

# Raznolikost i struktura zajednice puževa (Mollusca, Gastropoda) srednjeg i donjeg toka rijeke Cetine

---

**Dobrović, Ana**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:021918>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-19**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Ana Dobrović

**RAZNOLIKOST I STRUKTURA ZAJEDNICE PUŽEVA  
(MOLLUSCA, GASTROPODA) SREDNJEG I DONJEG TOKA  
RIJEKE CETINE**

Diplomski rad

Zagreb, 2015.

Ovaj rad, izrađen u Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Jasne Lajtner, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno - matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

Zahvaljujem doc. dr. sc. Jasni Lajtner na mentorstvu, strpljenju i pomoći tijekom izrade ovog diplomskog rada, te svima koji su na bilo koji način doprinijeli njegovoj izradi. Hvala mojoj obitelji i prijateljima na razumijevanju i podršci tijekom cjelokupnog studiranja.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

## **RAZNOLIKOST I STRUKTURA ZAJEDNICE PUŽEVA (MOLLUSCA, GASTROPODA) SREDNJEG I DONJEG TOKA RIJEKE CETINE**

Ana Dobrović

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Cilj rada bio je odrediti raznolikost i strukturu zajednice slatkovodnih puževa srednjeg i donjeg toka rijeke Cetine. Terensko istraživanje provedeno je od kolovoza 2004. do kolovoza 2005. na tri postaje – Trilj, u srednjem toku, gdje su uzorci prikupljeni na jednom staništu, te Čikotina lađa i Radmanove mlinice u donjem toku, gdje su uzorci prikupljeni na tri različita mikrostaništa (podloge). Puževi su determinirani do razine vrste i podvrste. Na osnovi brojnosti jedinki određena je njihova gustoća. Provedena su morfometrijska mjerenja kućice te je analizirana uzrasna struktura najzastupljenijih vrsta. Tijekom istraživanja ukupno je pronađeno 19 vrsta slatkovodnih puževa od kojih 6 pripada porodici Hydrobiidae. Najveći broj vrsta i gustoća populacije zabilježeni su na valuticama postaje Radmanove mlinice. Većina vrsta mrijesti se tijekom proljeća i ljeta što je dokazano prisutnošću juvenilnih jedinki. Analizom funkcionalnih hranidbenih skupina utvrđeno je da je u srednjem toku jednak udio strugača i detritivora, dok u donjem toku dominiraju strugači. Rezultati klaster analize sličnosti zajednica puževa na različitim postajama i mikrostaništima na osnovi gustoće populacija pokazala je jasno izdvajanje zajednice srednjeg od zajednica donjeg toka rijeke Cetine.

(53 stranice, 25 slika, 5 tablica, 38 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

**Ključne riječi:** mekušci, uzrasna struktura, funkcionalne hranidbene skupine

Voditelj: Doc. dr. sc. Jasna Lajtner

Ocjenitelji: Doc. dr. sc. Jasna Lajtner  
Doc. dr. sc. Sandra Radić Brkanac  
Doc. dr. sc. Neven Bočić  
Izv. prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović

Rad prihvaćen: 18.02.2015.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Division of Biology

Graduation Thesis

### **DIVERSITY AND COMMUNITY STRUCTURE OF SNAIL FAUNA (MOLLUSCA, GASTROPODA) OF MIDDLE AND LOWER REACH OF THE CETINA RIVER**

Ana Dobrović

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The main objective of this study was to determine the diversity and community structure of freshwater snails of middle and lower reach of the Cetina river. Field research was conducted from August 2004 to August 2005 at three stations - Trilj, in the middle reach, where the samples were collected in one habitat type, and Čikotina lađa and Radmanove mlinice in the lower reach, where the samples are collected in three different microhabitats (substrates). Snails are determined to species and subspecies level. The species density was determined based on the number of individuals. Based on morphometric measurements, age structure of most abundant species was analyzed. During the study, a total of 19 species of freshwater snails was found and 6 belong to the family Hydrobiidae. The highest number of species and population density were recorded on pebbles of Radmanove mlinice station. Most species spawn during spring and summer, as evidenced by the presence of juveniles. The analysis of functional feeding groups showed an equal share of scrapers and detritivores in the middle reach, while the lower reach is dominated by scrapers. Results of the cluster analysis of snail communities similarity at different stations and microhabitats, based on population density, showed a clear distinction of middle and lower reach communities of the Cetina river.

(53 pages, 25 figures, 5 tables, 38 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library.

**Key words:** molluscs, growth structure, functional feeding guilds

Supervisor: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.

Reviewers: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.

Dr. sc. Sandra Radić Brkanac, Asst. Prof.

Dr. sc. Neven Bočić, Asst. Prof.

Dr. sc. Blanka Cvetko Tešović, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 18.02.2015.

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. Obilježja riječnog ekosustava .....	1
1.2. Slatkovodni puževi.....	3
1.3. Ugroženost slatkovodnih mekušaca.....	4
1.4. Cilj istraživanja .....	6
<b>2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>7</b>
2.1. Geografski smještaj rijeke Cetine .....	7
2.2. Reljef.....	7
2.3. Klima.....	8
2.4. Geološka obilježja prostora.....	9
2.5. Slivno područje .....	10
2.6. Hidroenergetsko iskorištavanje.....	10
2.7. Izvori onečišćenja .....	12
<b>3. MATERIJALI I METODE</b> .....	<b>13</b>
3.1. Smještaj i opis istraživanih postaja .....	13
3.2. Uzorkovanje makrozoobentosa.....	18
3.3. Obrada uzoraka i podataka.....	18
<b>4. REZULTATI</b> .....	<b>21</b>
4.1. Sastav zajednice puževa.....	21
4.2. Struktura zajednice puževa po postajama .....	25
4.3. Uzrasna struktura najzastupljenijih vrsta puževa.....	29
4.4. Struktura funkcionalnih hranidbenih skupina puževa.....	36
4.5. Analiza sličnosti i raznolikosti zajednice puževa .....	38
4.6. Zastupljenost puževa u odnosu na ostale skupine beskralješnjaka.....	39
<b>5. RASPRAVA</b> .....	<b>43</b>
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>47</b>
<b>7. LITERATURA</b> .....	<b>49</b>
<b>8. ŽIVOTOPIS</b> .....	<b>53</b>

## 1. UVOD

### 1.1. Obilježja riječnog ekosustava

Riječni ekosustav uključuje hidrologiju, raznolikost kanala i tipova staništa, otopljene tvari i sediment, te biotu. Određeni procesi i obilježja vidljivi su na razini cijelog ekosustava, uključujući prijenos energije hranidbenom mrežom, ciklus ugljika i nutrijenata (dušika i fosfora) i porijeklo i prijenos materijala od izvora do ušća (Allan i Castillo, 2007).

Koncept riječnog kontinuuma (RCC – river continuum concept, Vannote i sur., 1980) integrira tok rijeke, izvor energije, hranidbenu mrežu i, u manjem opsegu, nutrijente u longitudinalni model riječnog ekosustava.

Od izvora prema ušću, fizikalne varijable unutar riječnog sustava predstavljaju kontinuirani gradijent uvjeta uključujući širinu i dubinu korita, brzinu strujanja vode, volumen toka, temperaturu i stupanj entropije (Allan i Castillo, 2007). Tekućice imaju karakterističan longitudinalni profil - općenito su strmije uzvodno, a nagib se nizvodno postupno smanjuje. Uz veći nagib, gornji tok često ima duboko korito u obliku slova V, brzace i vodopade. U ovom dijelu toka dolazi do erozije podloge i sediment se iz gornjeg toka prenosi nizvodno. Srednji tok obilježavaju šire doline i manji nagib. Smanjuje se dubinska, a jača bočna erozija zbog koje profil korita dobiva oblik slova U. U ovom se dijelu spajaju pritoci i nastaju meandri. U donjem toku, zoni taloženja sedimenta, rijeka meandrira i može oblikovati nova korita kako teče preko nataloženog sedimenta (Allan i Castillo, 2007).

Biološke se zajednice prilagođavaju promjenama u preraspodjeli upotrebe kinetičke energije u fizikalnom sustavu rijeke (Vannote i sur., 1980). U sustavima sa stabilnim fizikalnim čimbenicima, bioraznolikost može bit mala, dok sustavi s visokim stupnjem varijacija fizikalnih čimbenika imaju veliku raznolikost vrsta. Izvorišni dijelovi u kontaktu s podzemnom vodom imaju male varijacije temperature. Bioraznolikost je niska jer su zajednice sastavljene od stenotermnih vrsta s ograničenom hranidbenom osnovom. Nizvodno, udaljavanjem od podzemnih izvora i šumskog pokrova, varijacije temperature su najveće pa je i raznolikost zajednica najveća u srednjem toku. U donjem toku velikih rijeka, zbog velikog volumena vode u koritu, temperaturna amplituda se opet smanjuje. Temperatura nije jedini faktor odgovoran za promjene u sastavu zajednica. Ostali čimbenici, uključujući utjecaj



obale, supstrata, toka vode i hrane, također su važni i mijenjaju se nizvodno (Vannote i sur., 1980).

Kod mnogih rijeka izvor je zasjenjen i glavni izvor hrane u gornjem toku je otpalo lišće, a rast algi je ograničen nedostatkom svjetlosti. Srednji dio toka je širi i manje zasjenjen pa sadrži više vegetacije te dobiva organsku tvar iz gornjeg toka. U donjem toku velikih rijeka utjecaj priobalne vegetacije je malen, a primarna proizvodnja često može biti ograničena dubinom i turbiditetom. Umjesto toga, organski unos iz gornjih dijelova toka i poplavnih zona te riječni plankton imaju značajniju ulogu (Allan i Castillo, 2007). Dakle, riječni sustav od izvora do ušća, može se smatrati gradijentom uvjeta od snažno heterotrofnog izvornog režima do sezonskog, a u mnogim slučajevima godišnjeg, autotrofnog režima u srednjem toku i postupnom povratku heterotrofnim procesima u donjem toku (Vannote i sur., 1980).

Kao što su prilagođeni fizikalnim uvjetima, organizmi riječnih ekosustava pokazuju određene sposobnosti prikupljanja hrane ovisno o dostupnim zalihama hrane i staništem u kojem se hrane. Makrozoobentos rijeka, uključujući kukce, rakove, mekušce i druge svojte, organiziran je u funkcionalne hranidbene skupine na temelju sličnosti u prikupljanju i vrsti hrane. Strugači se hrane algama s površine podloge, posebno kamenja; usitnjivači se hrane listincem s pratećom mikrobnom biomasom; predatori konzumiraju druge životinje; a sakupljači se hrane sitnim organskim česticama koje potječu od raspadanja lišća i druge organske tvari (Allan i Castillo, 2007).

Usitnjivači i sakupljači prevladavaju u gornjem toku, gdje je organska tvar s kopna glavni izvor hrane. Dominacija strugača u riječnom toku prati promjene u primarnoj proizvodnji, i najveća je u srednjem toku. S rastom veličine rijeke i smanjenjem veličine transportiranih čestica, sakupljači bi trebali prevladavati sastavom zajednice makrozoobentosa u donjim dijelovima toka. Udio predatora se značajno ne mijenja u različitim dijelovima toka (Vannote i sur., 1980).

## 1.2. Slatkovodni puževi

Mekušci su, s oko 81000 opisanih vrsta (Bouchet, 2007), iznimno raznovrsno koljeno. Žive na gotovo svim tipovima staništa, a njihovi najveći razredi, Bivalvia (školjkaši) i Gastropoda (puževi) uspješno su naselili kopnene vode. U Europi je ukupno 856 vrsta slatkovodnih mekušaca, od čega 94 % (808 vrsta) čine slatkovodni puževi (Cuttelod i sur., 2011). Svjetska fauna slatkovodnih puževa procjenjuje se na oko 4000 valjano opisanih vrsta, ali pretpostavlja se da je ukupan broj vjerojatno bliže 8000 vrsta (Strong i sur., 2008). Na području Hrvatske živi oko 200 vrsta slatkovodnih puževa (Habdija i sur., 2011).

Recentni puževi podijeljeni su u dva podrazreda: Eogastropoda i Orthogastropoda (Ponder i Lindberg, 2008), ali i dalje se najčešće koristi stara podjela na tri podrazreda prema stupnju torzije (Habdija i sur., 2011): prednjoškržnjaci (Prosobranchia), stražnjoškržnjaci (Opisthobranchia) i plućnjaci (Pulmonata).

Slatkovodni puževi žive na svim kontinentima osim na Antarktici i u gotovo svim vodenim staništima, uključujući rijeke, jezera, otoke, močvare, podzemne vode i izvore, kao i privremene bare, odvodne jarke i druge kratkotrajne i sezonske vode. Većina slatkovodnih puževa živi pod vodom, a mnogi su specijalizirani za određena staništa – vodenu vegetaciju, kamenje, stijene, drvo i druge čvrste površine, ili meki sediment. Neke vrste mogu živjeti i u vodi i na kopnu, a neke mogu podnijeti i dulji period vremena izvan vode, te produljeno razdoblje estivacije u tlu tijekom sušnog razdoblja (Strong i sur., 2008).

Većina slatkovodnih puževa su mikroherbivorni i/ili mikroomnivorni strugači i hrane se bakterijskim naslagama, algama i dijatomejama, ali ima i brojnih iznimki - npr. slatkovodni *Glacidorbidae* su predatori, *Viviparidae* i *Bithynidae* se dijelom hrane suspendiranom tvari preko ktenidija, *Ampullariidae* su primarno makroherbivori, a hrane se i jajima drugih puževa i mahovnjaka. Među slatkovodnim puževima nema pelagičkih/nektonskih ili parazitskih vrsta i većinom su bentoski puževi (Strong i sur., 2008). Za razliku od kopnenih puževa, ne jedu lišće biljaka nego alge u obraštaju listova (Glöer, 2002).

Različiti ekološki čimbenici utječu na povoljan rast i razvoj puževa u kopnenim vodama - koncentracija kalcijevih iona, pH vrijednost, temperatura vode, količina otopljenog kisika, salinitet, strujanje vode, supstrat, kompeticija u prehrani, predatori i paraziti (Glöer, 2002). U

vodi s velikom količinom otopljenih kalcijevih soli i gustom vegetacijom, naći će se više vrsta puževa. Jedinke uzgojene u vodi s niskom koncentracijom kalcija imaju manje i tanje kućice (Glöer, 2002).

Slatkovodni puževi imaju visoku toleranciju na promjene pH vrijednosti vode (Glöer, 2002). O pH vode ovisi ravnoteža između vapnenca i ugljične kiseline o kojoj pak ovisi otapanje kalcijevih iona. Niska pH vrijednost vode ukazuje na nisku koncentraciju kalcijevih iona (Glöer, 2002). U eutrofnim vodama može doći do narušavanja ravnoteže između amonijaka i amonijeva iona, te dolazi do porasta pH vrijednosti. Povećana koncentracija amonijaka nagrizava ktenidije i površinu kože puževa, dok je amonijev ion bezopasan.

Slatkovodni su se puževi tijekom evolucije prilagodili na nisku koncentraciju natrijeva klorida u vodi. Samo rijetke vrste mogu živjeti u bočatoj vodi gdje podnose salinitet od 7 ‰ (Glöer, 2002). Neke od tih vrsta su *Theodoxus fluviatilis* i *Bithynia tentaculata*. Kod vrste *T. fluviatilis* osmoregulaciju provodi nefridij, a energija koja se pri tom utroši oduzima se od rasta. Tako jedinke koje žive u vodi sa salinitetom 11 ‰ dosežu samo 70 % veličine kućice od onih koji žive u slatkoj vodi (Glöer, 2002), a ženke u bočatoj vodi proizvode manje jaja.

Temperatura vode utječe na hranjenje i uzimanje kisika (Glöer, 2002). Prednost tekućica je visoka koncentracija otopljenog kisika u vodi i niske temperaturne oscilacije, dok su, s druge strane, na jako strujanje vode prilagođeni samo određeni puževi (Glöer, 2002). Vrste roda *Theodoxus* i *Ancylus* dolaze u takvim vodama i može ih se naći sa strane na stijenama i kamenju (Glöer, 2002). Oni imaju posebnu strukturu kućice i široko stopalo radi boljeg prianjanja uz podlogu.

### **1.3. Ugroženost slatkovodnih mekušaca**

Na europskoj razini, najmanje 43,7 % vrsta (373 vrste) slatkovodnih mekušaca smatra se ugroženima (Cuttelod i sur., 2011). Od toga je najmanje 12,8 % kritično ugroženo, 10,5 % ugroženo i 20,4 % osjetljivih vrsta. Osim toga, 23 od 109 kritično ugroženih vrsta smatra se potencijalno izumrlim, a 5 vrsta izumrlim. Potencijalno ugroženo je 8,8 % (75 vrsta), a samo 22 % slatkovodne faune je u kategoriji neugroženih vrsta.

Za gotovo četvrtinu slatkovodnih mekušaca (24,7 %, 211 vrsta) ne postoji dovoljno znanstvenih podataka za procjenu stupnja ugroženosti. Glavni su razlog tome taksonomska pitanja, nedostatak nedavnih promatranja i teškoće uzorkovanja nekih podzemnih vrsta.

Među svim taksonomskim skupinama čiji je status dosad ocijenjen na europskoj razini, slatkovodni mekušci su najugroženija skupina. Sve, osim tri, ugrožene i izumrle vrste su europski endemi.

Puževi su, sa 45 % vrsta kojima prijeti izumiranje, ugroženiji od školjkaša (ugroženo 21 % vrsta). Uz slabu pokretljivost, najosjetljivije vrste slatkovodnih puževa su specijalizirane za određena staništa, imaju ograničen geografski areal, dugo razdoblje spolnog sazrijevanja, nisku plodnost i relativno dugo žive, što ih čini osjetljivima na ljudski utjecaj (Lydeard i sur., 2004). S druge strane, mnogi plućnjaci imaju visoku toleranciju na promjene u okolišu, otporniji su na eutrofikaciju, anoksiju i kratko izlaganje zraku te imaju kratko vrijeme sazrijevanja. Plućnjaci imaju mogućnost samooplodnje, što im, uz još neke karakteristike, omogućuje pasivno rasprostranjivanje, a neki su vrlo uspješni kolonizatori. Zbog toga su otporniji na ljudski utjecaj i manje ugroženi od ostalih slatkovodnih puževa (Boss, 1978; Davis, 1982; Michel, 1994; citirano prema Strong i sur., 2008).

Glavni razlozi ugroženosti slatkovodnih mekušaca su gubitak i degradacija staništa. U većini slučajeva ne postoji jedinstveni izvor prijetnje svakoj vrsti, nego se radi o nizu čimbenika koji u kombinaciji dovode do smanjenja populacija. Većina vrsta ugrožena je zbog smanjenja kvalitete voda u rijekama i jezerima diljem Europe. To je uglavnom posljedica intenzivne poljoprivrede (utječe na 36 % vrsta) i urbanizacije (loša kontrola odvodnje, utječe na 29 % vrsta). Pretjerana upotreba kemijskih gnojiva i pesticida u poljoprivredi uzrokuje povećane koncentracije nitrata i fosfata u površinskim i podzemnim vodama. Vrste ubrzano nestaju u riječnim dolinama gdje su urbanizacija i poljoprivredno iskorištavanje najveće. Važan razlog ugroženosti je i pretjerano iskorištavanje voda koje utječe na 33 % slatkovodnih vrsta. S druge strane, invazivne vrste koje su sada široko rasprostranjene, nisu značajan čimbenik i utječu na manje od 5 % ugroženih vrsta (Cuttelod i sur., 2011).

Izgradnja brana na velikim rijekama za proizvodnju električne energije za industrije i kućanstva općenito uzrokuje gubitak biorazolikosti te rast broja kozmopolitskih vrsta. Na slatkovodne mekušce može utjecati na različite načine, ovisno o životnoj strategiji životinje.

Brane i akumulacije grade prepreke koje: odsijecaju uzvodne populacije mekušaca od nizvodnih, dovode do gubitka ishodišnih riječnih staništa i njihove faune te uzrokuju promjene nizvodno od brane. Posljedične oscilacije razine vode i promjene fizikalno-kemijskih čimbenika mogu utjecati na reproduktivni ciklus mekušaca, a gubitak riba-domaćina može utjecati na reproduktivni uspjeh slatkovodnih školjkaša (Cuttelod i sur., 2011).

Povećana učestalost i trajanje suša predstavlja problem slatkovodnim mekušcima, posebno na Sredozemlju. Nekoliko rijeka i izvora već imaju razdoblja potpunog presušivanja korita, što uzrokuje izumiranje populacije. Slatkovodni su mekušci također osjetljivi na promjene kvalitete vode i ekstremni vremenski događaji poput poplava mogu imati ozbiljne posljedice – promjene razine sedimenta mogu zakopati najmanje vrste, uništiti njihovo stanište ili začepiti ktenidije filtratorima (Cuttelod i sur., 2011).

#### **1.4. Cilj istraživanja**

Ciljevi istraživanja slatkovodnih puževa srednjeg i donjeg toka rijeke Cetine su:

- određivanje sastava zajednice puževa do razine vrste;
- analiza strukture zajednica puževa na osnovu broja vrsta po staništu i tipu podloge;
- analiza uzrasne strukture zajednice puževa;
- analiza funkcionalnih hranidbenih skupina puževa;
- određivanje zastupljenosti zajednice puževa u ukupnom makrozoobentosu.

## **2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA**

### **2.1. Geografski smještaj rijeke Cetine**

Rijeka Cetina najdulja je srednjodalmatinska rijeka, duljine 105 km. Izvire iz nekoliko vrela podno Dinare, a najveće je Milaševo vrelo, poznatije pod imenom Glavaš. Izvor Glavaš je smješten u krajnjem sjeverozapadnom dijelu Cetinskoga polja kod sela Cetina, na 382 m n. v. Od izvora, Cetina teče prema jugoistoku Cetinskim poljem i utječe u akumulaciju Peruča, smještenoj u Koljanskom i Ribarničkom polju. Nizvodno od brane Peruča Cetina protječe kroz Hrvatačko polje do Hana, a zatim Sinjskim poljem do Trilja, gdje se uljeva u akumulaciju Đale i nastavlja nizvodno do akumulacije Prančevići. Od brane Prančevići dio voda Cetine protječe dovodnim tunelom do HE Zakućac, a dio voda nastavlja svoj put prirodnim koritom, kanjonom do Zadvarja, odakle rijeka naglo mijenja smjer toka prema zapadu i kod Omiša se uljeva u Jadransko more (CRA/PPA, 2000).

### **2.2. Reljef**

Osnovne konture reljefa na području sliva Cetine nastale su formiranjem dinarskog planinskog sustava u tercijaru. Ovaj planinski sustav dijeli sliv na dva osnovna visinska prostora: niži (250 – 550 m n.v.) kojim protječe rijeka Cetina i koji se odnosi na topografski, izravni dio sliva, te viši (800 – 1200 m n.v.), istočno od rijeke, koji obuhvaća oko 2/3 sliva i odnosi se na podzemni, neizravni dio sliva. Ova dva prostora presijeca i dijeli Dinara, najviša planina u Hrvatskoj (1831 m n.v.). Izravni (površinski) sliv Cetine sa zapada je ograničen planinom Svilajom (1580 m n.v.), a s istoka Dinarom (CRA/PPA, 2000).

U vapnencima su korozijom atmosferske vode i geološkim boranjem nastali brojni krški oblici od kojih su najznačajnija krška polja. U izravnom slivnom području najveća su Cetinsko - paško (450-550 m n.v.), Hrvatačko (300-350 m n.v.) i Sinjsko (290-320 m n.v.) polje, a u neizravnom slivu, na području BiH, Kupreško (1000 - 1200 m n.v.), Glamočko (850 - 1100 m n.v.), Livanjsko (700 m n.v.) i Duvanjsko (860 m n.v.) polje. Ova su polja međusobno odvojena manjim ili većim planinama koja nemaju oblik grebena, nego visokih zaravni s brojnim ponikvama, vrhovima, jamama i gorskim kosama. Rubovi zaravni često završavaju okomitim golim stijenama što se ruše u duboka i ravna krška polja. Od obale do prvog platoa u zaleđu, reljef visinski raste vrlo strmo i brzo, a zatim stepenasto preko krških

polja do kraja sliva. Od Sinjskog polja kao zadnjeg polja u slivu, rijeka se naglo kroz kanjon Cetine, s visine od 300 m n.v., spušta prema moru. Izrazita krška razvijenost reljefa u slivu uvjetuje posebne hidrološke značajke riječnog sustava (CRA/PPA, 2000).

### **2.3. Klima**

Na području sliva Cetine i okolnog područja razlikuju se mediteranski i kontinentalni tip klime. Mediteransku klimu na obalnom području karakteriziraju duga, topla i suha ljeta, te blage i vlažne zime. Kontinentalnu klimu u unutrašnjosti karakteriziraju oštre i duge zime, kratka i topla ljeta, te vlažna proljeća i jeseni.

Sliv Cetine nalazi se u neposrednoj blizini Jadranskog mora od kojeg je odvojen planinskim lancima visine i do 1500 m n.v. Kako je sliv većinom smješten u kontinentalnom dijelu dinarskog masiva, nad njim se sukobljavaju utjecaji mediteranske i kontinentalne klime. Stoga su česte izmjene vlažnih i suhих, odnosno toplih i hladnih zračnih masa, što uvjetuje složenost klimatskih uvjeta tijekom cijele godine. Smjer pružanja dinarida sjeverozapad – jugoistok smanjuje izravni utjecaj mediteranske klime na dio rijeke i pripadajuća krška polja s istočne strane planinskih lanaca. Prosječna godišnja temperatura zapadnog dijela sliva, pod utjecajem mediteranske klime, iznosi 12,4 °C. Prosječna godišnja temperatura sjeveroistočnog dijela sliva, pod snažnim utjecajem kontinentalne klime, iznosi 6,9 °C. Sa zapada i jugozapada često prodiru vlažne zračne mase koje sa sobom donose obilje oborina. Prosječna godišnja količina oborina na području Cetine iznosi 1380 mm. Topliji dio godine je sušan pa u razdoblju od lipnja do kolovoza padne svega 17 % godišnjih oborina, dok u razdoblju od listopada do prosinca padne 34 % godišnjih oborina. Od siječnja do travnja česte su poplave u krškim poljima, koje, ovisno o oborinskom režimu, mogu potrajati i do svibnja. Na oborinski režim utječe i zadržavanje snijega na višim nadmorskim visinama (iznad 1000 m n.v.) (CRA/PPA, 2000).

## 2.4. Geološka obilježja prostora

Slivno područje rijeke Cetine izgrađeno je od karbonatnih naslaga trijasa, jure i krede, a mogu se naći i klastične naslage trijasa i tercijara. Kvartarni sedimenti pokrivaju velike površine, osobito u poplavnim područjima. U hidrogeologiji te naslage nemaju veliko značenje za ukupna svojstva sliva, ali su važna za poljoprivredu i mineralne sirovine.

Trijaske su naslage (dolomiti, vapnenci i škriljavci) nepotpune barijere u slivu. Jurski su sedimenti većinom zastupljeni u obliku karbonatnih naslaga, a u nešto manjem obliku javljaju se kao lapori i laporoviti vapnenci. Najveći je dio sliva izgrađen od krednih naslaga koje se pojavljuju kao karbonatne stijene, pretežito vapnenci. Prijelaz iz jure u kredu je kontinuiran. Po hidrološkim svojstvima, tercijarne naslage se dijele na paleogen i neogen. Dok je paleogen zastupljen s vapnencima i vapneno - laporovitim klastitima koji nisu barijere, neogen je potpuna barijera razvijena u obliku laporovitog facijesa. Javlja se u Glamočkom i Kupreškom, a naročito Livanjskom, Duvanjskom i Sinjskom polju. Neogen se općenito pruža u smjeru sjeverozapad - jugoistok, prateći reversni rasjed duž sjevernog ruba Livanjskog polja nastavljajući se s manjim prekidom u Duvanjsko polje. Sinjsko polje je hidrogeološki podjeljeno na sjeveroistočnu potpunu barijeru te zapadnu i južnu nepotpunu barijeru. Kvartarne su naslage u slivu zastupljene svim oblicima pojavnosti, od siparišta na obroncima planina do kvartarnih čestica u poljima, čija vrsta i krupnoća ovise o prijednom putu i režimu plavljenja rijeke. Kvartarne su naslage različite debljine, te nemaju veliko značenje s geološkog i hidrogeološkog stajališta, ali su zanimljive s obzirom na poljoprivredu i mineralne sirovine (CRA/PPA, 2000).

Oblikovanje šireg područja sliva Cetine vezano je za početke alpinske orogeneze te je bilo nekoliko puta izloženo jakim tektonskim pokretima. Uz rub Glamočkog polja, na teritoriju BiH, proteže se veliki reversni rasjed u smjeru sjeverozapad – jugoistok. Postoji još čitav niz rasjeda sličnog smjera pružanja, ali i niz poprečnih rasjeda koji se povezuju osnovnu mrežu i omogućuju tok vode duž ovih pravaca. Rasjedi su predodredili današnju geotektonsku i morfološku sliku sliva koja je posebno važna za hidrogeologiju.

Osim rasjeda, u slivu su prisutni tragovi boranja u obliku brojnih sinklinala i antiklinala osnovnog smjera pružanja sjeverozapad – jugoistok, s nešto manjom priklonjenošću smjeru sjever – jug nego u slučaju reversnih rasjeda (CRA/PPA, 2000).



## 2.5. Slivno područje

Sliv Cetine drugi je po veličini sliv koji s dinarskog krškog područja pritječe u Jadransko more. Cijeli je sliv ovalnog oblika i izdužen u smjeru sjeverozapad – jugoistok. Slivno područje geografski se dijeli na sliv na području BiH, ukupne površine 2440 km<sup>2</sup> i sliv dalmatinskog dijela RH, ukupne površine 1200 km<sup>2</sup> (CRA/PPA, 2000).

Dalmatinski dio sliva rijeke Cetine dijeli se na gornji, srednji i donji tok. Gornji tok obuhvaća područje od izvora do brane Peruča, srednji dio toka odnosi se na područje od brane Peruča do Trilja, a donji tok je područje od Trilja do ušća u more.

Cetina u more prosječno unosi oko 140 m<sup>3</sup>/s vode. Oborine donose u slivno područje oko 50 m<sup>3</sup>/s vode. Cetina od oborina dobiva 90 m<sup>3</sup>/s vode izvan njezina reljefnog udubljenja. To je posljedica podzemnog pritjecanja voda iz susjednih reljefnih udubljenja, pa treba razlikovati orografski i hidrološki sliv. Sliv i korito rijeke Cetine oblikovali su se u prostoru izrazito razvijenog dinarskog krša, za kojeg je karakteristično da se podzemna razvodnica većim dijelom ne poklapa s površinskom (orografskom ili topografskom). Podzemna razvodnica se tijekom vremena mijenja s obzirom na razine podzemnih voda, stoga dosadašnjim istraživanjima nije bilo moguće pouzdano odrediti površinu sliva, niti njegove granice. Procijenjeno je da ukupna površina sliva do ušća u Jadransko more iznosi od 3700 km<sup>2</sup> do 4300 km<sup>2</sup>. Od toga na topografski sliv otpada oko 1300 km<sup>2</sup>, a na podzemni oko 2700 km<sup>2</sup>. Sama rijeka je slabo razvedena i siromašna riječnom mrežom, a značajniji pritok je jedino rijeka Ruda (CRA/PPA, 2000).

## 2.6. Hidroenergetsko iskorištavanje

Rijeka Cetina predstavlja značajan hidroenergetski potencijal. Srednji godišnji protok na ušću iznosi oko 116 m<sup>3</sup>/s, a ukupan pad od izvora do ušća je 382 m. Do danas je na slivu Cetine izgrađeno pet hidroelektrana, tri kompenzacijska bazena i nekoliko kanala kojima se voda preusmjerava sa svog prirodnog toka. Izgradnjom hidroelektrana riješen je niz vodoprivrednih problema, osigurava se vodoopskrba šireg područja, navodnjavanje poljoprivrednih površina i obrana od poplava. Osim toga, Cetina sa svojim pritocima prima otpadne vode koje se stvaraju u slivu (CRA/PPA, 2000).

HE Kraljevac smještena je 21 km uzvodno od ušća, a do 1960. godine bila je jedina hidroelektrana na Cetini. Nakon izgradnji HE Zakućac i HE Orlovac, ova hidroelektrana bitno je smanjila proizvodnju, te ostaje raditi na vodi biološkog minimuma i vlastitog međudotoka. Prosječna godišnja proizvodnja energije iznosi oko 33 GWh.

HE Peruća smještena je 15 km sjeverozapadno od Sinja. To je pribransko postrojenje s akumulacijom za sezonsko izravnavanje protoka. Instalirani protok iznosi  $120 \text{ m}^3/\text{s}$ , a prosječna godišnja proizvodnja energije 123 GWh. Akumulacija Peruća utječe na kvalitetu vode rijeke Cetine. Zabilježeno je kako je voda nakon izlaska iz akumulacije slanija (ima više sulfata i klorida) nego prije ulaska. Pretpostavlja se da su razlog tome potopljeni slani izvori na području akumulacije.

HE Zakućac je derivacijska hidroelektrana smještena na donjem toku Cetine, blizu Omiša. Po snazi (max. 486 MW) i proizvodnji električne energije (prosječno 1550 GWh godišnje), najveće je postrojenje u slivu Cetine.

HE Orlovac je derivacijsko postrojenje za prikupljanje, transport i prihvaćanje voda iz Livanjskog polja i njihovo energetske iskorištavanje na strojarnici hidroelektrane. Strojarnica se nalazi kod sela Ruda. Prosječna godišnja proizvodnja energije iznosi 497 GWh. Za prihvata i regulaciju voda izgrađena je akumulacija Buško Blato ukupnog volumena oko 800 milijuna  $\text{m}^3$ , koja omogućuje višegodišnje izravnavanje protoka. Zbog krškog karaktera područja i velike površine jezera prisutni su i nekontrolirani gubici vode koji prihranjuju podzemne vode sliva Cetine. Izgradnja Buškog Blata, osim na hidrološki ciklus, utjecala je i na presušivanje brojnih izvora na lijevoj strani Cetine. Zbog zatrpavanja ponora u Livanjskom polju prekinuta je prirodna komunikacija tih izvora sa njihovim hidrološkim zaleđem.

HE Đale je pribranska elektrana i posljednja je izgrađena u sustavu hidroenergetskih objekata u slivu Cetine. Smještena je 5,8 km nizvodno od Trilja. Za proizvodnju električne energije koristi radne vode HE Orlovac i HE Peruća, te prirodne dotoke Cetine nizvodno od brane Peruća i strojarnice HE Orlovac. Prosječna godišnja proizvodnja energije je 106 GWh (CRA/PPA, 2000).

Izgradnja hidroelektrana na Cetini uzrokovala je višemjesečno, a nekad i višegodišnje izjednačavanje protoka, odnosno, smanjenje zimskih i povećanje ljetnih protoka. Sadašnje

hidrološko stanje rijeke daleko je od prirodnog, a posljedice takvih promjena na šire područje i ekosustave u slivu rijeke i priobalju još uvijek su nedovoljno istražene. Promjene uvjeta staništa dovele su do promjene cijelog ekosustava i njegove bioraznolikosti (Mrakovčić i sur., 2001).

## **2.7. Izvori onečišćenja**

Izvori onečišćenja u slivu Cetine u prošlosti su se mjerili samo povremeno pa ne postoji jedinstvena baza podataka tog tipa. Slivno područje Cetine tipični je krški teren vrlo velikog koeficijenta infiltracije (vrijeme zadržavanja vode u podzemlju je kratkotrajno), pa sva isprana površinska zagađenja vrlo brzo dopijevaju u vodne resurse.

Poljoprivreda je vjerojatno značajan izvor onečišćenja sliva Cetine budući da je osobito dobro razvijena u Sinjskom polju. Pretpostavlja se da nekontrolirana i neuređena odlagališta krutog otpada također zagađuju vodne resurse. Industrija je na ovom području slabo razvijena pa ne predstavlja izvor onečišćenja. No, industrijska poduzeća uglavnom nemaju odgovarajuće uređaje za pročišćavanje otpadnih voda ni uređaje za čišćenje oborinskih voda koje se ispuštaju izravno u vodne resurse. Na području BiH planira se izgradnja termoelektrane na ugljen čime bi se povećala vjerojatnost aerozagađenja i drugih onečišćenja. Rudarstvo nije osobito razvijeno. Kamenolomi su udaljeni od površinskih voda, ali utječu na kakvoću podzemnih voda intenzivnim prometom i mehanizacijom koja se koristi tijekom rada. Utjecaj postojećih ribogojilišta zasad je nepoznat. Pretpostavlja se da je utjecaj intenzivnog lokalnog i regionalnog prometa na ovom području značajan u kišnom razdoblju. Na podzemne vode i akumulacije promet najviše utječe u ljetnom razdoblju kada je promet intenzivniji, a razina vode niska. Dosadašnja ispitivanja kakvoće voda u akumulacijama potvrdila su povišenu koncentraciju olova i drugih teških metala. Lučki promet ima mali utjecaj na kakvoću voda, samo na području ušća. Turisti izletnici pridonose onečišćenju, posebno izvorišnog dijela, izravno, bacajući otpad u vodu te neizravno, bacajući otpad u okoliš. Brojna naselja u slivnom području nemaju potpunu kanalizacijsku mrežu nego se koriste septičkim jamama. Na taj se način otpadne vode procjeđuju izravno u podzemlje. U nekim naseljima u kojima postoji kanalizacijska mreža, otpadne se vode izravno, bez pročišćavanja, ispuštaju u vodne resurse (CRA/PPA, 2000).

### 3. MATERIJALI I METODE

Istraživanje na rijeci Cetini provedeno je u razdoblju od kolovoza 2004. godine do kolovoza 2005. godine u okviru znanstveno-stručnog projekta koji je obuhvatio cijeli tok rijeke Cetine te rijeku Rudu kao njezinu najveću pritoku (Kerovec i Kučinić, 2007).

#### 3.1. Smještaj i opis istraživanih postaja

Uzorkovanje makrozoobentosa i prikupljanje puževa odvijalo se na tri postaje od kojih je jedna bila u srednjem i dvije u donjem toku rijeke Cetine (Slika 1).

Postaja **Trilj** (N43°36'49,8" E16°43'49,2") na visini od 297 m, smještena je prije uređaja za pročišćavanje, u kanaliziranom dijelu rijeke (Slika 2). Dno karakterizira fini sediment prekriven vodenim biljem. Postaja se nalazi u srednjem dijelu toka rijeke.

Postaja **Čikotina lađa** (N43°31'58,4" E16°44'42,3") nalazi se na visini od 236 m (Slika 3). Dno se pretežito sastoji od većih valutica promjera 5 - 15 cm, obraslih mahovinom. Dubina vode je 43 - 53 cm. Postaja se nalazi u donjem dijelu toka rijeke.

Postaja **Radmanove mlinice** (N43°26'16,2" E16°45'11,3") nalazi se na visini od 15 m (Slika 4). U sedimentu dominiraju krupnije valutice promjera 5 - 15 cm, a prosječna dubina vode je 28 cm. Postaja se nalazi u donjem dijelu toka rijeke.



**Slika 1.** Smještaj istraživanih postaja na rijeci Cetini (prilagođeno pomoću maps.google.hr).

Na svim istraživanim postajama praćeni su sljedeći fizikalno - kemijski pokazatelji: temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika, zasićenje vode kisikom, pH vrijednost, električna vodljivost, alkalitet i brzina strujanja vode. Mjerenja su obavljena u razdoblju od kolovoza 2004. godine do kolovoza 2005. godine (Popijać, 2007). U Tablicama 1, 2 i 3 navedene su srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti navedenih pokazatelja na istraživanim postajama.

**Tablica 1.** Fizikalno - kemijski pokazatelji na postaji Trilj.

	Temperatura vode (°C)	Koncentracija otopljenog kisika (mg L <sup>-1</sup> )	Zasićenje vode kisikom (%)	pH	Električna vodljivost (µS cm <sup>-1</sup> )	Alkalitet (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1)</sup>	Brzina strujanja (cm s <sup>-1</sup> )
<b>sred.vrijed.</b>	<b>11,9</b>	<b>11,56</b>	<b>111,1</b>	<b>8,137</b>	<b>449,9</b>	<b>168,7</b>	<b>43,3</b>
min	6,1	10	97	7,86	375	150	27,67
max	18,1	13,77	140,1	8,36	588	180	64,7

**Tablica 2.** Fizikalno - kemijski pokazatelji na postaji Čikotina lađa.

	Temperatura vode (°C)	Koncentracija otopljenog kisika (mg L <sup>-1</sup> )	Zasićenje vode kisikom (%)	pH	Električna vodljivost (µS cm <sup>-1</sup> )	Alkalitet (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1)</sup>	Brzina strujanja (cm s <sup>-1</sup> )
<b>sred.vrijed.</b>	<b>12,5</b>	<b>11,39</b>	<b>109,1</b>	<b>8,284</b>	<b>393,1</b>	<b>164,2</b>	<b>62,9</b>
min	4,6	8,8	100	8,088	320	140	22,05
max	20,5	13,68	138	8,551	504	185	83,95

**Tablica 3.** Fizikalno - kemijski pokazatelji na postaji Radmanove mlinice.

	Temperatura vode (°C)	Koncentracija otopljenog kisika (mg L <sup>-1</sup> )	Zasićenje vode kisikom (%)	pH	Električna vodljivost (μS cm <sup>-1</sup> )	Alkalitet (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	Brzina strujanja (cm s <sup>-1</sup> )
<b>sred.vrijed.</b>	<b>14,2</b>	<b>11,27</b>	<b>109,1</b>	<b>8,292</b>	<b>393,6</b>	<b>172,9</b>	<b>150</b>
min	8,1	9,4	95	8,128	344	155	86,73
max	19,5	13,15	142,5	8,426	476	187,5	194,83



**Slika 2.** Postaja Trilj (foto: A. Previšić).



**Slika 3.** Postaja Čikotina lađa (foto: A. Previšić).



**Slika 4.** Postaja Radmanove mlinice (foto: A. Previšić).



### 3.2. Uzorkovanje makrozoobentosa

Uzorci makrozoobentosa, obrađeni u ovom diplomskom radu, prikupljani su od kolovoza 2004. do kolovoza 2005. u razmacima od dva mjeseca, na tri postaje srednjeg (Trilj) i donjeg toka (Čikotina lađa i Radmanove mlinice) rijeke Cetine. Na postaji Trilj uzorkovanje je, zbog homogenosti supstrata, provedeno na jednom staništu, dok su na ostale dvije postaje uzorci prikupljani na tri različita mikrostaništa:

- mikrostanište **S1** - sitni sediment
- mikrostanište **S2** - valutice
- mikrostanište **S3** - alge i mahovine.

Uzorci su prikupljani Surberovom mrežom zahvatne površine 0,1 m<sup>2</sup>. Na postaji Trilj uziman je potezni uzorak dužine 0,5 m pomoću kracer mreže širine 0,2 m, pa je uzorkovana površina također 0,1 m<sup>2</sup>. Makrofauna je odvajana od sedimenta dekantiranjem i prosijavanjem kroz bentos mrežu promjera okašaca 0,5 mm te konzervirana u 96 % etanolu. U laboratoriju je fauna razvrstana po skupinama te konzervirana u 80 % etanolu za određivanje do najnižih sistematskih kategorija.

### 3.3. Obrada uzoraka i podataka

Pomoću dihotomskih ključeva (Bole, 1969; Vučur, 2010) puževe sam odredila do razine vrste i podvrste. Jedinke s praznom ili oštećenom kućicom su izuzete iz uzoraka. Na osnovi brojnosti jedinki, izračunala sam gustoću populacija, izraženu kao broj jedinki po m<sup>2</sup>. Usljedilo je mjerenje visine kućica jedinki, na osnovu čega sam ih svrstala u 4 - 5 uzrasnih kategorija. Funkcionalne hranidbene skupine puževa analizirala sam prema Moog (2002). Tabelarni prikazi i grafovi izrađeni su u programu Microsoft Office Excel 2007.

Za određivanje raznolikosti zajednice puževa primjenjeni su Shannonov indeks raznolikosti (H') te Simpsonov indeks raznolikosti (1 - λ), koji se temelje na odnosu broja vrsta i njihove zastupljenosti (relativne brojnosti) u zajednici, te se pomoću ta dva parametra nastoje definirati karakteristike zajednice (Krebs, 1999). Ova dva najčešća i vjerojatno najbolja

indeksa raznolikosti razlikuju se po tome što je prvi osjetljiviji na brojnost rijetkih vrsta, a drugi na brojnost dominantnih vrsta. Indeksi su izračunati prema formulama:

**Shannonov indeks raznolikosti:**

$$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

gdje je:  $H'$  = Shannonov indeks raznolikosti,

$p_i$  = udio pojedine vrste u uzorku,

$s$  = broj vrsta u uzorku.

**Simpsonov indeks raznolikosti:**

$$I - \lambda = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

gdje je:  $I - \lambda$  = Simpsonov indeks raznolikosti,

$p_i$  = udio pojedine vrste u uzorku,

$s$  = broj vrsta u uzorku.

Određen je **Pielouov indeks ujednačenosti:**

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

gdje je:  $J'$  - Pielou-ov indeks ujednačenosti,

$H'$  - Shannonov indeks raznolikosti,

$s$  - broj vrsta u zajednici.

Osim toga određen je **Margalefov indeks gustoće populacije** (Krebs, 1999):

$$d = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

gdje je:  $d$  - Margalefov indeks gustoće populacije,

$S$  - broj vrsta,

$N$  - ukupan broj jedinki.

Analizu strukture zajednica na osnovu broja vrsta puževa po staništu i tipu podloge provela sam pomoću klaster analize. Kako bi se izjednačile dominantne i rijetke vrste, vađen je četvrti korijen brojnosti na svim postajama. Korištena matrica sličnosti je dobivena izračunavanjem Bray – Curtisovog indeksa sličnosti između postaja uključujući brojnost jedinki pojedinih vrsta po tipu podloge. Postupak izračunavanja stresa ponovljen je sto puta. Analiza je provedena u programu Primer 6.1.6 (Clarke i Gorley, 2006).

## 4. REZULTATI

### 4.1. Sastav zajednice puževa

Na istraživanim postajama srednjeg i donjeg toka rijeke Cetine ukupno je pronađeno 19 vrsta puževa koje su navedene prema sistematskoj pripadnosti:

Razred Gastropoda Cuvier 1795

Podrazred Orthogastropoda Ponder & Lindberg 1995

Red **Neritopsina** Cox & Knight 1960

Porodica **Neritidae** Lamarck 1809

Rod *Theodoxus* Montfort 1810

Podrod *Theodoxus* Montfort 1810

*Theodoxus danubialis* (C. Pfeiffer 1828)

*Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus 1758)

Porodica **Melanopsidae** H. & A. Adams 1854

Podporodica Melanopsinae H. & A. Adams 1854

Rod *Holandriana* Bourguignat 1884

*Holandriana holandrii* (C. Pfeiffer 1828)

Nadporodica Risssoidea J. E. Gray 1847

Porodica **Bithyniidae** Troschel 1857

Rod *Bithynia* Leach 1818

Podrod *Bithynia* Leach 1818

*Bithynia (Bithynia) tentaculata* (Linnaeus 1758)

Porodica **Hydrobiidae** Troschel 1857

Podporodica Hydrobiinae Troschel 1857

Rod *Adriohydrobia* Radoman 1973

*Adriohydrobia gaganella* (Küster 1852)

Podporodica Belgrandiinae de Stefani 1877

Rod *Graziana* Radoman 1975

*Graziana lacheineri adriolitoralis* Radoman 1975

Rod *Radomaniola* Szarowska, 2006

*Radomaniola curta germari* (Frauenfeld 1863)

Rod *Horatia* Bourguignat 1887

*Horatia klecakiana* Bourguignot 1887

Rod *Iglica* A. J. Wagner 1928

*Iglica absoloni* (A. J. Wagner, 1914)

Rod *Hauffenia* Pollonera 1898

*Hauffenia* sp.

Porodica **Pyrgulidae** Brusina 1881

Podporodica Pyrgulinae Brusina 1881

Rod *Pyrgula* Cristofor & Jan 1832

*Pyrgula annulata* (Linnaeus 1758)

Porodica **Emmericiidae** Brusina 1870

Rod *Emmericia* Brusina 1870

*Emmericia patula* (Brumati 1838)

Nadred Heterobranchia J. E. Gray 1840

Red **Ectobranchia** P. Fischer 1884

Nadporodica Valvatoidea J. E. Gray 1840

Porodica **Valvatidae** J. E. Gray 1840

Rod *Valvata* O. F. Müller 1773

Podrod *Valvata* O. F. Müller 1773

*Valvata (Valvata) cristata* O. F. Müller 1774

Red **Pulmonata** Cuvier & Blainville 1814

Nadporodica Lymnaeioidea Rafinesque 1815

Porodica **Lymnaeidae** Lamarck 1812

Podporodica Lymnaeinae Rafinesque 1815

Rod *Stagnicola* Jeffreys 1830

*Stagnicola fuscus* (C. Pfeiffer 1821)

Rod *Radix* Montfort 1810

*Radix labiata* (Rossmässler 1835)

Porodica **Planorbidae** Rafinesque 1815

Podporodica Planorbinae Rafinesque 1815

Rod *Planorbis* O. F. Müller 1773

*Planorbis planorbis* (Linnaeus 1758)

Rod *Gyraulus* Charpentier 1837

*Gyraulus (Torquis) laevis* (Alder 1838)

*Gyraulus (Gyraulus) albus* (O. F. Müller 1774)

Rod *Ancylus* O. F. Müller 1773

*Ancylus fluviatilis* O. F. Müller 1774

Pregled zastupljenosti pojedinih vrsta puževa po postajama dan je u Tablici 4.

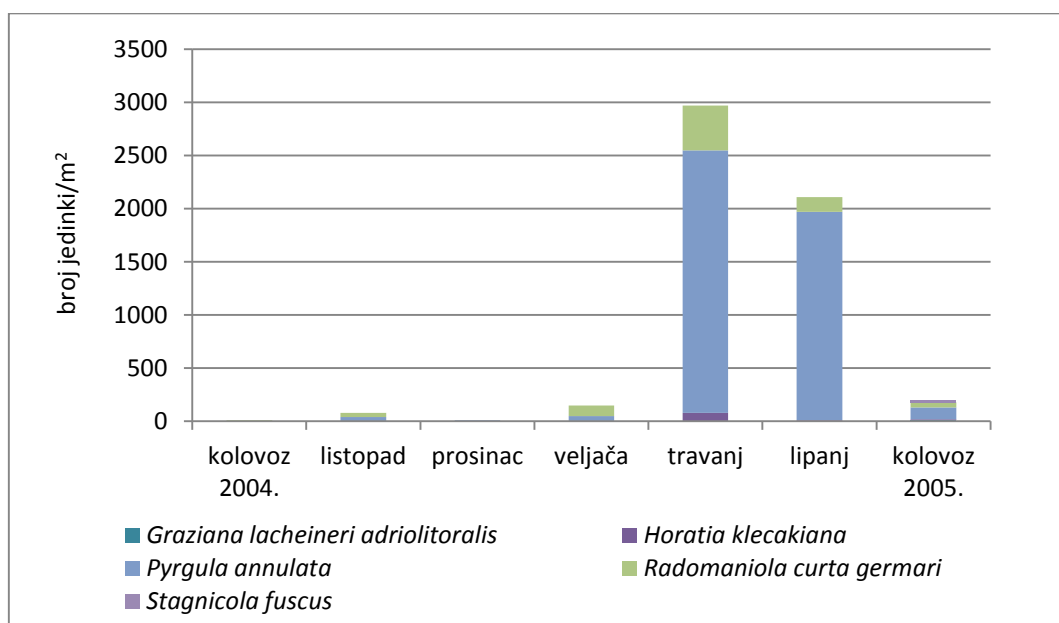
**Tablica 4.** Zastupljenost pojedinih vrsta puževa na istraživanim postajama srednjeg i donjeg toka rijeke Cetine.

<b>vrsta</b>	<b>Trilj</b>	<b>Čikotina lađa</b>	<b>Radmanove mlinice</b>
<i>Theodoxus fluviatilis</i>		•	•
<i>Theodoxus danubialis</i>		•	•
<i>Holandriana holandrii</i>		•	•
<i>Bithynia tentaculata</i>		•	•
<i>Adriohydrobia gagatinella</i>			•
<i>Graziana lacheineri adriolitoralis</i>	•	•	•
<i>Radomaniola curta germari</i>	•		•
<i>Horatia klecakiana</i>	•	•	•
<i>Iglica absoloni</i>			•
<i>Hauffenia</i> sp.			•
<i>Emmericia patula</i>		•	•
<i>Pyrgula annulata</i>	•	•	
<i>Valvata cristata</i>		•	
<i>Stagnicola fuscus</i>	•		
<i>Radix labiata</i>			•
<i>Planorbis planorbis</i>			•
<i>Gyraulus laevis</i>			•
<i>Gyraulus albus</i>		•	
<i>Ancylus fluviatilis</i>		•	•

## 4.2. Struktura zajednice puževa po postajama

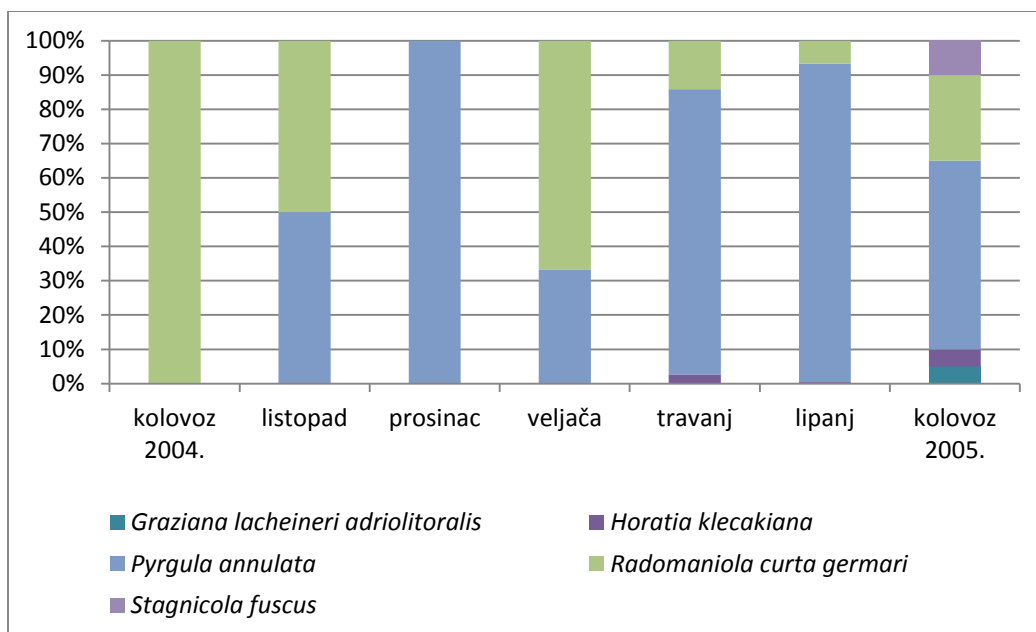
### Trilj

Na postaji Trilj pronađeno je ukupno 5 vrsta puževa (Slike 5 i 6). U sastavu zajednice prevladava *Pyrgula annulata* s najvećom gustoćom populacije u travnju 2005. (2470 jedinki/m<sup>2</sup>). Uz nju, brojnoću se ističe jedino *Radomaniola curta germari* čija je najveća gustoća (420 jedinki/m<sup>2</sup>) također zabilježena u travnju 2005.



**Slika 5.** Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa tijekom razdoblja istraživanja na postaji Trilj.

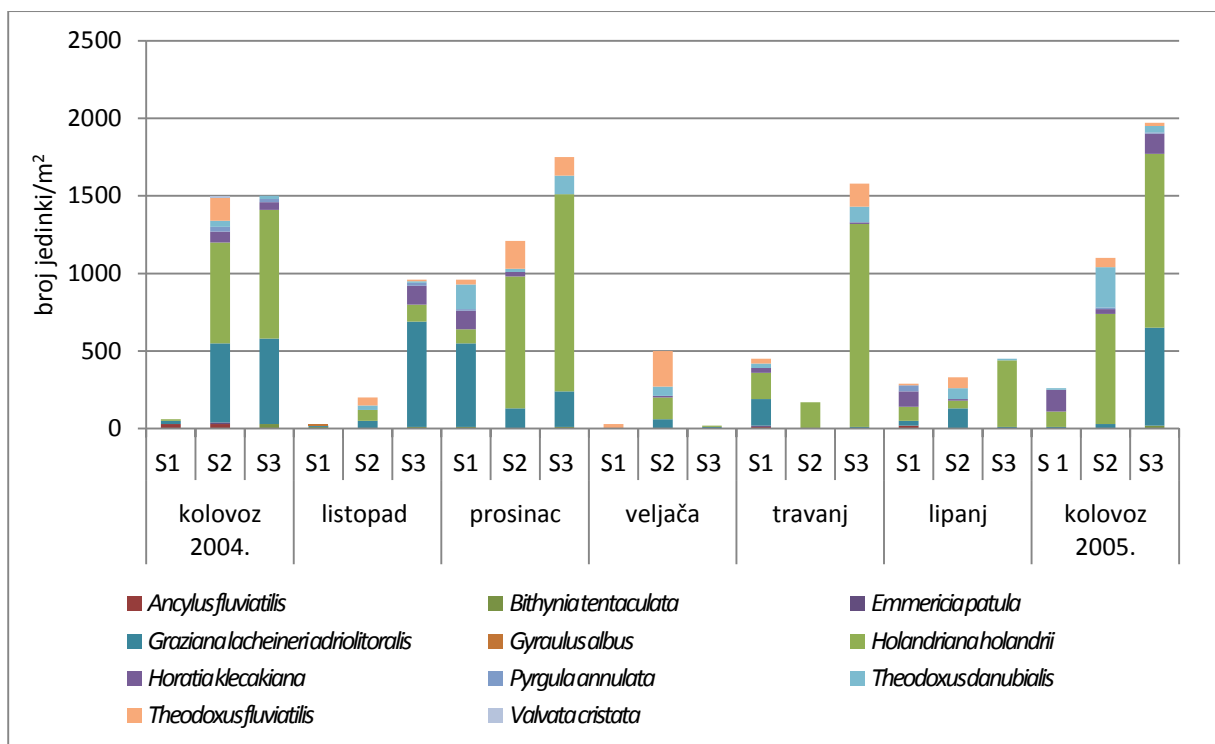




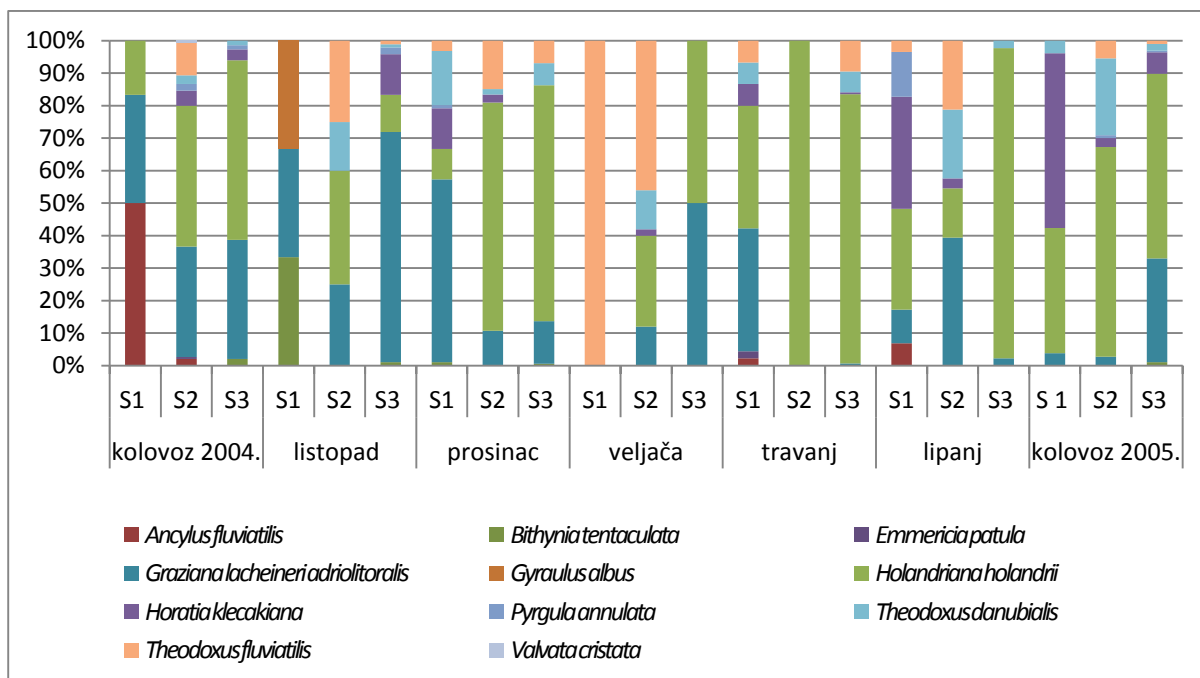
**Slika 6.** Udio pojedinih vrsta puževa tijekom razdoblja istraživanja na postaji Trilj.

### Čikotina lađa

Na postaji Čikotina lađa pronađeno je 11 vrsta slatkovodnih puževa (Slike 7 i 8). Gustoćom populacija ističu se vrste *Holandriana holandrii* i *Graziana lacheineri adriolitoralis*. Uz njih, nešto su zastupljenije vrste *Theodoxus fluviatilis*, *Theodoxus danubialis* i *Horatia klecakiana*. Populacije ostalih vrsta ni u jednom mjesecu nemaju gustoću veću od 100 jedinki/m<sup>2</sup>. Najveća brojnost jedinki vrste *H. holandrii* bila je u travnju 2005. na mikrostaništu S3 (1310 jedinki/m<sup>2</sup>), a vrste *G. lacheineri adriolitoralis* u listopadu 2004. na mikrostaništu S3 (680 jedinki/m<sup>2</sup>). Vrsta *T. fluviatilis* imala je najveću gustoću u veljači 2005. na mikrostaništu S2 (230 jedinki/m<sup>2</sup>), *T. danubialis* u kolovozu 2005. na mikrostaništu S2 (230 jedinki/m<sup>2</sup>), a *H. klecakiana* u kolovozu 2005. na mikrostaništu S1 (140 jedinki/m<sup>2</sup>).



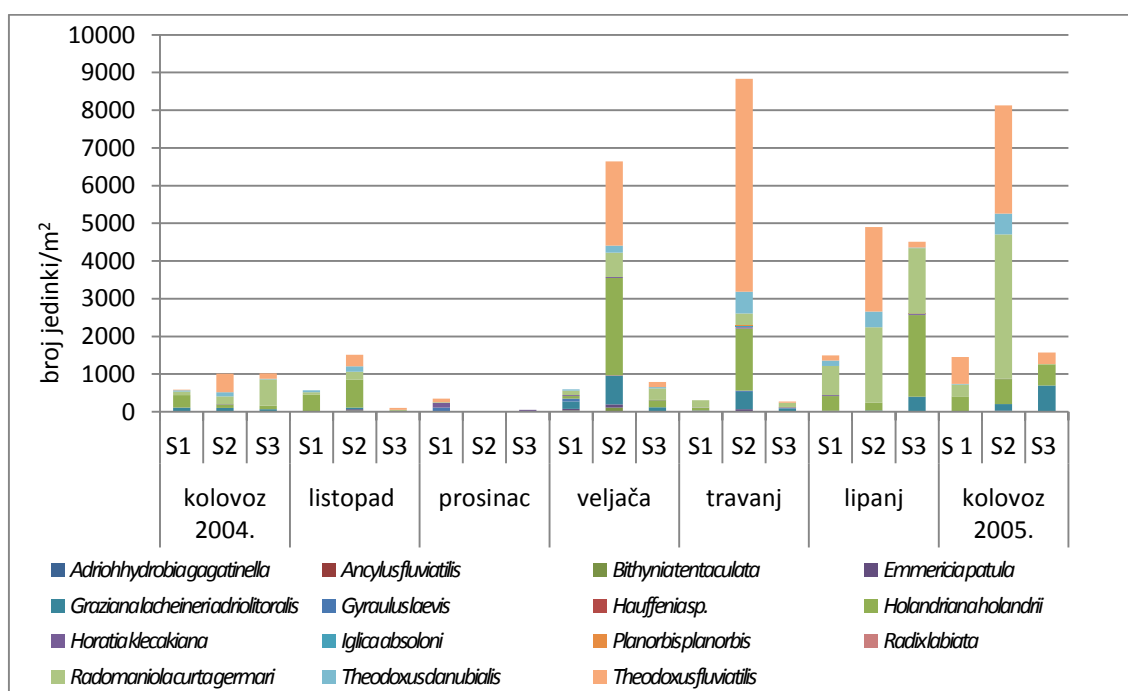
**Slika 7.** Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa na različitim mikrostaništima postaje Čikotina lađa (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).



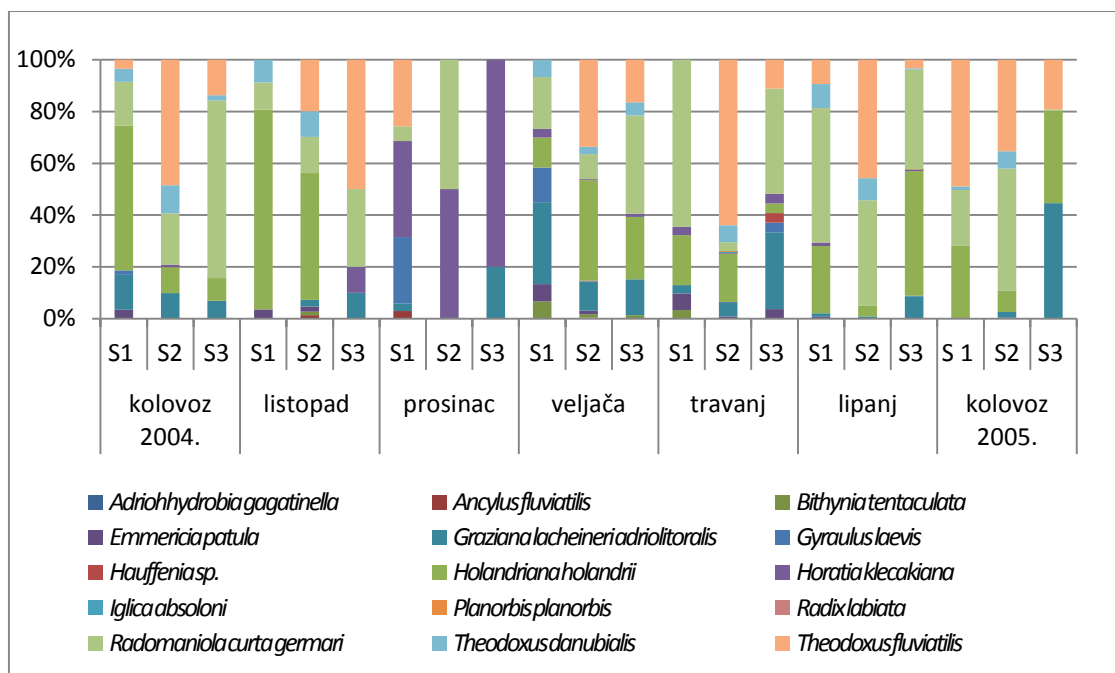
**Slika 8.** Udio pojedinih vrsta puževa na različitim mikrostaništima postaje Čikotina lađa (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

## Radmanove mlinice

Na postaji Radmanove mlinice pronađen je najveći broj vrsta, njih 15 (Slike 9 i 10). Gustoćom populacija ističu se vrste *Theodoxus fluviatilis*, *Radomaniola curta germari* i *Holandriana holandrii*. Uz njih, nešto su brojnije populacije vrsta *Theodoxus danubialis* i *Graziana lacheineri adriolitoralis*, dok brojnost ostalih vrsta nijednom u promatranom razdoblju nije prelazila 100 jedinki/m<sup>2</sup>. Najveća brojnost jedinki vrste *T. fluviatilis* bila je u travnju 2005. na mikrostaništu S2 (5640 jedinki/m<sup>2</sup>), vrste *R. curta germari* u kolovozu 2005. na mikrostaništu S2 (3830 jedinki/m<sup>2</sup>), a vrste *H. holandrii* u veljači 2005. na mikrostaništu S2 (2580 jedinki/m<sup>2</sup>). Najveću brojnost jedinki vrsta *G. lacheineri adriolitoralis* imala je u veljači 2005. na mikrostaništu S2 (580 jedinki/m<sup>2</sup>), a *T. danubialis* na istom mikrostaništu u travnju 2005. (750 jedinki/m<sup>2</sup>).



**Slika 9.** Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa na različitim mikrostaništima postaje Radmanove mlinice (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).



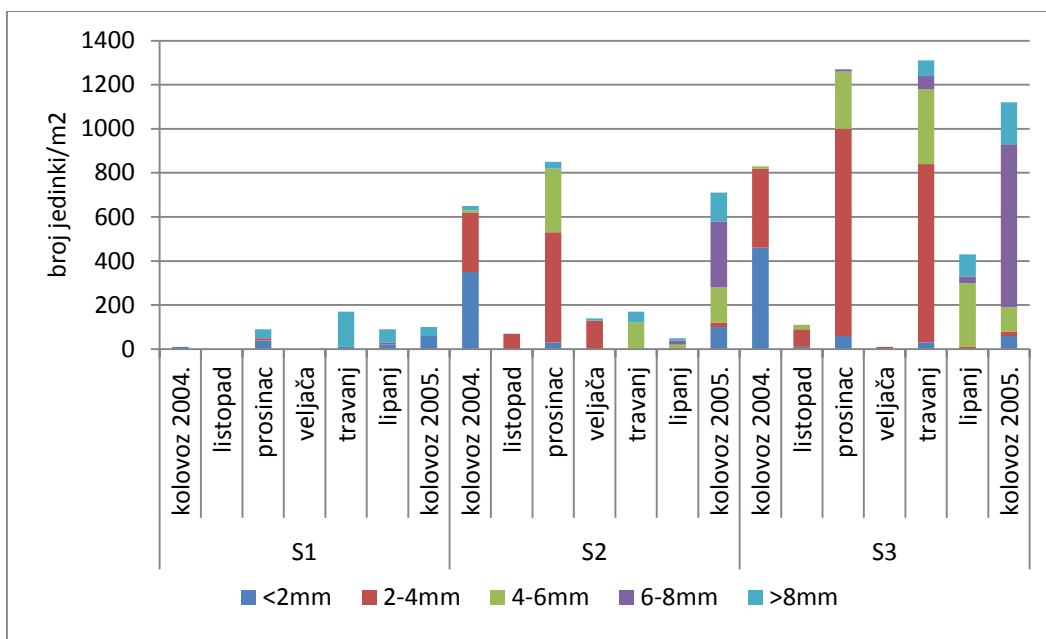
**Slika 10.** Udio pojedinih vrsta puževa na različitim mikrostaništima postaje Radmanove mlinice (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

#### 4.3. Uzasna struktura najzastupljenijih vrsta puževa

Na temelju izmjerenih visina kućice, jedinke najzastupljenijih vrsta puževa su svrstane u 4 – 5 veličinskih kategorija te je analizirana njihova uzrasna struktura (Slike 11 - 19). Uzrasna struktura vrsta *Holandriana holandrii*, *Theodoxus fluviatilis* i *Graziana lacheineri adriolitoralis* prikazana je za populacije na postajama Čikotina lađa i Radmanove mlinice. Uzrasna struktura vrste *Radomaniola curta germari* prikazana je za populacije na postajama Trilj i Radmanove mlinice, a vrste *Pyrgula annulata* na postaji Trilj.

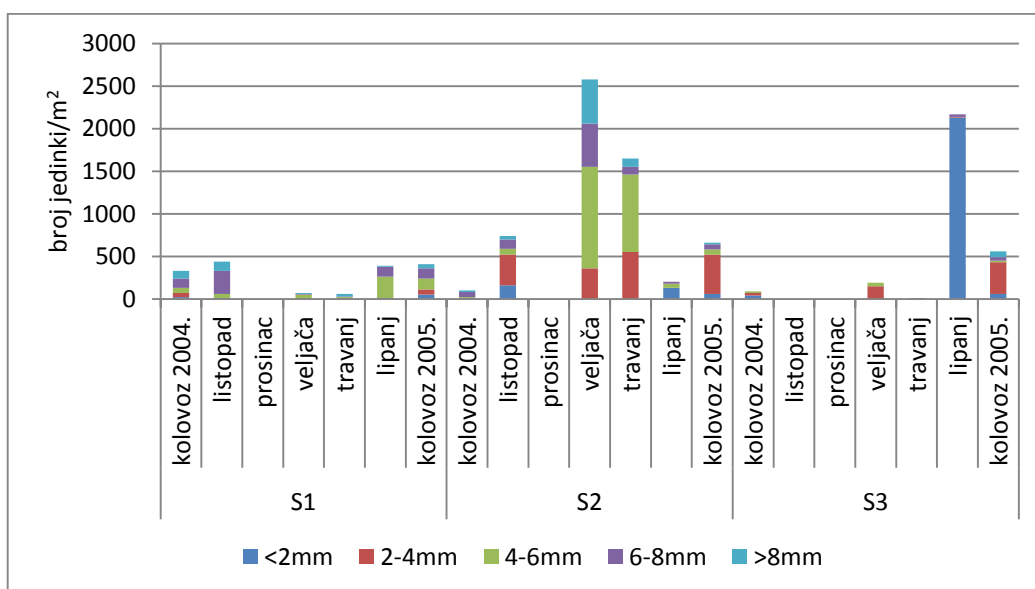
##### *Holandriana holandrii*

Na postaji Čikotina lađa (Slika 11) najviše jedinki ove vrste pronađeno je na mikrostaništu S3, a uglavnom su pripadale redu veličine od 2 – 4 mm. Na ovom je mikrostaništu pronađeno i najviše juvenilnih jedinki, manjih od 2 mm i to u kolovozu 2004., te najviše odraslih jedinki u kolovozu 2005.



**Slika 11.** Uzrasna struktura vrste *Holandriana holandrii* tijekom razdoblja istraživanja na postaji Čikotina lađa (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

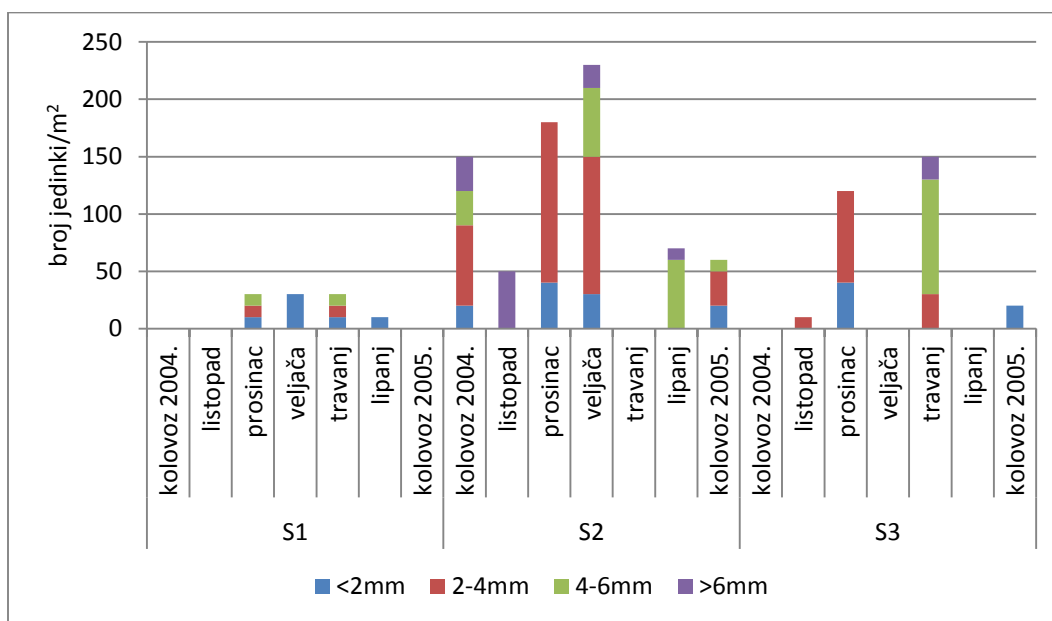
Na Radmanovim mlinicama (Slika 12), vrsta se češće pojavljivala na mikrostaništu S2, gdje je većina jedinki bila reda veličine 4 – 6 mm. Ipak, najviše juvenilnih jedinki ovdje je pronađeno na mikrostaništu S3 u lipnju 2005., dok je najviše odraslih jedinki bilo u veljači 2005. na mikrostaništu S2.



**Slika 12.** Uzrasna struktura vrste *Holandriana holandrii* tijekom istraživanog razdoblja na postaji Radmanove mlinice (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

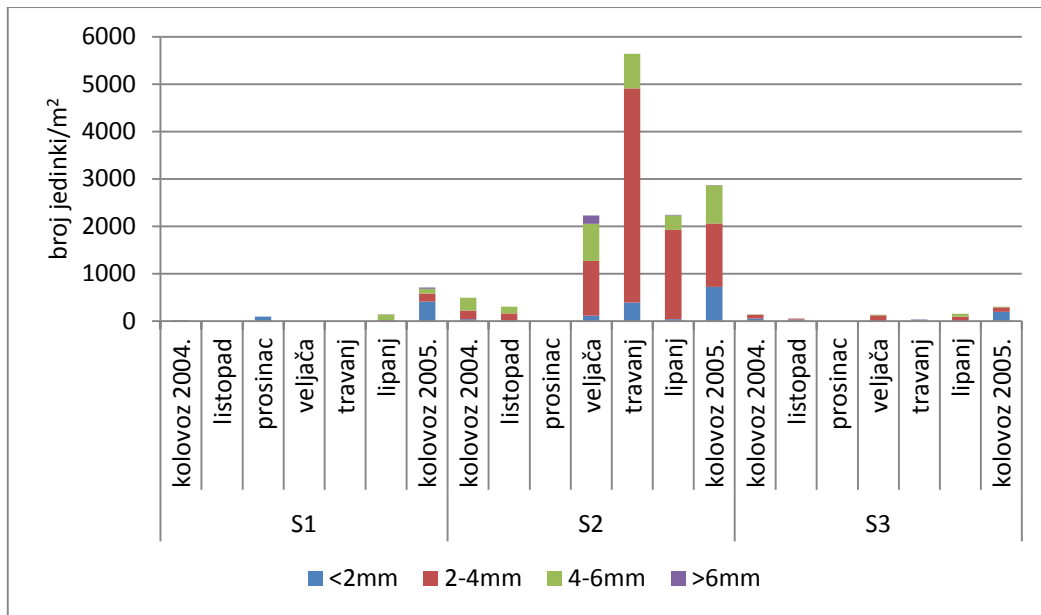
## *Theodoxus fluviatilis*

Na Čikotinoj lađi (Slika 13) većina jedinki vrste *T. fluviatilis* bila je na mikrostaništu S2, a pripadala je redu veličine 2 - 4 mm. Najviše takvih jedinki bilo je u prosincu 2004. i veljači 2005.



**Slika 13.** Uzasna struktura vrste *Theodoxus fluviatilis* tijekom razdoblja istraživanja na postaji Čikotina lađa (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

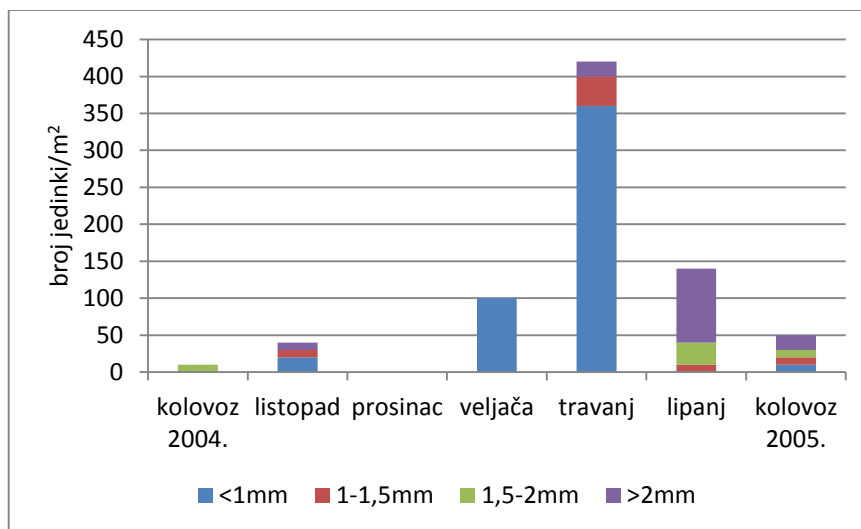
Na Radmanovim mlinicama (Slika 14), gustoća jedinki bila je znatno veća nego na Čikotinoj lađi. Najviše je jedinki također bilo veličine 2 – 4 mm i to gotovo isključivo na mikrostaništu S2. Juvenilnih jedinki manjih od 2 mm najviše je bilo u kolovozu 2005.



**Slika 14.** Uzasna struktura vrste *Theodoxus fluviatilis* tijekom razdoblja istraživanja na postaji Radmanove mlinice (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

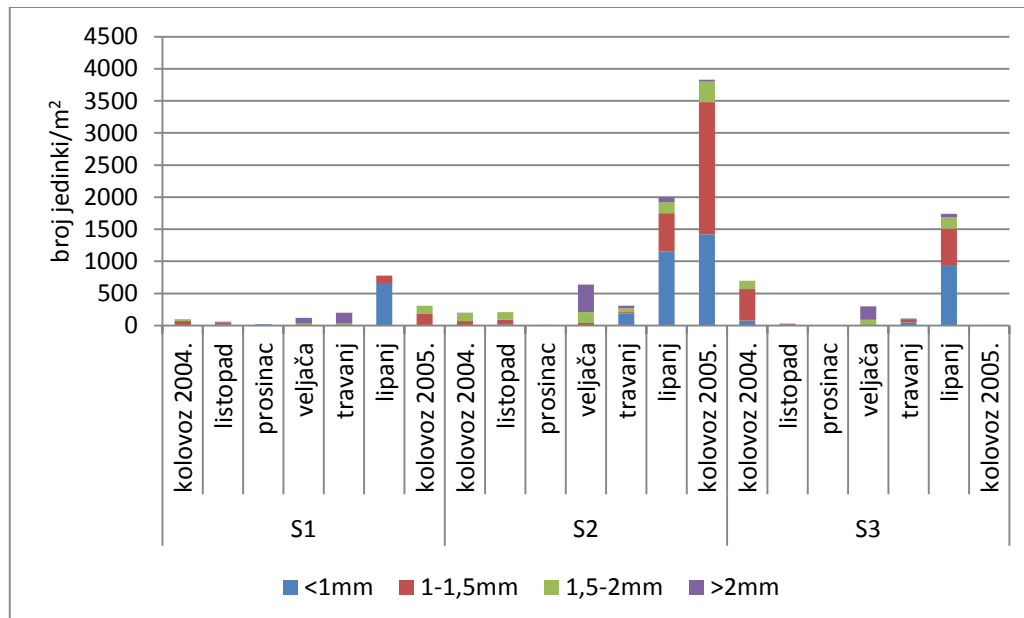
### *Radomaniola curta germari*

Na postaji Trilj (Slika 15), najveća gustoća populacije zabilježena je u travnju 2005. kada je i broj juvenilnih jedinki manjih od 1 mm bio najveći. Najviše odraslih jedinki zabilježeno je u lipnju 2005.



**Slika 15.** Uzasna struktura vrste *Radomaniola curta germari* tijekom razdoblja istraživanja na postaji Trilj.

Na Radmanovim mlinicama (Slika 16), najviše je jedinki ove vrste bilo na mikrostaništu S2, veličine 1 – 1,5 mm. Juvenilne jedinke manje od 1 mm bile su na ovom mikrostaništu najzastupljenije u kolovozu 2005. te u lipnju 2005. na mikrostaništima S2 i S3.

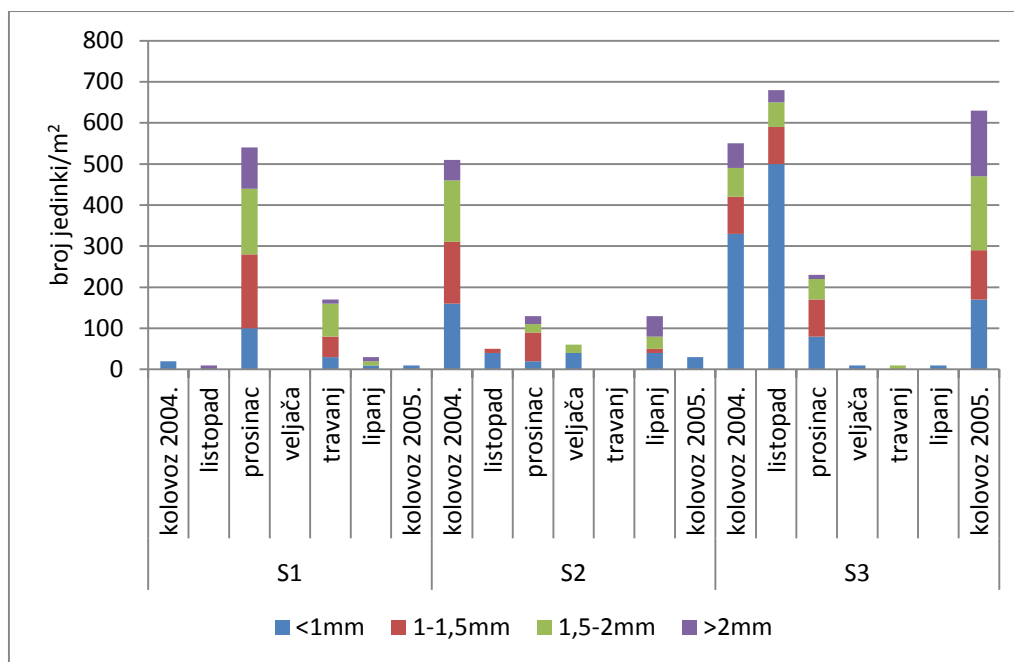


**Slika 16.** Uzrasna struktura vrste *Radomaniola curta germari* tijekom razdoblja istraživanja na postaji Radmanove mlinice (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

### *Graziana lacheineri adriolitoralis*

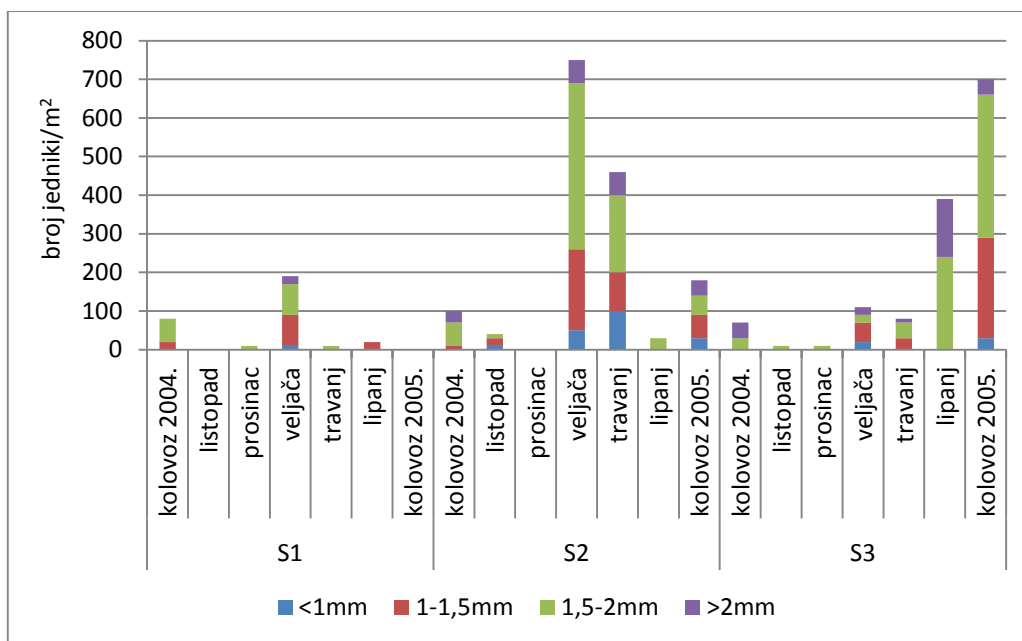
Na postaji Čikotina lađa (Slika 17), najveća brojnost jedinki ove vrste bila je na mikrostaništu S3, gdje je zabilježen i najveći broj juvenilnih jedinki. Njihova je gustoća populacije bila najveća u listopadu i kolovozu 2004. Najviše odraslih jedinki na tom mikrostaništu bilo je u kolovozu 2005.





**Slika 17.** Uzrasna struktura vrste *Graziانا lacheineri adriolitoralis* tijekom razdoblja istraživanja na postaji Čikotina lađa (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

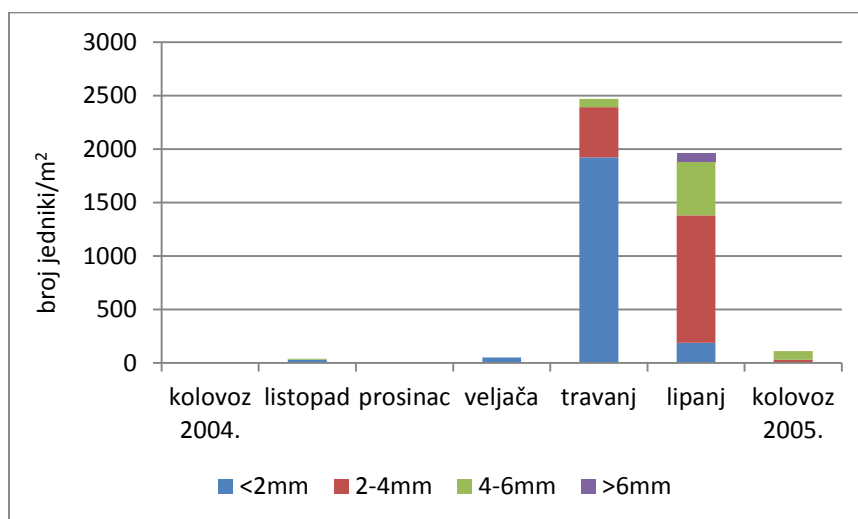
Na Radmanovim mlinicama (Slika 18), prevladavale su jedinke veličine 1,5 – 2 mm. Njihova je najveća gustoća populacije bila u veljači 2005. na mikrostaništu S2 te u kolovozu 2005. na mikrostaništu S3. Juvenilnih jedinki je bilo znatno manje nego na Čikotinoj lađi, a u većem su broju zabilježene jedino u travnju 2005. na mikrostaništu S2.



**Slika 18.** Uzrasna struktura vrste *Graziana lacheineri adriolitoralis* tijekom razdoblja istraživanja na postaji Radmanove mlinice (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

### *Pyrgula annulata*

Na postaji Trilj (Slika 19), najviše juvenilnih jedinki, manjih od 2 mm, vrste *Pyrgula annulata* pronađeno je u travnju 2005. U lipnju je najveći broj jedinki pripadao kategoriji 2 – 4 mm visine kućice. U ostalim mjesecima nije zabilježena značajnija gustoća populacije.



**Slika 19.** Uzrasna struktura vrste *Pyrgula annulata* tijekom razdoblja istraživanja na postaji Trilj.

#### 4.4. Struktura funkcionalnih hranidbenih skupina puževa

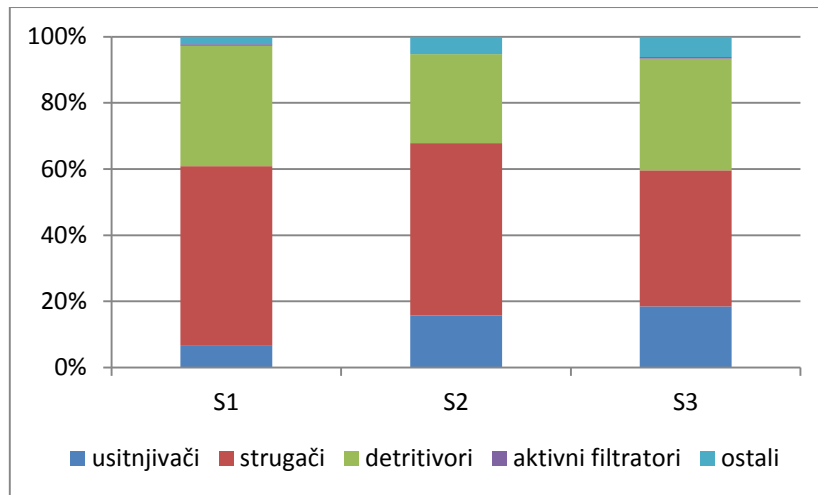
Struktura funkcionalnih hranidbenih skupina puževa analizirana je prema Moog (2002) prema kojem jedna vrsta može imati različite načine prehrane. Iako su *Theodoxus fluviatilis*, *T. danubialis*, *Ancylus fluviatilis* i *Valvata cristata* isključivo strugači, vrste porodica *Hydrobidae*, *Pyrgulidae* i *Emmericidae* jednakim su dijelom strugači i detritivori. Vrste *Holandriana holandrii*, *Stagnicola fuscus* i *Radix labiata* dijelom su strugači, usitnjivači, detritivori, a hrane se i na druge načine. *Gyraulus laevis*, *G. albus* i *Planorbis planorbis* pripadaju skupinama strugača, usitnjivača te ostalih. *Bithynia tentaculata* je strugač, aktivni filtrator, i detritivor (Moog, 2002).

##### Srednji tok

Na postaji Trilj podjednak udio imaju strugači (49,89 %), i detritivori (49,96 %). Usitnjivači i ostali čine zanemariv dio zajednice.

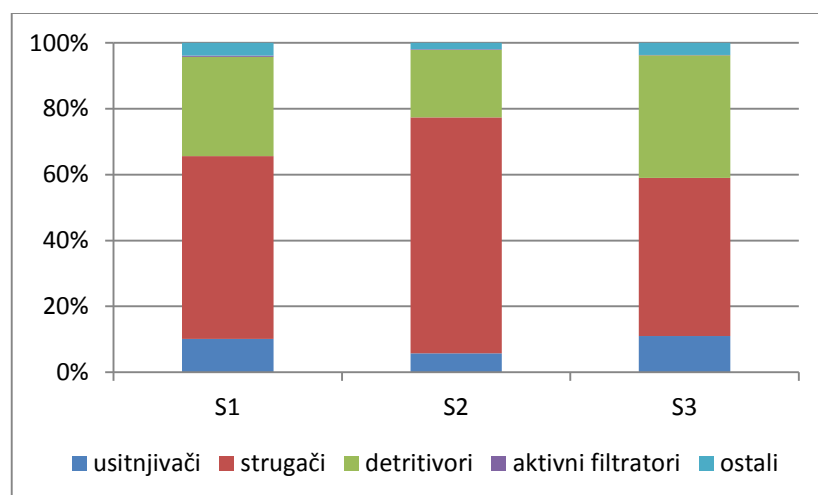
##### Donji tok

Na postaji Čikotina lađa (Slika 20), strugači prevladavaju na sva tri mikrostaništa. Njihov udio nešto opada na mikrostaništu S3 (41,13 %) u odnosu na mikrostaništa S1 (54,09 %) i S2 (52,04 %). Udio detritivora je nešto niži na mikrostaništu S2 (26,89 %) nego na S1 (36,39 %) i S3 (33,75 %). Udio usitnjivača je najniži na S1 (6,73 %), a najviši na S3 (18,52 %). Aktivni filtratori uopće nisu pronađeni na mikrostaništu S2, dok su na ostalim mikrostaništima zanemariva funkcionalna hranidbena skupina.



**Slika 20.** Funkcionalna hranidbena struktura zajednice puževa na postaji Čikotina lađa (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

Na Radmanovim mlinicama (Slika 21), strugači čine čak 71,58 % zajednice na mikrostaništu S2, a njihov je udio nešto manji na mikrostaništima S1 (55,46 % i S3 (48,00 %). Sukladno, udio detritivora manji je na mikrostaništu S2 (20,51 %) nego na mikrostaništima S1 i mikrostaništu S3. Isto vrijedi i za usitnjivače koji na mikrostaništu S2 imaju manji udio nego na mikrostaništima S1 i S3. Aktivni filtratori su i na ovoj postaji zanemariv dio zajednice, ali ovaj tip prehrane zabilježen je na sva tri mikrostaništa.



**Slika 21.** Funkcionalna hranidbena struktura zajednice puževa na postaji Radmanove mlinice (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

#### 4.5. Analiza sličnosti i raznolikosti zajednice puževa

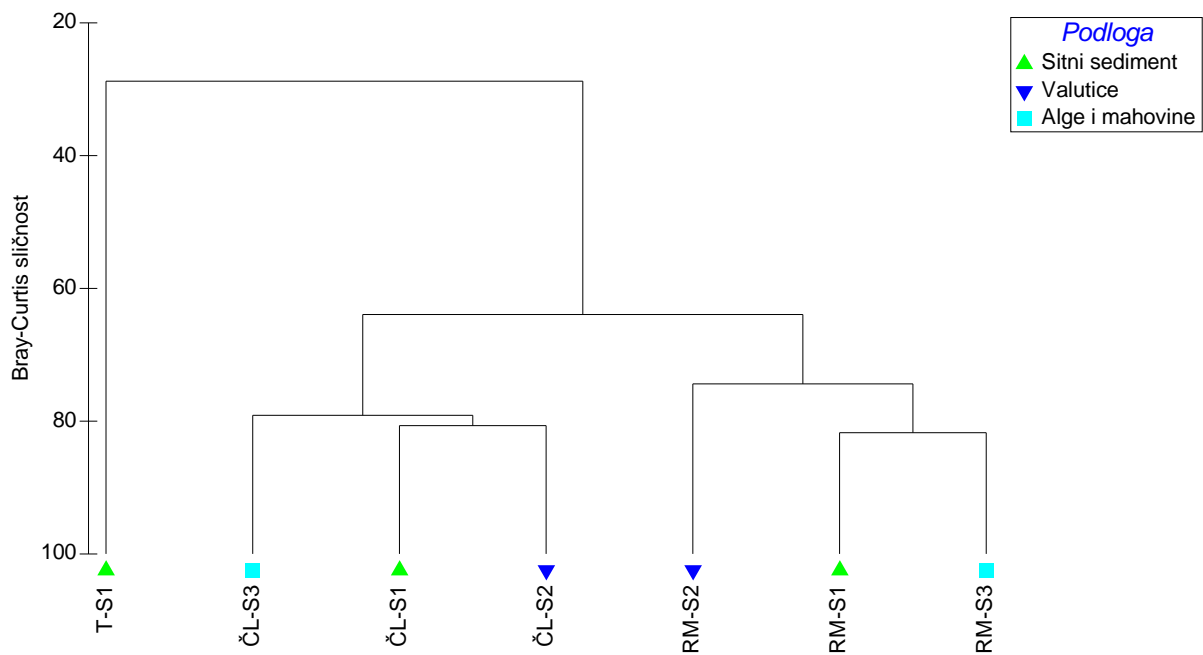
Na temelju broja vrsta i gustoće populacija, za istraživane postaje s pripadajućim mikrostaništima, izračunati su Margalefov indeks gustoće populacije ( $d$ ), Pielouov indeks ujednačenosti ( $J'$ ), Shannonov indeks raznolikosti ( $H'$ ) i Simpsonov indeks raznolikosti ( $1-\lambda'$ ). Njihove su vrijednosti prikazane u Tablici 5.

Vrijednosti Margalefovog indeksa gustoće populacije kreću se od 0,46 na postaji Trilj do 1,26 na mikrostaništu S2 Radmanovih mlinica. Pielouov indeks ujednačenosti također je najniži na postaji Trilj (0,33), a najviši je na mikrostaništu S1 postaje Radmanove mlinice (0,74). Najnižu vrijednost Shannonovog indeksa raznolikosti ima postaja Trilj (0,52), a najvišu mikrostanište S1 na Radmanovim mlinicama (1,71). Simpsonov indeks raznolikosti također je najniži za postaju Trilj (0,28), a najviši za mikrostanište S1 na Radmanovim mlinicama (0,77).

**Tablica 5.** Prikaz broja vrsta ( $S$ ), broja jedinki ( $N$ ), Margalefovog indeksa gustoće populacije ( $d$ ), Pielouovog indeksa ujednačenosti ( $J'$ ), Shannonovog indeksa raznolikosti ( $H'$ ) Simpsonovog indeksa raznolikosti ( $1-\lambda'$ ) na različitim mikrostaništima postaja Trilj, Čikotina lađa i Radmanove mlinice (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

Postaja - mikrostanište	S	N	d	J'	H'(loge)	1-λ'
<b>Trilj - S1</b>	5	5530	0,4641479	0,325767	0,524301	0,276798
<b>Čikotina lađa - S1</b>	10	2080	1,1779915	0,727159	1,674345	0,762571
<b>Čikotina lađa - S2</b>	9	5010	0,9390563	0,616093	1,353694	0,657467
<b>Čikotina lađa - S3</b>	7	8230	0,6655174	0,556913	1,083704	0,548524
<b>Radmanove mlinice - S1</b>	10	5370	1,0479028	0,744147	1,713462	0,771489
<b>Radmanove mlinice - S2</b>	14	31040	1,2568848	0,549896	1,451207	0,706173
<b>Radmanove mlinice - S3</b>	11	8300	1,1081547	0,581524	1,394434	0,709724

Rezultati klaster analize na osnovu Bray-Curtisovog indeksa sličnosti (Slika 22), pokazuju jasno izdvajanje zajednice puževa na postaji Trilj od zajednice puževa na postajama Čikotina lađa i Radmanove mlinice. Najveća sličnost (preko 80 %) utvrđena je između mikrostaništa S1 i S2 na Čikotinoj lađi te mikrostaništa S1 i S3 na Radmanovim mlinicama.

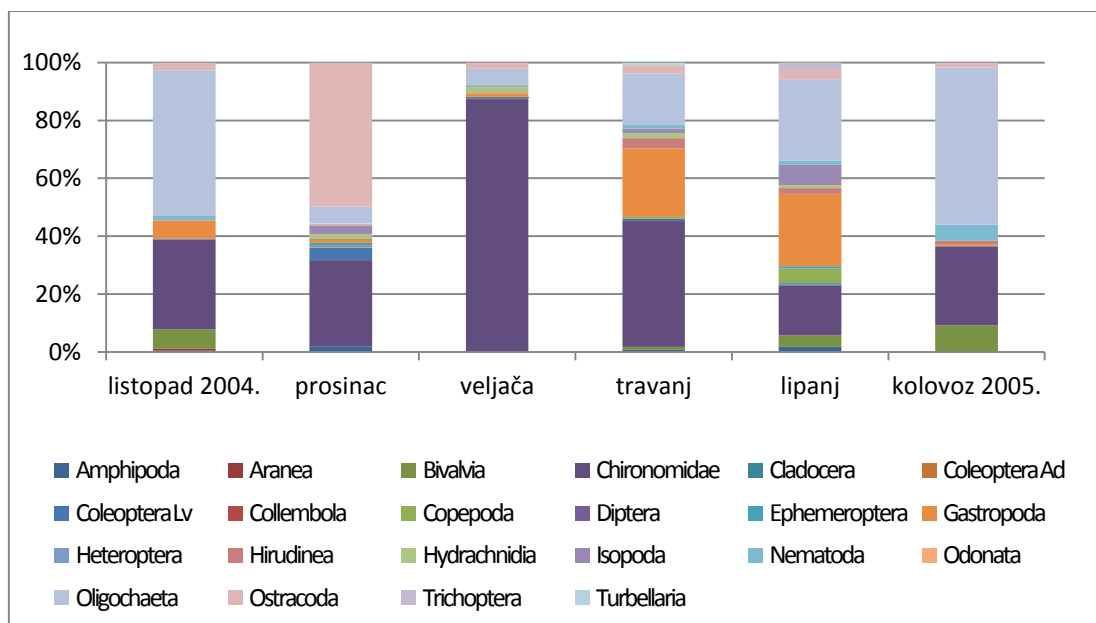


**Slika 22.** Dendrogram sličnosti zajednica puževa na različitim postajama i podlogama na osnovu gustoće populacija.

#### 4.6. Zastupljenost puževa u odnosu na ostale skupine beskralješnjaka

##### Trilj

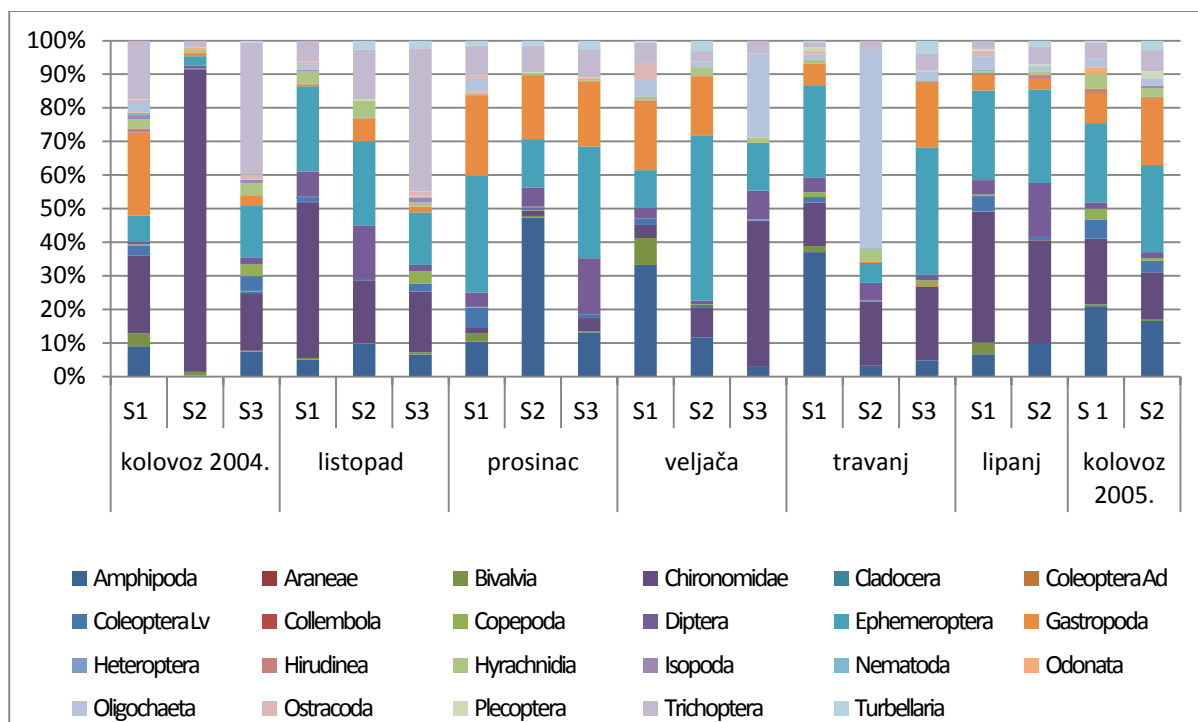
Sastav i struktura zajednice makrozoobentosa na postaji Trilj prikazan je za razdoblje istraživanja od listopada 2004. do kolovoza 2005. (Slika 23). Na ovoj su postaji pronađeni pripadnici 21 skupine beskralješnjaka, a brojnošću jedinki dominiraju skupine Chironomidae i Oligochaeta. Udio puževa bio je najveći u travnju i lipnju 2005. kada su činili približno 25 % zajednice makrozoobentosa.



**Slika 23.** Udio pojedinih skupina beskralješnjaka na postaji Trilj.

### Čikotina lađa

Sastav i struktura zajednice makrozoobentosa na postaji Čikotina lađa prikazani su od kolovoza 2004. do travnja 2005. za sva tri mikrostaništa, dok je za lipanj i kolovoz prikazana zajednica na mikrostaništima S1 i S2 (Slika 24). U cjelokupnom je razdoblju utvrđena prisutnost 22 skupine beskralješnjaka. Prevladavaju skupine Chironomidae, Trichoptera i Ephemeroptera. Udio puževa bio je najveći na mikrostaništu S1 u kolovozu i prosincu 2004. (približno 25 %). Njihov najmanji udio u makrozoobentosu bio je u veljači 2005. na mikrostaništu S3.

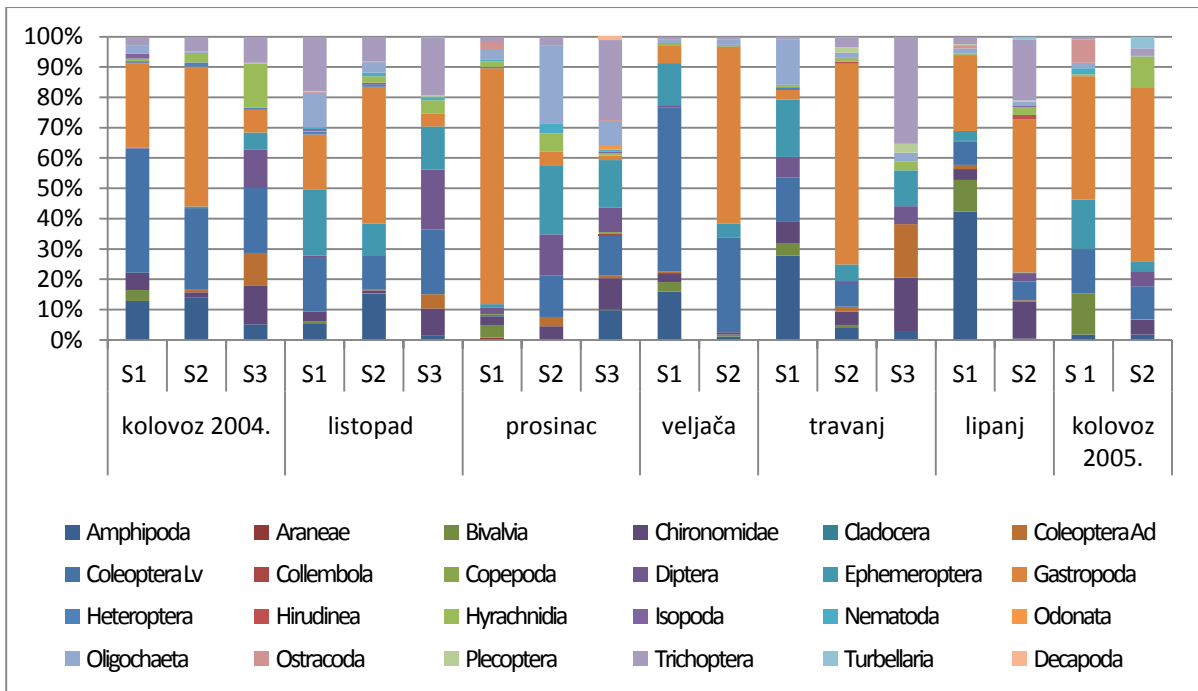


**Slika 24.** Udio pojedinih skupina beskralješnjaka na različitim mikrostaništima postaje Čikotina lađa (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

### Radmanove mlinice

Na Radmanovim mlinicama (Slika 25), utvrđena je najveća raznolikost makrozoobentosa, s pronađenim pripadnicima 23 skupine beskralješnjaka. Udio puževa je na ovoj postaji bio najveći – u prosincu 2004. na mikrostaništu S1 sačinjavali su čak 77,82 % zajednice makrozoobentosa.





**Slika 25.** Udio pojedinih skupina beskralješnjaka na različitim mikrostaništima postaje Radmanove mlinice (S1 - sitni sediment, S2 - valutice, S3 - alge i mahovine).

## 5. RASPRAVA

Tijekom godine dana, od kolovoza 2004. do kolovoza 2005., na istraživanim postajama srednjeg i donjeg toka rijeke Cetine, pronađeno je ukupno 19 vrsta slatkovodnih puževa. Na postaji Trilj, u srednjem dijelu toka rijeke, pronađeno je 5 vrsta. U donjem dijelu toka, na postaji Čikotina lađa pronađeno je 11, a na postaji Radmanove mlinice 15 vrsta slatkovodnih puževa.

*Horatia klecakiana* i *Graziana lacheineri adriolitoralis* jedine su vrste zabilježena na sve tri postaje. Obje vrste pripadaju porodici Hydrobiidae. Ovoj porodici pripada najviše pronađenih vrsta na istraživanom području. *Horatia klecakiana* je hrvatski endem, a pojavljuje se u manjim izvorima u dolini Cetine (Seddon, 2011). *Graziana lacheineri adriolitoralis* Radoman, 1975 podvrsta je vrste *Graziana lacheineri* (Küster, 1853) koja je pronađena u podzemnim vodama i izvorima u alpskom području, ali se njezin areal širi i na područje Hrvatske i BiH (Seddon, 2010a). *Radomaniola curta germari* (Frauenfeld, 1863) podvrsta je vrste *Radomaniola curta* (Küster, 1853) široko raširene na zapadnom i južnom Balkanu, uglavnom u izvorima i tekućicama. Iako vrsta nije ugrožena, postoje lokalizirane prijetnje podvrstama koje imaju ograničen areal. Ipak, stupanj njihove ugroženosti nije procijenjen (Albrecht i sur., 2010). *Pyrgula annulata* je raširena u južnoj Europi, a tipično je prisutna u plitkoj vodi na rubovima jezera ili sporom toku vode (ušće rijeke u jezero), te ispod kamenja na dnu jezera ili rijeke (Cianfanelli i sur., 2010). *Emmericia patula* živi u južnoj Europi, uglavnom na Sredozemlju, u izvorima i rijekama, te gornjem i srednjem toku rijeka u Hrvatskoj. Zaštićena je Zakonom o zaštiti prirode Republike Hrvatske, ali nema posebnih konzervacijskih mjera za ovu vrstu. Na IUCN – ovom Crvenom popisu nije navedena kao ugrožena vrsta (Vavrova, 2010). *Iglica absoloni* je podzemna vrsta, a pronađena je u južnoj Dalmaciji, južnoj Hercegovini i Crnoj gori. Iako prijetnje vrsti uključuju onečišćenje podzemnih voda, zbog raširenosti joj ne prijeti izumiranje pa nije uključena u Crveni popis podzemne faune Hrvatske (Seddon, 2010b). *Adriohydrobia gagatinella* je prisutna u rijekama i izvorima od Albanije do Hrvatske. Iako se pojavljuje na staništima koja su pod rizikom od onečišćenja, negativan utjecaj na vrstu nije poznat (Pešić i Seddon, 2010).

Ostale vrste poput *Holandriana holandrii*, *Theodoxus fluviatilis*, *T. danubialis*, *Gyraulus albus*, *G. laevis*, *Ancylus fluviatilis*, *Valvata cristata*, *Stagnicola fuscus*, *Radix labiata* i *Planorbis planorbis* široko su rasprostranjene na različitim slatkovodnim staništima u Europi.

Vrsta *Bithynia tentaculata* također je široko raširena u Europi u različitim tipovima slatkovodnih staništa. Preferira staništa s bogatom vegetacijom, često s finim sedimentom kao podlogom. Umjereno je otporna na onečišćenje vode i razine populacija su stabilne (Seddon, 2014). No, istraživanje porodice Bithyniidae otkrilo je zanemareno područje velike raznolikosti na Balkanu, s nekoliko kriptičnih vrsta endemičnih za jezero ili riječni sustav (Glöer i sur., 2007). Kriptične vrste su biološki valjane i različite vrste, no vrlo slične, ako ne i identične morfologije. Stoga je moguće da neke jedinice u ovom radu određene kao *B. tentaculata* zapravo pripadaju vrsti *Bithynia cettininsis*. Vrsta *B. cettininsis* je prvi put opisana 1887. (Clessin), ali od tada se ne spominje u literaturi. Glöer i Beran (2009) su utvrdili da se ova vrsta anatomski i morfološki razlikuje od *B. tentaculata* - ima napuhnutije zavoje, krupniji oblik kućice i okrugli, a ne zašiljeni, operkulum. Jajovod joj je zavijen jednom, a ne dva puta, te ima dulji bič (*flagellum*) od onoga u *B. tentaculata*. Zasad je pronađena jedino u donjem toku Cetine. Populacija vrste je vrlo ograničena i postoji opasnost od ugroženosti zbog regulacije toka izgradnjom hidroelektrana. Na IUCN - ovom Crvenom popisu označena je kao osjetljiva vrsta. Međutim, utjecaj na vrstu nije poznat budući da se može javiti i drugdje u slivu pa ne postoje mjere za njezinu konzervaciju. Predložene mjere uključuju daljnje istraživanje distribucije, populacijskih trendova i prijetnji ovoj vrsti (Seddon, 2013).

U srednjem toku Cetine, na postaji Trilj, dno je homogeni sitni sediment. Postaja se nalazi u kanaliziranom dijelu rijeke, neposredno prije uređaja za pročišćavanje vode gdje je tok rijeke sporiji. Takvo stanište pogoduje vrsti *Pyrgula annulata* koja se ističe brojnošću jedinki. Osim nje, značajniju gustoću ima jedino *Radomaniola curta germari*.

U donjem toku, uzorci su prikupljeni na tri različita mikrostaništa – sedimentu (S1), valuticama (S2) te algama i mahovinama (S3). Na postaji Čikotina lađa, najveći broj vrsta zabilježen je na mikrostaništu S1. Najveća gustoća jedinki zabilježena je na mikrostaništu S3, gdje alge i mahovine, kao i detritus koji se tu nakuplja, predstavljaju značajan izvor hrane. Osim toga, mahovina usporava brzinu strujanja vode, a puževi nalaze zaštitu od potencijalnih predatora (Pfleger, 1999; Glöer, 2002; Špoljar i sur., 2012). Ovdje prevladava vrsta *Holandriana holandrii* koja inače živi na čvrstom supstratu poput kamenja ili drva u tekućicama (Vučur, 2010). Osim nje, najveću gustoću na ovom staništu ima vrsta *Graziana lacheineri adriolitoralis*. Na postaji Radmanove mlinice, najveći broj vrsta i najveća gustoća jedinki zabilježena je na mikrostaništu S2. Brojnošću jedinki ističe se vrsta *Theodoxus*

*fluviatilis*. Ova vrsta je oblikom kućice prilagođena strujanju vode, a živi na stijenama i kamenju za koje prijanja širokim stopalom (Glöer, 2002). *Radomaniola curta germari* i *Holandriana holandrii* također imaju najveću gustoću na ovom mikrostaništu.

Analiza uzrasne strukture napravljena je za najzastupljenije vrste tijekom razdoblja istraživanja. Na osnovi gustoće juvenilnih jedinki može se pretpostaviti tijek životnog ciklusa pojedinih populacija. Dillon (2004) navodi da je među plućnjacima i prednjoškržnjacima uobičajeno razmnožavanje jednom godišnje. Kod plućnjaka se često pojavljuju dvije generacije godišnje, ali među prednjoškržnjacima takve su populacije rijetke. Prednjoškržnjaci češće imaju razdoblje sazrijevanja od dvije do tri godine, što je kod plućnjaka rijetko (Dillon, 2004). Ovdje, sve analizirane vrste pripadaju skupini prednjoškržnjaka.

Najveća gustoća juvenilnih jedinki, manjih od 2 mm, vrste *Holandriana holandrii* bila je u lipnju. Najviše jedinki u ostalim mjesecima pripada veličinskim kategorijama 2 – 4 mm i 4 – 6 mm. Može se pretpostaviti da do mriještenja populacije dolazi krajem proljeća, iako bi za praćenje životnog ciklusa ove vrste bilo bolje analizirati uzrasnu strukturu populacije u razdoblju duljem od godine dana. Za vrstu *Theodoxus fluviatilis* primjećuje se veća gustoća populacije u toplijem dijelu godine kada najviše jedinki pripada veličinskoj kategoriji 2 – 4 mm. Za ovu vrstu poznato je da ima životni vijek od 2 do 3 godine, da do mriještenja dolazi od sredine travnja do listopada i da se mladi izliježu nakon 30 - 60 dana (Kebapçı i Van Damme, 2012) što je u skladu s rezultatima. Prema brojnosti juvenilnih jedinki vrste *Radomaniola curta germari*, može se zaključiti da do mriještenja dolazi u kasno proljeće i ljeto. Juvenilne jedinke vrste *Graziana lacheineri adriolitoralis* zastupljene su u uzrasnoj strukturi tijekom cijele godine. Ipak, njihova je najveća gustoća zabilježena u kolovozu i listopadu, što sugerira da do mriještenja dolazi u kasno ljeto. Najveća gustoća populacije vrste *Pyrgula annulata* pronađena je u travnju kada je većina jedinki bila juvenilna, visine kućice manje od 2 mm, dok je u lipnju najviše jedinki bilo u kategoriji 2 – 4 mm. Prema tome, može se zaključiti da do mriještenja dolazi početkom proljeća.

Analiza funkcionalnih hranidbenih skupina pokazala je da na postaji Trilj podjednak udio u zajednici zajednice čine strugači i detritivori. Ovakvu raspodjelu možemo pripisati visokom udjelu vrste *Pyrgula annulata* koja je jednakim dijelom strugač i detritivor. U donjem toku, na Čikotinoj lađi prevladavaju strugači na sva tri mikrostaništa. Strugači prevladavaju i na

sva tri mikrostaništa postaje Radmanove mlinice i imaju veći udio u zajednici nego na Čikotinoj lađi. Ovakva struktura funkcionalnih hranidbenih skupina, u kojima prevladavaju strugači, prema konceptu riječnog kontinuuma (RCC) zapravo odgovara strukturi srednjeg toka rijeke. Na postajama donjeg toka prisutna je i skupina aktivnih filtratora, čiji je jedini predstavnik *Bithynia tentaculata*. Ova vrsta struže alge s podloge samo za proljetnog rasta algi i nekad u jesen kada je koncentracija sitnih organskih čestica smanjena. Ostali dio godine žive pod kamenjem i hrane se filtriranjem (Tashiro, 1982; Tashiro i Colman, 1982, citirano prema Dillon, 2004).

Margalefov indeks gustoće populacije ima najnižu vrijednost za postaju Trilj, a najvišu za mikrostanište valutice (S2) na Radmanovim mlinicama. Pielouv indeks ujednačenosti također je najniži na postaji Trilj, a najviši je na mikrostaništu sediment (S1) na Radmanovim mlinicama. Shannonov i Simpsonov indeks raznolikosti pokazuju da je najmanja raznolikost zajednice puževa na postaji Trilj, a najveća na mikrostaništu sediment (S1) na Radmanovim mlinicama. Klaster analiza sličnosti zajednica puževa na različitim postajama i mikrostaništima na osnovi gustoće populacija pokazala je jasno izdvajanje zajednice puževa srednjeg od zajednice puževa donjeg toka rijeke Cetine. Najveću sličnost imaju mikrostaništa sediment (S1) i valutice (S2) na Čikotinoj lađi te sediment (S1) i alge i mahovine (S3) na Radmanovim mlinicama. Razlog tome je velika gustoća populacije najzastupljenijih vrsta, *Holandriana holandrii* i *Graziana leicheineri adriolitoralis*, na algama i mahovinama postaje Čikotina lađa u odnosu na ostala dva mikrostaništa. Na Radmanovim mlinicama vrste *Theodoxus fluviatilis*, *Holandriana holandrii* i *Radomaniola curta germari* na valuticama imaju znatno veću gustoću populacija u odnosu na ostala makrostaništa.

Analiza sastava zajednice makrobeskralješnjaka na istraživanim postajama srednjeg i donjeg toka rijeke Cetine pokazala je da puževi čine značajan udio u odnosu na ostale skupine beskralješnjaka. Najveći udio puževa utvrđen je na postaji Radmanove mlinice gdje je zabilježena i najveća raznolikost makrozoobentosa. Regulacija toka i izgradnja hidroelektrana na rijeci Cetini nesumnjivo utječu na sastav i strukturu makrozoobentosa. Kako bi se utvrdili razmjeri tog utjecaja na puževe, kao posebno osjetljivu skupinu životinja, potrebno je nastaviti s malakološkim istraživanjima na ovom području.

## 6. ZAKLJUČAK

1. Tijekom godine dana, od kolovoza 2004. do kolovoza 2005., na istraživanim postajama srednjeg i donjeg toka rijeke Cetine, pronađeno je ukupno 19 vrsta slatkovodnih puževa. Na postaji Trilj, u srednjem dijelu toka rijeke, pronađeno je 5 vrsta. U donjem dijelu toka, na postaji Čikotina lađa pronađeno je 11, a na postaji Radmanove mlinice 15 različitih vrsta puževa. Jedine vrste pronađene na sve tri istraživane postaje bile su *Horatiana klecakiana* i *Graziana leichneri adriolitoralis*.
2. Na postaji Trilj u sastavu zajednice prevladavala je vrsta *Pyrgula annulata*. Na Čikotinoj lađi u sastavu zajednice puževa prevladava vrsta *Holandriana holandrii* čija je najveća gustoća zabilježena na mikrostaništu s algama i mahovinama. Na postaji Radmanove mlinice najveća brojnost jedinki je na valuticama gdje je *Theodoxus fluviatilis* najzastupljenija vrsta.
3. Analiza uzrasne strukture napravljena je za najzastupljenije vrste tijekom razdoblja istraživanja. Prema brojnosti juvenilnih jedinki, pretpostavlja se da do mriještenja vrste *Holandriana holandrii* dolazi krajem proljeća. *Theodoxus fluviatilis* mriješt se tijekom proljeća i ljeta, *Radomaniola curta germari* u kasno proljeće i ljeto, *Graziana lacheineri adriolitoralis* u kasno ljeto, a *Pyrgula annulata* početkom proljeća.
4. Analiza funkcionalnih hranidbenih skupina pokazala je da su na postaji Trilj strugači i detritivori podjednako zastupljeni. Ovakvu raspodjelu možemo pripisati visokom udjelu vrste *Pyrgula annulata* koja je jednakim dijelom strugač i detritivor. U donjem toku, na Čikotinoj lađi prevladavaju strugači na sva tri mikrostaništa. Strugači prevladavaju i na sva tri mikrostaništa postaje Radmanove mlinice i čine veći udio nego na Čikotinoj lađi. Na postajama donjeg toka prisutna je i skupina aktivnih filtratora, čiji je jedini predstavnik *Bithynia tentaculata*.
5. Indeksi raznolikosti pokazuju najmanju raznolikost zajednica puževa na postaji Trilj, a najveću na mikrostaništu sediment (S1) na Radmanovim mlinicama. Klaster analiza sličnosti zajednica puževa na različitim postajama i mikrostaništima na osnovu gustoće populacija pokazala je jasno izdvajanje srednjeg od donjeg toka rijeke Cetine. Najveću sličnost imaju mikrostaništa sediment (S1) i valutice (S2) na Čikotinoj lađi te

sediment (S1) i alge i mahovine (S3) na Radmanovim mlinicama. Razlog tome je velika brojnost vrsta *Holandriana holandrii* i *Graziana leichneri adriolitoralis* na algama i mahovinama postaje Čikotina lađa u odnosu na ostala dva mikrostaništa. Na Radmanovim mlinicama vrste *Theodoxus fluviatilis*, *Holandriana holandrii* i *Radomaniola curta germari* na valuticama imaju znatno veću gustoću populacija u odnosu na ostala makrostaništa.

6. Analiza sastava zajednice makrobekralješnjaka na istraživanim postajama srednjeg i donjeg toka rijeke Cetine pokazala je da puževi čine značajan udio u odnosu na ostale skupine beskralješnjaka. Najveći udio puževa utvrđen je na postaji Radmanove mlinice gdje je zabilježena i najveća raznolikost makrozoobentosa.

## 7. LITERATURA

1. Albrecht, C., Hauffe, T., Schreiber, K. (2010): *Radomaniola curta*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Pristupljeno: 12. 02. 2015.
2. Allan, J. D., Castillo, M. M. (2007): *Stream ecology: Structure and function of running waters*. Springer, Dordrecht.
3. Bole, J. (1969): Ključi za določevanje živali – IV. Mehkužci (Mollusca). Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani in Društvo biologov Slovenije.
4. Boss, K. (1978): On the evolution of gastropods in ancient lakes. U: Fretter, V., Peake, J. (ur), *Pulmonates*, Vol. 2a.
5. Bouchet, P. (2007): Inventorying the molluscan fauna of the world: how far to go? U: Jordaens, K. van Houtte, N. Van Goethem, J. Backeljau, T. (ur) *Abstracts of the World Congress of Malacology*, Antwerp, Belgium.
6. Cianfanelli, S., Bodon, M., Giusti, F., Manganelli, G. (2010): *Pyrgula annulata*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Pristupljeno: 12. 02. 2015.
7. Clarke, K. R., Gorley, R. N. (2006): *PRiMER v6: User Manual/Tutorial*. PRiMER-E, Plymouth.
8. CRA/PPA (2000): *Riječni sliv i pripadajuće obalno područje rijeke Cetine: Ekološki i socio-ekonomski profil*. Centar za regionalne aktivnosti Programa prioritetnih akcija, Split.
9. Cuttelod, A., Seddon, M., Neubert, E. (2011): *European Red List of Non-marine Molluscs*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.



10. Davis, G. M., (1982): Historical and ecological factors in the evolution, adaptive radiation, and biogeography of freshwater molluscs. *American Zoology* 22: 375–395.
11. Dillon R. T. (2004): The ecology of freshwater molluscs. Cambridge: Cambridge University Press.
12. Glöer, P. (2002): Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. Bestimmungsschlüssel, Lebensweise, Verbreitung. ConchBooks, Hackenheim.
13. Glöer P., Albrecht C., Wilke T. (2007): Enigmatic distribution patterns of the Bithyniidae in the Balkan Region (Gastropoda: Rissosoidea). *Mollusca* 25 (1): 13-22.
14. Glöer, P., Beran, L. (2009): Redescription of *Bithynia cettinensis* Clessin, 1887 (Gastropoda: Bithyniidae). *Mollusca* 27 (2): 109-111.
15. Habdija I., Prime Habdija B., Radanović I., Špoljar M., Matoničkin-Kepčija R., Vujčić-Karlo S., Miliša M., Ostojić A., Sertić-Perić M. (2011): Protista - Protozoa i Metazoa - invertebrata, Strukture i funkcija. Alfa, Zagreb.
16. Kebapçı, U., Van Damme, D. (2012): *Theodoxus fluviatilis*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Pristupljeno: 12. 02. 2015.
17. Kerovec, M., Kučinić, M. (2007): Bioindikatorska i ekološka obilježja te rasprostranjenost i gustoća populacija faune tulara (Trichoptera, Insecta) duž toka rijeke Cetine. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
18. Krebs, C. J. (1999): Ecological Metodology. Addison Wesley. Longman, inc., Menlo Park.
19. Lydeard, C., Cowie, R. H., Bogan, A. E., Bouchet, P., Cummings, K. S., Frest, T. J., Herbert, D. G., Hershler, R., Gargominy, O., Perez, K., Ponder, W. F., Roth, B., Seddon, M., Strong, E. E., Thompson, F. G. (2004): The global decline of nonmarine mollusks. *BioScience* 54: 321–330.

20. Michel, E. (1994): Why snails radiate: a review of gastropod evolution in long-lived lakes, both Recent and fossil. U: Martens, K., Goddeeris, B., Coulter, G. (ur), Speciation in Ancient Lakes. Academic Press, London: 285–317.
21. Moog, O. (2002): Fauna Aquatica Austriaca, 2nd Edition Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium fur Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Vienna.
22. Mrakovčić, M., Kerovec, M., Mišetić, S., Plenković – Moraj, A., Mihaljević, Z., Mustafić, P., Bukvić – Ternjej, I., Grlica, J. R., Radović, D., Kovačić, D., Čaleta, M., Radić, I., Zanella, D., schneider, D., Gottstein – Matočec, S. (2001): Vrednovanje bioloških dobara rijeke i porječja Cetine. Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
23. Pešić, V., Seddon, M. B. (2010): *Adriohydrobia gagatinella*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Pristupljeno: 12. 02. 2015.
24. Pflieger, V. (1999): A Field Guide in Colour to Molluscs. Blitz Editions, Leicester.
25. Ponder, W. F., Lindberg, D. R. (ur.) (2008): Phylogeny and Evolution of the Mollusca. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, California.
26. Popijač, A. (2007): Raznolikost i ekologija obalčara (Insecta: Plecoptera) na području Nacionalnog parka Plitvička jezera i rijeke Cetine. Doktorska disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
27. Seddon, M. B. (2010a): *Graziana lacheineri*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Pristupljeno: 12. 02. 2015.
28. Seddon, M. B. (2010b): *Iglica absoloni*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Pristupljeno: 12. 02. 2015.
29. Seddon, M. B. (2011): *Horatia klecakiana*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Pristupljeno: 12. 02. 2015.

30. Seddon, M. B. (2013): *Bithynia cettinensis*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Pristupljeno: 12. 02. 2015.
31. Seddon, M. B. (2014): *Bithynia tentaculata*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Pristupljeno: 12. 02. 2015.
32. Strong, E. E., Gargominy, O., Ponder, W. F., Bouchet, P. (2008): Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 149–166.
33. Špoljar, M., Dražina, T., Ostojić, A., Miliša, M., Gligora Udovič, M., Štafa, D. (2012): Bryophyte communities and seston in a karst stream (Jankovac Stream, Papuk Nature Park, Croatia). *Annales de Limnologie*, 48: 125–138.
34. Tashiro, J. (1982): Grazing in *Bithynia tentaculata*: Age-specific bioenergetic patterns in reproductive partitioning of ingested Carbon and Nitrogen. *American Midland Naturalist*, 197:133–50.
35. Tashiro, J., Colman, S. (1982): Filter feeding in the freshwater prosobranch snail *Bithynia tentaculata*: Bioenergetic partitioning of ingested Carbon and Nitrogen. *American Midland Naturalist*, 197: 114–132.
36. Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., Gushing, C. E. (1980): The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130-137.
37. Vavrova, L. (2010): *Emmericia patula*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Pristupljeno: 12 02. 2015.
38. Vučur, T. (2010): Ključ za određivanje slatkovodnih puževa. Diplomski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

## 8. ŽIVOTOPIS

### OSOBNI PODACI

ime i prezime: Ana Dobrović  
Datum i mjesto rođenja: 15. siječnja 1987., Zadar  
Adresa: Vukelićeva 3, Zagreb  
Telefon: +385915910796  
E-mail: [ana.dobrovic1@gmail.com](mailto:ana.dobrovic1@gmail.com)

### OBRAZOVANJE

2012. – 2015. Diplomski sveučilišni studij Znanosti o okolišu  
Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu  
2013. Erasmus studijski boravak  
BOKU - Universitat fur Bodenkultur, Wien, Austria  
2009. – 2012. Preddiplomski sveučilišni studij Znanosti o okolišu  
Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu  
2009. – 2011. Diplomski sveučilišni studij Ekonomija, smjer Ekonomija  
Ekonomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu  
2005. – 2009. Preddiplomski sveučilišni studij Ekonomije, smjer Ekonomija  
Ekonomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu  
2001. – 2005. Opća gimnazija Vladimira Nazora, Zadar

### RADNO ISKUSTVO I SEMINARI

srpanj 2014. Killarney National Park Woodland Conservation Project - volonter  
travanj 2014. Javna ustanova Maksimir– vođenje edukativnih programa za osnovne škole  
kolovoz 2013. Ljetna škola REEF 2013 – Restoration of European Ecosystems and  
Freshwaters, Swedish University of Agricultural Sciences  
kolovoz 2011. Seminar “Energized by the Sea...The Tidal Power!” - BEST Faro Algarve,  
Portugal