevina u rijeci Uni s biološkog stanovišta. *Krš Jugoslavije JAZU* 4: 103-112.

Matoničkin I., Pavletić Z. (1965) Opće karakteristike biocenoza opskrbnih voda Plitvičkih jezera. *Plitvički bilten* 1: 33-38.

Matoničkin I., Pavletić Z. (1965) Biološka klasifikacija gornjih tijekova krških rijeka. *Acta botanica Croatica XXIV*: 151-162.

Matoničkin I., Pavletić Z., Tavčar V. (1966) Brzina vode kao ekološki faktor u krškim vodama tekućicama. *Biološki glasnik* 19: 51-62.

Matoničkin I., Pavletić Z. (1967) Hidrologija potočnog sistema Plitvičkih jezera i njegove ekološko-biocenološke značajke. *Krš Jugoslavije JAZU* 5: 83-126.

Matoničkin I., Pavletić Z., Tavčar V., Krkač N. (1971) Limnološka istraživanja reikotopa i fenomena protočne travertinizacije u Plitvičkim jezerima. *Prirodoslovna istraživanja JAZU*, knjiga 40, *Acta biologica VII/1*: 1-88.

Matoničkin I. (1987) Građa za limnofaunu krških voda tekućica Hrvatske. *Plitvička jezera*.

Biosistematika, 13 (1): 25-35.

Matoničkin I. (1988) Građa za limnofaunu beskralješnjaka krških voda tekućica Hrvatske. Rijeke Korana i Mrežnica. Biosistematika, 14 (2): 9-20.

Pavletić Z., Matoničkin I. (1972) Struktura biocenoza u rijeci Korani kao odraz kvalitete vode. Ekologija, Acta biologica Jugoslavica, 7 (1-2): 59-79.

Petrescu, I. (1994) Contribution to the knowledge of amphipods (Crustacea) from Romania. II. *Gammarus aequicauda* (Martynov), *G. balcanicus* Schäferna and *Orchestia cavimana* Heller. Trav. Mus.Hist. nat."Grigore Antipa" 34: 303-324.

Popijač, A. (2007) Raznolikost i ekologija obalčara (Insecta: Plecoptera) na području Nacionalnog parka Plitvička jezera i rijeke Cetine. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, str. 1-174.

Sket, B. (1988) Zoogeografija slatkovodnih in somornih rakov (Crustacea) v kvarnersko-velebitskem območju. Biološki vestnik 36: 63-76.

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. (2001) The macroinvertebrate communities of limestone springs in the Wye Valley, Derbyshire Peak District, UK. Cave and Karst Science 28 (2): 67- 78.

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.

STATSOFT, INC. (2002). Electronic Statistics Textbook, Tulsa.

Šantić, T. (2000) Raznolikost faune Amphipoda delte Neretve. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, str. 1-43.

Thorp, J. H., Covich A. P. (2001), An overview of freshwater habitats, u: Thorpe, J. H. i Covich, A. P. ur., Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, Academic Press, San Diego, str. 19-41.

Uzelac, J. (2004) Biocenološke značajke izvora Crne rijeke (NP Plitvička jezera). Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, PMF, Zagreb, str. 1-45.

Zieliński, D. (1995) Life history of *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922 from the Bieszczady Mountains (eastern Carpathians, Poland). Crustaceana 68 (8): 61-72.

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.

Žganec, K. (2005) Struktura i dinamika krenobiocenoza u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, str. 1-165.

## 7. PRILOZI

Prilog 7.1. Gustoća -br. jedinki / m<sup>2</sup> starosnih i razvojnih kategorija vrste *Gammarus balcanicus* na istraživanim postajama tijekom 2004. i 2005. godine.

		VIII. 04	IX. 04	X. 04	XI. 04	XII. 04	I. 05	II. 05	III. 05	IV. 05	V. 05	VI. 05	VII. 05	VIII. 05
IZVOR CETINE	odrasli mužjaci	*	226	140	1002	4	252	46	1672	16	550	278	2414	468
	neovigerne ženke	*	34	12	226	0	102	14	266	10	132	14	348	44
	ovigerne ženke	*	102	30	430	4	142	26	966	26	194	54	794	112
	adolescentni mužjaci	*	56	28	52	2	82	10	100	14	44	2	328	14
	adolescentne ženke	*	218	66	198	10	276	20	572	28	116	18	742	40
	juvenilne jedinke	*	2544	834	198	22	932	338	1014	240	866	122	2010	512
	interseks	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ovigerni interseks	*	2	0	6	0	0	0	2	0	2	0	0	0
PREOCKI MOST	odrasli mužjaci	*	*	*	*	*	*	786	178	*	*	*	*	*
	neovigerne ženke	*	*	*	*	*	*	116	34	*	*	*	*	*
	ovigerne ženke	*	*	*	*	*	*	506	158	*	*	*	*	*
	adolescentni mužjaci	*	*	*	*	*	*	122	8	*	*	*	*	*
	adolescentne ženke	*	*	*	*	*	*	192	60	*	*	*	*	*
	juvenilne jedinke	*	*	*	*	*	*	1446	198	*	*	*	*	*
	interseks	*	*	*	*	*	*	0	0	*	*	*	*	*
	ovigerni interseks	*	*	*	*	*	*	0	0	*	*	*	*	*
CRVENI MOST	odrasli mužjaci	*	*	42	*	*	*	*	32	160	*	*	232	690
	neovigerne ženke	*	*	4	*	*	*	*	12	18	*	*	30	42
	ovigerne ženke	*	*	18	*	*	*	*	2	48	*	*	62	160
	adolescentni mužjaci	*	*	10	*	*	*	*	0	58	*	*	6	104
	adolescentne ženke	*	*	14	*	*	*	*	16	84	*	*	114	182
	juvenilne jedinke	*	*	1856	*	*	*	*	10	86	*	*	24	176
	interseks	*	*	0	*	*	*	*	0	0	*	*	0	2
	ovigerni interseks	*	*	2	*	*	*	*	0	0	*	*	0	0
OBROVAC SINJSKI	odrasli mužjaci	8	48	32	94	34	102	76	112	56	142	338	12	100
	neovigerne ženke	0	10	8	36	2	48	30	24	38	34	42	4	18
	ovigerne ženke	0	2	0	24	16	48	24	86	22	110	80	8	14
	adolescentni mužjaci	0	14	8	16	2	10	6	18	8	10	132	38	34
	adolescentne ženke	2	76	36	70	14	36	66	52	18	30	348	30	96
	juvenilne jedinke	30	278	22	90	144	26	186	60	480	104	1466	418	964
	interseks	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ovigerni interseks	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IZVOR RUDE	odrasli mužjaci	*	*	162	*	*	*	*	*	*	*	204	*	176
	neovigerne ženke	*	*	48	*	*	*	*	*	*	*	18	*	6
	ovigerne ženke	*	*	60	*	*	*	*	*	*	*	198	*	78
	adolescentni mužjaci	*	*	72	*	*	*	*	*	*	*	62	*	146
	adolescentne ženke	*	*	240	*	*	*	*	*	*	*	86	*	206
	juvenilne jedinke	*	*	2752	*	*	*	*	*	*	*	826	*	2386
	interseks	*	*	0	*	*	*	*	*	*	*	0	*	0
	ovigerni interseks	*	*	0	*	*	*	*	*	*	*	0	*	0
CIKOTINA LAĐA	odrasli mužjaci	*	*	30	10	*	*	*	36	*	*	*	*	128
	neovigerne ženke	*	*	6	4	*	*	*	10	*	*	*	*	24
	ovigerne ženke	*	*	4	0	*	*	*	6	*	*	*	*	34
	adolescentni mužjaci	*	*	26	2	*	*	*	20	*	*	*	*	46
	adolescentne ženke	*	*	60	6	*	*	*	42	*	*	*	*	106
	juvenilne jedinke	*	*	644	0	*	*	*	10	*	*	*	*	1108
	interseks	*	*	0	0	*	*	*	0	*	*	*	*	0
	ovigerni interseks	*	*	0	0	*	*	*	0	*	*	*	*	0

\*uzorci još nisu pregledani